

LAPORAN PENELITIAN DOSEN PEMULA



**ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN *EXHAUST GAS
RECIRCULATION WITH INJECTION CONTROL SYSTEM (EGRICS)*
PADA MESIN DIESEL TERHADAP EMISI GAS BUANG**

Tahun ke-1 dari rencana 1 tahun

Wagino, S.Pd.,M.Pd.T.

NIDN. 0005047504

Toto Sugiarto, S.Pd., M.Si.

NIDN. 0013027306

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

NOVEMBER 2017

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN EXHAUST GAS RECIRCULATION WITH INJECTION CONTROL SYSTEM (EGRICS) PADA MESIN DIESEL TERHADAP EMISI GAS BUANG NOX

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap : Wagino, S.Pd
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang
NIDN : 0005047504
Jabatan Fungsional : Lektor
Unit : FT - Jurusan Teknik Otomotif
Nomor HP : 081363099241
Alamat surel (e-mail) : gino_mda@yahoo.com
Anggota Peneliti

NO	Nama	NIDN	Jabatan
1	Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si	0013027306	Anggota Pengusul 1
Tahun Pelaksanaan		: Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun	
Biaya Tahun Berjalan		: Rp 22.000.000,00	
Biaya Keseluruhan		: Rp 22.000.000,00	



Padang, 23 November 2017
Ketua,

(Wagino, S.Pd)
NIP/NIK 197504052003121002



RINGKASAN

Nitrogen Oksida (NO_x) adalah sebuah sebutan yang ditujukan pada nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO_2). Gas ini dihasilkan dari reaksi antara nitrogen dan oksigen pada sebuah pembakaran dengan temperatur yang sangat tinggi. Kebanyakan gas NO_x dihasilkan oleh mesin pembakaran dalam seperti mobil dan sepeda motor. Di daerah yang kepadatan lalu lintas yang tinggi, seperti di kota-kota besar, jumlah nitrogen oksida dari hasil gas buang kendaraan yang dilepaskan ke udara sangat tinggi sehingga akan menyebabkan terjadinya pencemaran udara yang sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Sehingga banyak cara yang dilakukan agar emisi gas buang ini bisa berkurang. Salah satu cara dengan menambahkan EGRICS (*Exhaust Gas Recirculation With Injection Control System*).

EGRICS adalah suatu metode untuk mengembalikan sebagian gas sisa pembakaran pada motor diesel ke ruang bakar untuk di bakar kembali melalui saluran masuk (*intake manifold*) dengan tujuan untuk mengurangi jumlah kuantitas nitrogen oksida (NO_x). Ikatan NO_x sangat cepat bereaksi pada temperatur maksimum (puncak) dan tekanan tinggi. Pengaruh dari mensirkulasikan gas buang ke ruang bakar kemudian dicampur dengan udara segar yang baru masuk ke *intake manifold* dapat menurunkan temperatur maksimum dan tekanan di daerah *flame* (pada proses *polytropic*) sehingga dapat mengurangi reaksi pembentukan NO_x .

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan memodifikasi mesin menambahkan sistem EGRICS. Untuk mengetahui pengaruh sistem EGRICS terhadap gas buang, maka dilakukan pengaturan durasi injeksi EGRICS yang masuk ke silinder selama 15 ms, 20 ms dan 25 ms pada putaran mesin 800 rpm sampai 2000 rpm dengan interval 200 rpm. Smoke opacity gas buang diukur menggunakan smoke opacity meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan durasi injeksi Cold EGRICS yang tepat yaitu pada 15 ms karena menghasilkan smoke opacity paling rendah pada setiap putaran mesin. Penggunaan Cold EGRICS juga lebih efisien dibandingkan dengan Hot EGRICS karena kenaikan smoke opacity pada Cold EGRICS lebih kecil daripada Hot EGRICS yaitu 18,5 % sehingga dapat menurunkan kadar NO_x yang terbentuk pada gas buang mesin diesel. Dari penelitian ini diharapkan luarannya berupa jurnal ilmiah nasional atau internasional yang terakreditasi dan bahan ajar.

Kata kunci : Durasi Injeksi, Cold EGRICS, Emisi Gas Buang dan Mesin Diesel

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Halaman Pengesahan	ii
Ringkasan	iii
Prakata	iv
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vi
Daftar Gambar	vii
Daftar Lampiran	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	10
BAB 4 METODE PENELITIAN	11
BAB 5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	20
BAB 6 RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	29
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	32

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Rencana target capaian luaran	3
Tabel 4.1. Spesifikasi bahan bakar solar	14
Tabel 4.2. Rancangan eksperimen	17
Tabel 5.1. Data hasil penelitian.....	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tahapan pembakaran pada motor diesel	8
Gambar 4.1. Skema rangkaian elektrikal dari EGRICS.....	12
Gambar 4.2. Flowchart <i>penelitian tanpa EGRICS</i> systems	18
Gambar 4.3. Flowchart <i>penelitian dengan EGRICS</i> system.....	19
Gambar 5.1. Observasi perencanaan pemasangan peralatan sistem EGRICS pada mesin.....	20
Gambar 5.2. Proses pembuatan ECU.....	21
Gambar 5.3. Rangkaian injektor yang telah siap disambungkan dengan ECU	21
Gambar 5.4. <i>Rpm Sensor</i>	21
Gambar 5.5. Membuat lubang injektor pada <i>intake manifold</i>	22
Gambar 5.6. Proses modifikasi <i>exhaust manifold</i>	22
Gambar 5.7. Proses pemasangan rangkain sistem EGRICS pada mesin	23
Gambar 5.8. Proses modifikasi <i>fly wheel</i> dan membuat kedudukan <i>rpm</i> <i>sensor</i>	24
Gambar 5.9. Proses instalasi dan pengecekan kembali seluruh <i>wiring</i> kelistrikan sistem EGRICS yang terintegrasi dengan ECU dan PC komputer	24
Gambar 5.10. Persiapan pengujian	25
Gambar 5.11. Proses pengujian standar tanpa sistem EGRICS.....	21
Gambar 5.12. Proses pengujian dengan sistem EGRICS	27
Gambar 5.13. Grafik hasil pengujian dengan sistem EGRICS	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Bahan Ajar Sistem EGRICS	32
Lampiran 2. Sertifikat dan Proceeding ICTVET UNP ^{4th}	42
Lampiran 3. Surat Rekomendasi Kesbangpol	51
Lampiran 4. Surat Tanda Terima Alat	53
Lampiran 5. Rincian Anggaran Penelitian	54

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini penggunaan mesin diesel sudah banyak dimanfaatkan pada berbagai sektor di antaranya adalah pada jasa transportasi, pertanian, perkebunan, dan pertambangan serta perindustrian. Hal ini di karena mesin diesel memiliki tenaga yang lebih besar, harga bahan bakar yang lebih murah dan penggunaan bahan bakar yang fleksibel serta perawatan mesin yang tidak terlalu sulit sehingga lebih banyak di minati oleh masyarakat yang bergerak pada sektor tersebut.

Atas dasar kebutuhan terhadap mesin diesel di berbagai sektor terus bertambah sehingga menuntut perusahaan otomotif untuk memproduksi mesin diesel dengan jumlah yang banyak tanpa harus mengabaikan kualitas produksinya. Salah satu keunggulan yang terus dipertahankan oleh perusahaan yang memproduksi mesin ini adalah tenaga atau daya yang besar. Untuk mendapatkan tenaga yang besar mesin diesel harus meningkatkan kapasitas volume mesin (cc) yang besar agar di dapatkan rasio kompresi yang tinggi. Apabila rasio kompresi sebuah mesin tinggi maka akan berpengaruh terhadap tekanan kompresi yang dihasilkan pada langkah kompresi. Ketika tekanan kompresi di dalam ruang bakar tinggi maka pada saat proses *combustion* (pembakaran) akan diperoleh ledakan yang sangat besar dan menyebabkan piston terdorong sangat kuat, dalam artian tenaga mesin akan menjadi lebih besar.

Walaupun demikian tidak dapat kita mungkuri, bahwa ketika kapasitas volume mesin kita perbesar maka kebutuhan konsumsi mesin akan semakin bertambah untuk mendapatkan tenaga yang besar, sementara saat ini cadangan bahan bakar dunia semakin menipis sehingga menuntut industri otomotif untuk menekan angka konsumsi bahan bakara minyak. Begitu juga halnya dengan meningkatkan rasio kompresi pada mesin. Pada saat rasio kompresi ditingkatkan akan menghasilkan ledakan pembakaran yang besar. Ledakan yang besar akan menyebabkan temperatur mesin menjadi lebih tinggi. Pada saat temperatur mesin tinggi maka sangat berpotensi menghasilkan emisi gas buang *oxides of nitrogen* (NOx) [Ganesan 2004]. Gas NOx adalah gas yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan saat ini menjadi isu perbincangan hangat tentang *global warming*. Berbagai penelitian dan teknologi telah ditemukan oleh pakar

otomotif untuk mengatasi permasalahan ini dengan cara melakukan pengontrolan penginjeksian secara elektronik dan penggunaan bahan bakar alternatif. Namun upaya tersebut belum memberikan hasil yang maksimal dalam mengatasi permasalahan tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut peneliti mencoba melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengurangi kadar NOx dengan cara menambahkan *Exhaust Gas Recirculation With Injection Control System* (EGRICS) pada mesin diesel. EGRICS adalah suatu metode yang dilakukan dengan cara memanfaatkan gas sisa pembuangan hasil pembakaran pada mesin sehingga berpengaruh terhadap pengurangan emisi gas buang. Sisa hasil pembakaran akan disirkulasikan kembali ke ruang bakar mesin melalui saluran masuk (*intake manifold*). Pemanfaatan sisa pembakaran akan menyebabkan peningkatan jumlah panas jenis dari campuran bahan bakar di ruang bakar sehingga tidak membutuhkan temperatur yang besar untuk membakar campuran bahan bakar tersebut. Begitu juga dengan sisa bahan bakar yang belum terbakar di saluran gas buang dapat di bakar kembali di ruang bakar sehingga kapasitas volume bahan bakar yang baru masuk bisa dikurangi. Di samping itu juga akan mengurangi oksigen yang masuk ke dalam ruang bakar akibat pemasukan dari gas buang sehingga akan memperkecil penguraian oksigen dan nitrogen.

Penelitian ini memfokuskan pada persentase volume EGRICS yang masuk ke ruang bakar dengan cara mengontrol udara buang yang masuk pada sistem pemasukan udara di *intake manifold* agar didapatkan volume EGRICS yang tepat dan sesuai pada setiap kondisi putaran mesin sehingga berpengaruh terhadap penurunan kadar emisi gas buang *smoke opacity* dan NOx.

1.2 Perumusan Masalah dan Hipotesa

a. Permasalahan

Permasalahan utama yang akan di pecahkan dengan penelitian adalah bagaimana cara menurunkan kadar emisi gas buang serendah mungkin sehingga mengurangi dampak buruknya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.

b. Pendekatan dan Konsep Memecahkan Masalah

Peneliti akan mengembangkan sebuah sistem EGRICS pada mesin diesel dengan cara mengatur persentase volume EGRICS yang masuk sesuai dengan kebutuhan mesin pada setiap putaran mesin sehingga tidak berpengaruh terhadap performa mesin.

c. Hipotesa

Hipotesa dari penelitian ini adalah dengan menggunakan sistem EGRICS dengan persentase volume yang tepat sesuai dengan kondisi mesin diesel dapat menurunkan kadar emisi gas buang tanpa berpengaruh terhadap performa mesin.

d. Definisi, Asumsi dan Lingkup

Sistem EGRICS yang dikembangkan dapat diinstalasikan dengan perangkat lunak yakni *electronic control unit* (ECU) sehingga volume EGRICS yang masuk dapat dikontrol sesuai dengan kebutuhan mesin.

1.3 Luaran Penelitian

Penelitian ini akan menghasilkan beberapa luaran yang akan bermanfaat bagi ilmu pengetahuan, pemerintah dan masyarakat. Adapun luaran tersebut adalah sebagai berikut:

1. Karya ilmiah yang akan dipublikasikan pada jurnal nasional. Jurnal nasional terakreditasi yang dimaksud adalah Journal Teknik Mesin.
2. Menambah referensi cara mengurangi emisi gas buang dengan memanfaatkan gas sisa pembuangan hasil pembakaran pada mesin diesel.
3. Didapatkannya volume EGRICS yang tepat pada setiap kondisi putaran mesin, karena EGRICS mengontrol udara buang yang masuk pada sistem pemasukan udara di *intake manifold*.

1.4 Rencana Target Capaian

Tabel 1. Rencana Target Capaian

No	Jenis Luaran		Indikator
1	Publikasi ilmiah di jurnal nasional (ber ISSN)		<i>published</i>
2	Pemakalah dalam temuan ilmiah	Nasional	terdaftar
		Lokal	

3	Bahan Ajar	Draf
4	Luaran lainnya jika ada (Teknologi Tepat Guna, Model / Purwarupa / Desain / Karya Seni / Rekayasa Sosial	tidak ada
5	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)	3

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Exhaust Gas Recirculation With Injection Control System (EGRICS)

EGRICS adalah suatu metode untuk mengembalikan sebagian gas sisa pembakaran ke ruang bakar untuk di bakar kembali melalui saluran masuk (*intake manifold*) dengan tujuan untuk mengurangi jumlah kuantitas nitrogen oksida (NO_x). Ikatan NO_x sangat cepat bereaksi pada temperatur maksimum (puncak) dan tekanan tinggi. Pengaruh dari mensirkulasikan gas buang ke ruang bakar kemudian dicampur dengan udara segar yang baru masuk ke *intake manifold* dapat menurunkan temperatur maksimum dan tekanan di daerah *flame* (pada proses *polytropic*) sehingga dapat mengurangi reaksi pembentukan NO_x. Ini disebabkan beberapa faktor di antaranya adalah (Syahmi, 2012)

1. Nilai Kapasitas panas (C_p) pada gas buang yang diresirkulasikan lebih tinggi dari nilai C_p udara segar yang baru masuk ke *intake manifold*. Sehingga membuat temperatur rendah (temperatur udara masuk) meningkat untuk pelepasan energi dalam jumlah yang sama saat proses pembakaran.
2. Penurunan dari jumlah partikel oksigen disebabkan oleh berkurangnya massa oksigen yang masuk ke dalam silinder, karena sebagian udara untuk pembakaran sudah digantikan oleh EGRICS dengan kandungan oksigen yang rendah.
3. Penurunan kecepatan pembakaran disebabkan oleh meningkatnya temperatur udara yang masuk.

Jadi proses mensirkulasikan gas buang merupakan salah satu alternatif yang tepat untuk menurunkan partikel NO_x secara signifikan pada mesin dengan proses pembakaran tekanan konstan. Meskipun demikian pemanfaatan EGRICS yang berlebihan akan menyebabkan tingginya jelaga (*soot*) sehingga butuh kontrol aliran massa EGRICS (*mass flow rate*) yang ideal sehingga sesuai dengan kondisi mesin. Total massa EGRICS yang masuk ke dalam silinder dapat di hitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Ganesan, 2004):

Keterangan

EGRICS = persentase *mole* EGRICS
= *mass flow rate* yang disirkulasikan
= *total mass flow rate* di dalam silinder.

Dalam beberapa tahun terakhir penelitian yang berkaitan dengan EGRICS dalam usaha untuk mengurangi emisi NO_x di antaranya adalah

Indrajaya (2009) melakukan penelitian dengan mengoptimalkan rasio EGRICS di berbagai pembebanan pada motor diesel dengan metode simulasi CFD dan dia menformulasikan reaksi pembakaran yang terjadi pada mesin diesel dengan bahan bakar *a-heavy oil* adalah

Dan apabila gas buang hasil pembakaran disirkulasikan kembali ke dalam ruang bakar, maka reaksi kimia yang terjadi dapat diformulasikan sebagai berikut:

—

Kemudian menyimpulkan bahwa penambahan rasio EGRICS sampai 30% dapat menurunkan emisi gas NO_x secara signifikan sebesar 91,12%.

Wijang (2011) dalam penelitiannya pengaruh *cold* EGRICS terhadap emisi gas buang pada mesin diesel dengan metode eksperimen, menyimpulkan penambahan alat berupa EGRICS diperoleh kenaikan *opacity* sebesar 108,54 % sehingga asap yang keluar jauh lebih banyak dibanding tanpa penggunaan EGRICS, Akan tetapi penggunaan EGRICS memberi dampak positif yaitu meningkatnya efisiensi bahan bakar (*f*) sebesar 64,14 % di banding mesin tanpa penggunaan EGRICS. Semua data di ambil pada EGRICS 12,6% dengan temperatur 60⁰C saat putaran 2500 rpm dengan beban 100%. Namun pada penelitiannya tidak menjelaskan penurunan kuantitas dari kadar NO_x yang terjadi.

Hendrajat (2011) melakukan penelitian dengan menambahkan penggunaan *water scrubber* untuk meningkatkan kinerja dari sistem EGRICS dalam mereduksi NO_x pada motor diesel dengan metode eksperimen. *Water scrubber* adalah suatu alat yang dirancang untuk menurunkan temperatur gas buang yang disirkulasikan dengan cara

menyemprotkan (*spray*) air yang langsung bersentuhan dengan gas tersebut. Kemudian dia menyimpulkan bahwa penambahan *water scrubber* pada sistem EGRICS dapat mereduksi partikel NOx pada gas buang sebesar 89.908 %.

I Ketut (2015) dalam penelitiannya, pengaruh resirkulasi emisi gas buang terhadap unjuk kerja mesin sepeda motor empat langkah dengan menambahkan alat resirkulator di sepanjang knalpot dengan tujuan menurunkan temperatur pada *exhaust manifold* sehingga berpengaruh terhadap penurunan tekanan dan dia menyimpulkan bahwa terjadi peningkatan unjuk kerja mesin berupa peningkatan daya motor sebesar 5,75 % dan torsi sebesar 4 % pada kecepatan uji tertinggi 5500 rpm.

Dari penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa penambahan sistem EGRICS dapat menurunkan emisi gas NOx secara signifikan dan penambahan persentase volume EGRICS membutuhkan kontrol yang tepat di setiap kondisi putaran mesin. Apabila kontrol aliran massa EGRICS yang masuk tidak sesuai dengan putaran mesin akan menyebabkan *soot* (jelaga) yang pekat.

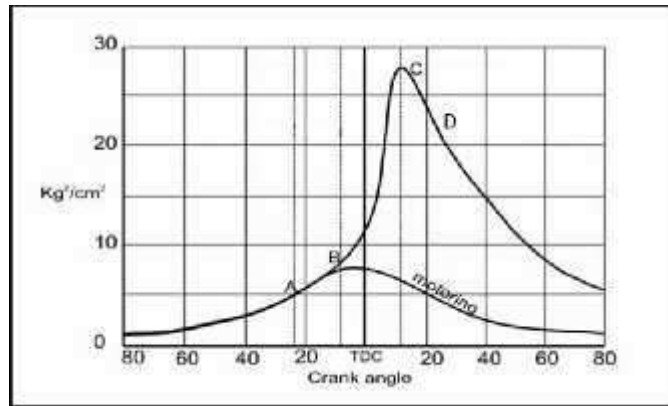
2.2 Motor Diesel

Motor diesel bekerja dengan menghisap udara luar murni, kemudian dikompresikan sehingga mencapai tekanan dan temperatur yang tinggi. Sesaat sebelum mencapai TMA, bahan bakar diinjeksikan dengan tekanan yang sangat tinggi dalam bentuk butiran-butiran halus dan lembut. Kemudian butiran-butiran lembut bahan bakar tersebut bercampur dengan udara bertemperatur tinggi dalam ruang bakar dan menghasilkan pembakaran.

2.2.1 Tahapan Pembakaran pada Motor Diesel

Untuk terjadinya pembakaran pada ruang bakar, ada beberapa syarat yang harus dipenuhi, antara lain: adanya campuran yang dapat terbakar, adanya sesuatu yang menyulut terjadinya pembakaran, stabilisasi dan propagasi dari api dalam ruang bakar.

Proses pembakaran pada motor diesel memiliki beberapa tahapan yang digambarkan dalam diagram P- seperti pada gambar 2.1. Tahapan pembakarannya yaitu:



Gambar 2.1. Tahapan pembakaran pada motor diesel (Ganesan, 2004)

1. Tahap Pertama

Tahap ini diistilahkan dengan *ignition delay period* yaitu area dalam rentang A-B pada gambar 2.1. Tahapan ini merupakan periode atau rentang waktu yang dibutuhkan bahan bakar ketika saat pertama kali bahan bakar diinjeksikan (titik A) hingga saat pertamakali muncul nyala pembakaran (titik B). Artinya, selama periode tersebut tidak terjadi proses pembakaran. Panjangnya periode ini biasanya dipengaruhi oleh properties yang dimiliki bahan bakar yaitu temperatur terbakar sendiri bahan bakar, tekanan injeksi atau ukuran *droplet*, sudut awal injeksi, rasio kompresi, temperatur udara masuk, temperatur cairan pendingin, temperatur bahan bakar, tekanan udara masuk (*supercharge*), kecepatan/putaran motor diesel, rasio udara-bahan bakar, ukuran motor, jenis ruang bakar.

2. Tahap kedua

Pada tahap ini diistilahkan dengan *Rapid atau Uncontrolled Combustion* yang maksudnya adalah periode awal pembakaran hingga *flame* mulai berkembang yang diindikasikan oleh area B-C pada gambar 2.1. Bahan bakar berupa *droplet-droplet* di selubungi oleh udara bertemperatur tinggi, sehingga panas yang diterima akan menguapkan *droplet-droplet* bahan bakar tersebut. Bagian terluar *droplet-droplet* tersebut yang lebih dulu menerima panas dan menguap kemudian terbakar. Panas yang ditimbulkan oleh pembakaran tersebut naik sangat drastis dan memicu proses yang sama pada bagian lain yang belum terbakar dengan cepat dan tidak beraturan. Proses ini menyebabkan kenaikan tekanan yang sangat besar.

3. Tahap ketiga

Pada tahap ini diistilahkan dengan *Controlled Combustion* seperti diindikasikan oleh area C-D pada gambar 2.1, dimana bahan bakar segera terbakar setelah diinjeksikan. Hal ini disebabkan nyala pembakaran yang terjadi pada periode sebelumnya bergerak bersama menuju butiran *droplet-droplet* yang baru diinjeksikan. Pembakaran dapat dikontrol dengan sejumlah bahan bakar yang diinjeksikan pada periode ini. Periode ini berakhir setelah injektor berhenti menginjeksikan bahan bakar ke ruang bakar.

4. Tahap keempat

Meskipun pada tahap ketiga telah selesai proses injeksi bahan bakar, kenyataannya masih ada bahan bakar yang belum terbakar seluruhnya. Dalam hal ini nyala pembakaran terus berkembang membakar bahan bakar yang tersisa pada ruang bakar. Periode ini disebut juga *afterburning* yang diindikasikan oleh area setelah titik D pada gambar 2.1. Apabila kenyataannya masih ada bahan bakar yang belum terbakar sementara piston telah bergerak dari Titik Mati Bawah (TMB) ke Titik Mati Atas (TMA) untuk melakukan langkah buang, maka sisa-sisa bahan bakar tersebut akan ikut keluar bersama gas buang sebagai *unburnt fuel*.

2.3 Emisi gas buang Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen Oksida (NO_x) adalah sebuah sebutan yang ditujukan pada nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Gas ini dihasilkan dari reaksi antara nitrogen dan oksigen pada sebuah pembakaran dengan temperatur yang sangat tinggi. Kebanyakan gas NO_x dihasilkan oleh mesin pembakaran dalam seperti mobil dan sepeda motor. Di daerah yang kepadatan lalu lintas yang tinggi, seperti di kota-kota besar, jumlah nitrogen oksida dari hasil gas buang kendaraan yang dilepaskan ke udara sangat tinggi sehingga akan menyebabkan terjadinya pencemaran udara yang sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Dalam kimia atmosfer, sebutan NO_x artinya adalah total konsentrasi dari NO and NO₂. NO_x bereaksi membentuk kabut asap dan hujan asam. NO_x juga merupakan senyawa utama pembentuk ozon troposfer.

BAB 3

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Secara umum bertujuan untuk mengurangi kadar emisi gas buang *smoke opacity* dan NO_x dengan cara menambahkan *Exhaust Gas Recirculation With Injection Control System* (EGRICS) pada mesin diesel.
- b. Secara khusus mengembangkan sebuah sistem EGRICS pada mesin diesel dengan cara mengatur persentase volume EGRICS yang masuk pada *intake manifold* sesuai dengan kebutuhan mesin pada setiap putaran mesin.

3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Memberikan analisis yang tepat terhadap emisi *smoke opacity* dan NO_x pada mesin diesel dengan penambahan sistem EGRICS.
- b. Mengembangkan pengetahuan dan pemikiran untuk penelitian lanjutan dalam penurunan emisi mesin diesel.
- c. Sebagai bahan referensi untuk penelitian sejenisnya dalam rangka pengembangan pengetahuan tentang sistem EGRICS pada mesin diesel.

BAB 4

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental. Pengujian dilakukan pada mesin diesel panther 2,3 dengan model pompa injeksi tipe distributor yang dimodifikasi dengan menambahkan EGRICS *system, injection controler system* dirancang sendiri dengan menggunakan sistem ECU elektronik. Untuk memperoleh penurunan emisi gas buang *smoke opacity* dan NO_x pada gas buang mesin dilakukan variasi pengontrolan volume EGRICS yang masuk ke silinder sesuai dengan putaran mesin, kemudian diukur dengan menggunakan alat ukur *four gas analyzer*.

Proses modifikasi mesin dan seluruh rangkaian pengujian dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Penelitian ini dibagi atas dua kelompok, yaitu:

1. Kelompok kontrol adalah mesin diesel berbahan bakar solar tanpa menggunakan EGRICS.
2. Kelompok uji adalah mesin diesel berbahan bakar solar dengan menambahkan sistem EGRICS dengan variasi persentase volume EGRICS yang masuk ke silinder pada setiap putaran mesin.

4.1 Alat Uji

Alat uji yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

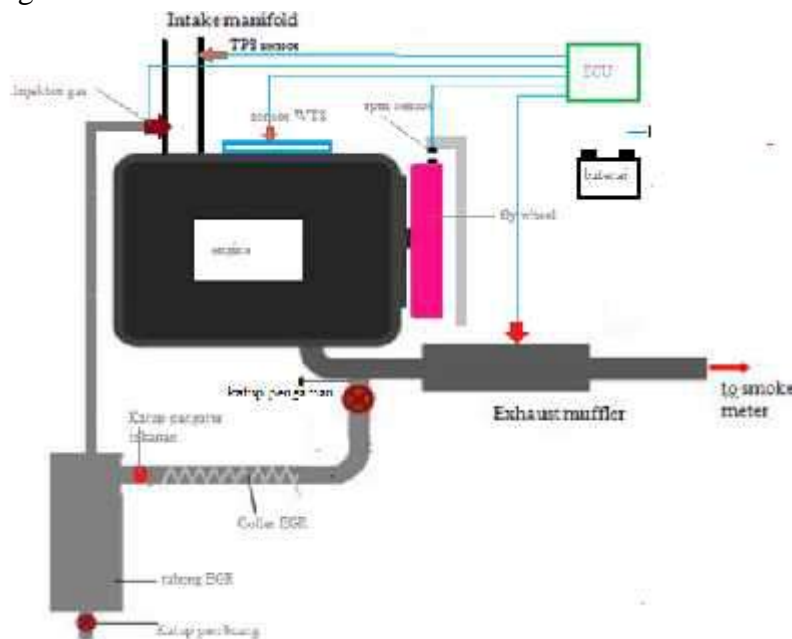
4.1.1 Motor Diesel Empat Langkah, dengan spesifikasi:

<i>Merk</i>	: <i>Isuzu Panther</i>
<i>Type</i>	: 2,3
<i>Model</i>	: 4 Silinder Diesel 4 langkah
<i>Pump type</i>	: <i>Distributor type</i>
<i>Displacement</i>	: 2300 cc
<i>Compression Ratio</i>	: 20:1
<i>Cooling system</i>	: <i>water cooling system</i>

4.1.2 Exhaust Gas Recirculation injection controler System

EGRICS *system* adalah suatu sistem yang digunakan untuk meresirkulasikan sebagian gas buang ke dalam silinder dengan cara injeksi sehingga volume dari EGRICS dapat dikontrol sesuai dengan kebutuhan mesin.

Adapun skema rangkaian elektrikal dari EGRICS *system* pada penelitian ini adalah seperti gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Skema rangkaian elektrikal dari EGRICS

Adapun komponen-komponen utama pada EGRICS *system* di antaranya adalah

1. Sensor-sensor

a. *Trottel pressure sensor (TPS)*

Sensor ini berfungsi untuk mengatur putaran mesin dengan cara memberikan sinyal kepada ECU berupa tegangan. Sensor ini terpasang pada *handle gas* bahan bakar di pompa distributor. Pada sensor TPS ini dirancang menggunakan motor servo sebagai pengatur bukaan pedal gas dan dilengkapi dengan prosesor *arduino* yang dikombinasikan dengan ECU.

b. *Speed/rpm sensor*

Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi kecepatan putaran mesin dan mendeteksi pergerakan dari langkah piston. Sensor ini dilengkapi dengan sebuah magnet yang bertujuan untuk menghasilkan sinyal berupa tegangan yang terbangkit akibat pemutusan fluq magnet oleh roda gigi yang terpasang pada *fly wheel* yang digunakan sebagai referensi untuk penentuan top satu.

c. *Water temperatur sensor (WTS)*

Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi temperatur mesin dengan memberikan sinyal berupa tegangan ke ECU.

d. *Oxygen sensor*

Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi kadar oksigen yang masih terkandung pada gas buang. Sensor ini akan memberikan sinyal berupa tegangan ke ECU.

2. Prosesor

Prosesor adalah sistem pengolah data yang berkerja berdasarkan sinyal yang diterima dari sensor kemudian memproses data tersebut selanjutnya memerintahkan aktuator untuk menjalankannya. Prosesor ini adalah *electronic control unit* (ECU). Pada sistem EGRICS ini menggunakan ECU *Vems genboard v.3* yang dirancang sendiri dengan menggunakan *software* yang telah di legalkan oleh perusahaan tersebut.

3. Aktuator

Aktuator adalah bagian komponen yang menerima perintah ECU kemudian menjalankan perintah tersebut sesuai dengan data yang diterimanya. Bagian aktuator dari sistem ini adalah injektor. Injektor berfungsi untuk menginjeksikan gas EGRICS dari tabung penampung ke *intake manifold* dengan volume gas yang di injeksikan sesuai dengan kebutuhan mesin.

Adapun komponen-komponen pendukung pada sistem EGRICS ini di antaranya adalah

a. Coller EGRICS

Coller EGRICS digunakan untuk menurunkan temperatur EGRICS yang masuk ke *intake manifold*.

b. Filter EGRICS

Filter EGRICS digunakan untuk menyaring jelaga pada EGRICS sehingga dapat mengurangi asap pada gas buang.

c. Tabung EGRICS

Tabung EGRICS digunakan untuk menampung EGRICS sementara dengan tujuan untuk mempertahankan volume dari EGRICS.

d. Katup pengatur tekanan

Katup pengatur tekanan digunakan untuk mempertahankan tekanan EGRICS agar tetap konstan di dalam tabung.

e. Katup pengaman

Katup pengaman digunakan untuk mengatur volume EGRICS yang masuk ke tabung EGRICS.

4.1.3 Alat Ukur

Adapun alat ukur yang digunakan dalam pengambilan data percobaan adalah sebagai berikut:

a. *Pressure Gauge*

Pressure gauge digunakan untuk mengukur tekanan pada tabung EGRICS.

b. Termometer

Termometer digunakan untuk mengukur temperatur EGRICS dan temperatur kerja mesin

c. *Four Gas Analyzer*

Four gas analyzer digunakan untuk mengukur emisi gas buang NOx.

d. *Smoke Oppacity tester*

Smoke oppacity tester digunakan untuk mengukur ketebalan emisi asap

4.2 Bahan Bakar Solar

Bahan bakar solar yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan bakar solar yang diproduksi oleh PT. Pertamina. Adapun spesifikasi mengenai bahan bakar solar pada tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Spesifikasi bahan bakar solar [14]

<i>Fuel properties</i>	<i>Solar</i>
<i>Low heating value (MJ/kg)</i>	42.8
<i>Cetane number</i>	52.5
<i>Octane number</i>	-
<i>Auto-ignition temperature (_C)</i>	316
<i>Stoichiometric air-fuel ratio (kg/kg)</i>	14.69
<i>Carbon content (%)</i>	87

4.3 Prosedur Percobaan

Prosedur percobaan merupakan rangkaian tahapan yang harus dilakukan mulai dari persiapan sampai selesainya pengujian. Adapun prosedur tahapan percobaan ini adalah sebagai berikut.

4.3.1 Memodifikasi mesin diesel isuzu panther 2,3 dengan menambahkan sistem *EGRICS*

Sebelum melakukan pengujian pada mesin terlebih dahulu melakukan modifikasi mesin tersebut dengan menambahkan sistem EGRICS sebagai berikut:

- a. Membuat lubang berdiameter 3 mm untuk pemasangan injektor gas pada *intake manifold* pada posisi lebih dekat dengan saluran katup masuk (*port*) agar dapat meningkatkan respon yang dinamis.
- b. Membuat saluran *by pass* pada *exhaust manifold* untuk saluran EGRICS ke *intake manifold*.
- c. Memasang pipa saluran EGRICS dari saluran *by pass* ke tabung EGRICS. Kemudian dilengkapi dengan katup pengaman, colling EGRICS dan filter EGRICS serta katup pangatur tekanan serta memasang selang gas (*hose*) dari tabung EGRICS ke injektor gas.
- d. Memodifikasi *flywheel* mesin dengan membuat satu *pick up* (tonjolan) pada mesin top satu (1) yang digunakan untuk mendeteksi langkah pergerakan piston. Kemudian membuat kedudukan dari *rpm sensor* dekat *flywheel* dengan jarak ± 5 mm dari *pick up*.
- e. Memodifikasi *handle gas* untuk pemasangan motor servo yang digunakan untuk pengontrolan putaran mesin.
- f. Membuat kedudukan oksigen sensor di knalpot dan kedudukan WTS sensor di sistem air pendingin.
- g. Melakukan instalasi seluruh *wiring* kelitrikan sistem EGRICS yang terintegrasi dengan ECU dan PC komputer untuk melakukan turning pada sistem tersebut.
- h. Pengecekan instalasi sistem EGRICS.

4.3.2 Tahap Pengujian

Dalam pelaksanaan pengujian eksperimen ini ada beberapa tahapan yang harus dilaksanakan, antara lain:

4.3.2.1 Persiapan Pengujian

- a. Pengecekan kondisi *engine*.
- b. Pengecekan alat ukur.
- c. Pengecekan alat uji bantu.

4.3.2.2 Proses Pengujian

4.3.2.2.1 Pengujian standar tanpa menggunakan sistem EGRICS

Percobaan dilakukan dengan putaran mesin yang berbeda sesuai dengan variabel pengujian. Tahapannya adalah sebagai berikut:

- a. Menghidupkan mesin diesel kemudian lakukan pemanasan ± 20 menit
- b. Pengecekan putaran mesin pada putaran idle (800 rpm)

- c. Melakukan pengujian pada setiap putaran, yaitu pada putaran 800 rpm sampai 2000 rpm dengan interval 200 rpm.
- d. Mencatat data-data yang dibutuhkan setiap penambahan putaran mesin, seperti:
 - Kadar *smoke opacity*.
 - Temperatur mesin, pelumas, cairan pendingin dan gas buang.
- e. Setelah pengambilan data selesai dilakukan, maka putaran mesin diturunkan secara bertahap hingga putaran idle kemudian matikan mesin.

4.3.2.2.2 Pengujian menggunakan sistem EGRICS dengan variasi presentase volume gas EGRICS.

Untuk melakukan pengujian dengan menggunakan sistem EGRICS sama halnya seperti melakukan pengujian standar.

- a. Menghidupkan mesin diesel kemudian lakukan pemanasan \pm 20 menit sampai mencapai temperatur kerja mesin.
- b. Mengaktifkan sistem EGRICS pada mesin diesel.
- c. Pengecekan putaran mesin pada putaran *idle* (800 rpm)
- d. Menentukan variasi presentase volume EGRICS yang masuk ke selinder yang di mulai dengan 15 ms dengan cara melakukan turning pada *software Vems genboard v.3* menggunakan PC komputer pada putaran 800 rpm sampai 2000 rpm dengan interval 200 rpm, kemudian dilanjutkan dengan variasi 20 ms sampai 25 ms dengan interval 5 ms pada semua putaran.
- e. Mencatat data-data yang dibutuhkan setiap kenaikan beban, seperti:
 - Kadar *smoke opacity* gas buang diukur dengan menggunakan *opacitymeter*.
 - Temperatur mesin, pelumas, cairan pendingin, gas EGRICS dan gas buang, pengujian temperatur gas EGRICS ini dilakukan pada setiap variasi dari persentase volume EGRICS kemudian nilainya diketahui dari yang tertera pada alat ukur *thermocouple*
- f. Sebelum pengambilan data berikutnya maka matikan mesin \pm 5 menit untuk menstandarkan kondisi mesin, kemudian setelah itu dilanjutkan pengambilan data berikutnya sesuai dengan variabel pengujian.

4.4 Rancangan Eksperimen

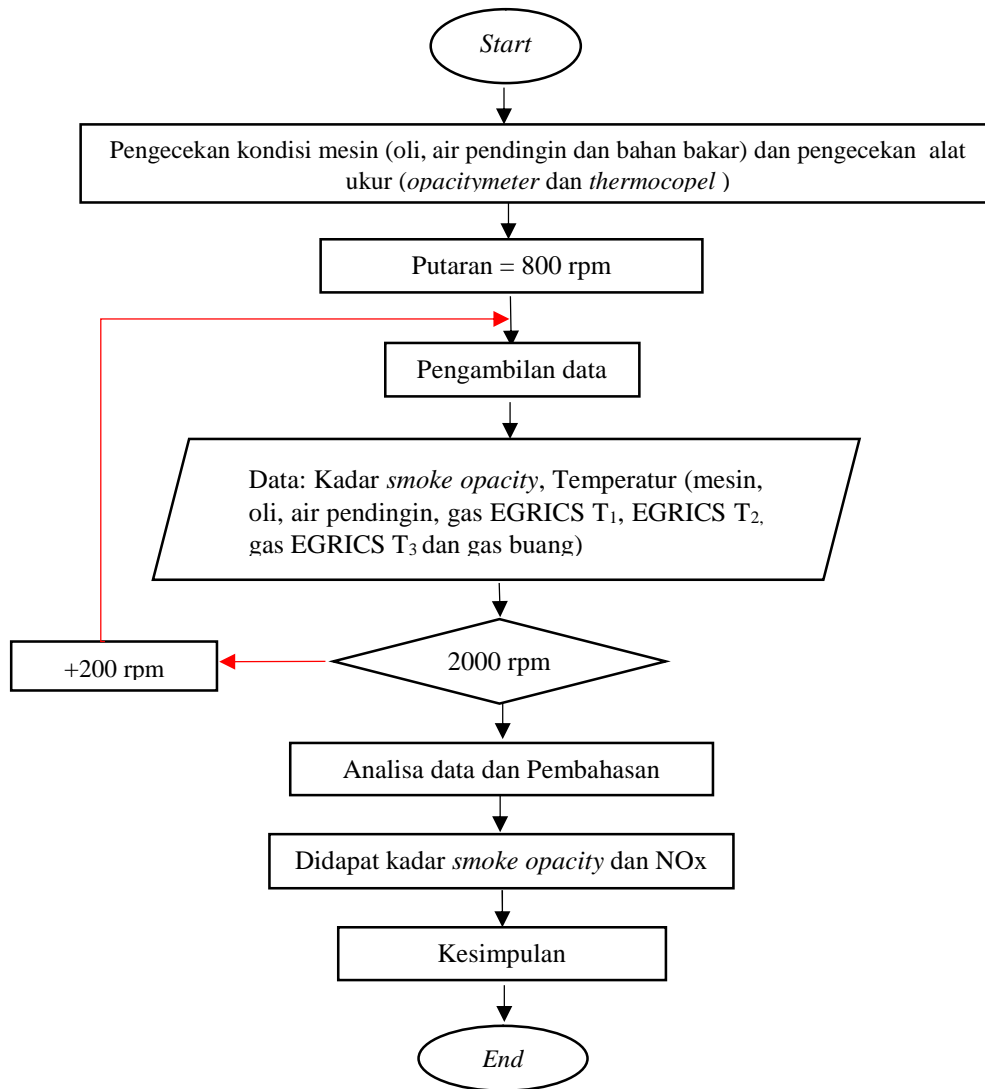
Pada penelitian ini ditetapkan beberapa parameter input dan output sehingga hasil dari penelitian diharapkan sesuai dengan yang diharapkan. Adapun beberapa rancangan penelitian akan disajikan dalam tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Rancangan Eksperimen

Parameter Input				Parameter Output	
Konstan		Variasi		Diukur	Dianalisa
Bahan bakar	Penggunaan EGRICS injection controler system	Putaran mesin (rpm)	Presentase volume EGRICS (ms)		
Solar	Tampa EGRICS injection controler system	800-2000		<ol style="list-style-type: none"> 1. Kadar <i>smoke opacity</i> (%) 2. Temperatur mesin (°C) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Smoke opacity</i> 2. NO_x 3. Temperatur
Solar	Menggunakan EGRICS injection controler system	800-1000	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 15 ➤ 20 ➤ 25 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Temperatur oli mesin (°C) 4. Temperatur air pendingin (°C) 5. Temperatur gas EGRICS (°C) 6. Temperatur gas buang (°C) 	

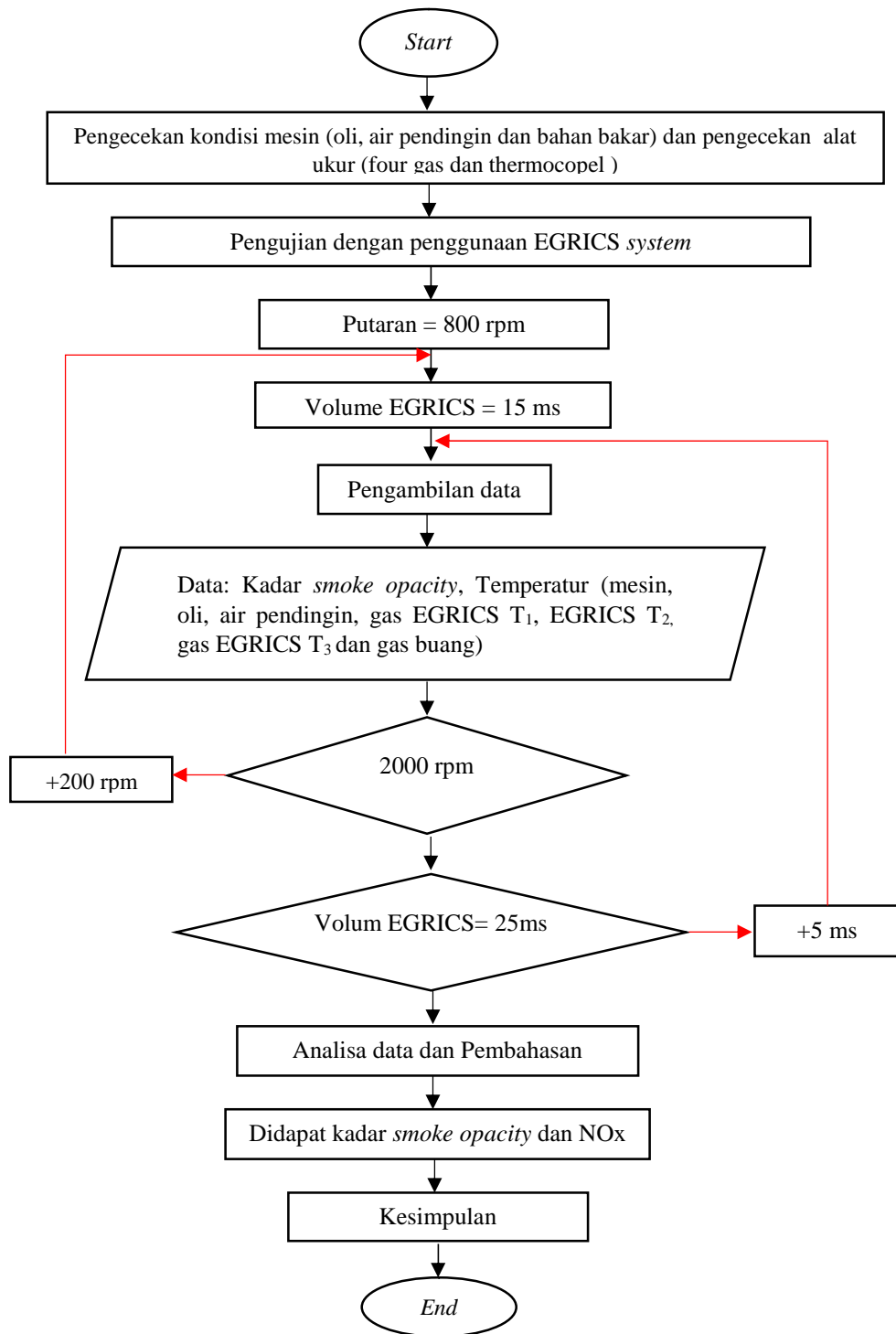
4.5 Flowchart Penelitian

Dalam melakukan penelitian eksperimen perlu dilakukan pembuatan *flowchart* penelitian agar penelitian lebih terarah kepada tujuan penelitian. Adapun alur *flowchart* penelitian tanpa menggunakan EGRICS *system* dapat dilihat pada gambar 4.2 di bawah:



Gambar 4.2 *Flowchart* penelitian tanpa EGRICS systems

Adapun gambar 4.3 adalah *flowchart* penelitian dengan menggunakan EGRICS *system* dengan variasi persentase volume EGRICS sebagai berikut:



Gambar 4.3 *Flowchart* penelitian dengan EGRICS *system*

BAB 5

HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1 Hasil Penelitian

Proses penelitian telah mulai dilakukan dan berikut adalah beberapa hasil yang telah dicapai. Dalam pelaksanaan pembuatan perlengkapan eksperimen maka ada beberapa tahapan yang dilakukan diantaranya adalah:

5.1.1. Mempersiapkan Mesin Uji

Kegiatan awal yang dilakukan sebelum melakukan modifikasi mesin adalah sebagai berikut:

- a. Observasi pada mesin uji untuk menentukan pemasangan peralatan sistem EGRICS.



Gambar 5.1. Observasi perencanaan pemasangan peralatan sistem EGRICS pada mesin.

- b. Membuat ECU (*Electronic Control Unit*) yang digunakan untuk mengatur volume EGRICS yang akan dimasukkan kembali ke *intake manifold*. Terlebih dahulu dibuat rangkaian ECU dan diuji sebelum dipasangkan ke sistem EGRICS mesin.



Gambar 5.2. Proses pembuatan ECU.

c. Menyiapkan rangkaian injektor yang akan disambungkan dengan ECU.



Gambar 5.3 Rangkaian injektor yang telah siap disambungkan dengan ECU.

d. Menyiapkan *rpm sensor* yang akan dipasang pada *fly wheel*.



Gambar 5.4. *Rpm Sensor*

5.1.2. Memodifikasi mesin diesel isuzu panther 2,3 dengan menambahkan sistem *EGRICS*

Tahapan modifikasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Membuat lubang berdiameter 3 mm untuk pemasangan injektor gas pada *intake manifold* pada posisi lebih dekat dengan saluran katup masuk (*port*) agar dapat meningkatkan respon yang dinamis.



Gambar 5.5. Membuat lubang injektor pada *intake manifold*.

- b. Membuat saluran *by pass* pada *exhaust manifold* untuk saluran EGRICS ke *intake manifold* dengan menambah saluran *by pass* menuju *cooler EGRICS*.



Gambar 5.6. Proses modifikasi *exhaust manifold*.

- c. Memasang pipa saluran EGRICS dari saluran *by pass* ke tabung EGRICS. Kemudian dilengkapi dengan katup pengaman, colling EGRICS dan filter EGRICS serta katup pangatur tekanan serta memasang selang gas (*hose*) dari tabung EGRICS ke injektor gas.



Gambar 5.7. Proses pemasangan rangkain sistem EGRICS pada mesin.

- d. Memodifikasi *flywheel* mesin dengan membuat satu *pick up* (tonjolan) pada mesin top satu (1) yang digunakan untuk mendeteksi langkah pergerakan piston. Kemudian membuat kedudukan dari *rpm sensor* dekat *flywheel* dengan jarak ± 1 mm dari *pick up*.



Gambar 5.8. Proses modifikasi *fly wheel* dan membuat kedudukan *rpm sensor*.

- e. Melakukan instalasi dan pengecekan kembali seluruh *wiring* kelistrikan sistem EGRICS yang terintegrasi dengan ECU dan PC komputer untuk melakukan turning pada sistem tersebut.



Gambar 5.9. Proses instalasi dan pengecekan kembali seluruh *wiring* kelistrikan sistem EGRICS yang terintegrasi dengan ECU dan PC komputer.

5.1.3. Tahap Pengujian

Dalam perencanaan awal, pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian emisi NO_x dan ketebalan asap (opasitas) yang dihasilkan mesin. Sebagian pengujian ini telah dilakukan yaitu pengujian emisi NO_x, berikut beberapa prosedur yang dilaksanakan:

a. Persiapan Pengujian

Melakukan pemeriksaan kondisi mesin, alat ukur, alat uji bantu dan seluruh *wiring* kelistrikan sistem EGRICS yang terintegrasi dengan ECU dan PC komputer.



Gambar 5.10. Persiapan pengujian.

b. Pengujian standar tanpa menggunakan sistem EGRICS

Pengujian dilakukan dengan putaran mesin yang berbeda sesuai dengan variabel pengujian. Tahapannya adalah sebagai berikut:

- 1) Menghidupkan mesin diesel kemudian lakukan pemanasan ± 20 menit.
- 2) Pengecekan putaran mesin pada putaran idle (800 rpm)
- 3) Melakukan pengujian pada setiap putaran, yaitu pada putaran 800 rpm sampai 2000 rpm dengan interval 200 rpm.
- 4) Mencatat kadar *smoke opacity* yang dihasilkan mesin pada setiap penambahan putaran mesin.
- 5) Setelah pengambilan data selesai dilakukan, maka putaran mesin diturunkan secara bertahap hingga putaran idle kemudian matikan mesin.





Gambar 5.11. Proses pengujian standar tanpa sistem EGRICS.

c. Pengujian menggunakan sistem EGRICS dengan variasi presentase volume gas EGRICS.

Untuk melakukan pengujian dengan menggunakan sistem EGRICS sama halnya seperti melakukan pengujian standar.

- 1) Menghidupkan mesin diesel kemudian lakukan pemanasan ± 20 menit sampai mencapai temperatur kerja mesin.
- 2) Mengaktifkan sistem EGRICS pada mesin diesel.
- 3) Pengecekan putaran mesin pada putaran *idle* (800 rpm)
- 4) Menentukan variasi presentase volume EGRICS yang masuk ke selinder yang di mulai dengan 15 ms dengan cara melakukan turning pada *software Vems genboard v.3* menggunakan PC komputer pada putaran 800 rpm sampai 2000 rpm dengan interval 200 rpm, kemudian dilanjutkan dengan variasi 20 ms sampai 25 ms dengan interval 5 ms pada semua putaran.
- 5) Mencatat data kadar *smoke opacity* yang dihasilkan mesin setiap kenaikan beban.
- 6) Sebelum pengambilan data berikutnya maka matikan mesin ± 5 menit untuk menstandarkan kondisi mesin, kemudian setelah itu dilanjutkan pengambilan data berikutnya sesuai dengan variabel pengujian.

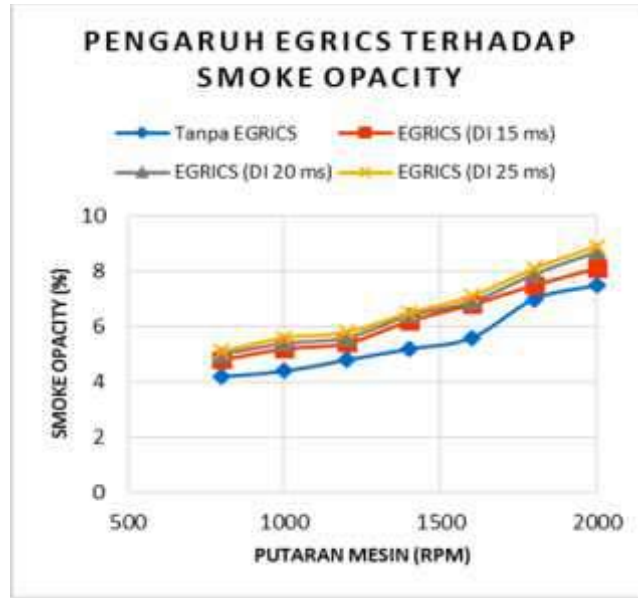




Gambar 5.12. Proses pengujian dengan sistem EGRICS.

7) Data hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut ini:

RPM	Tanpa EGRICS	EGRICS (DI 15 ms)	EGRICS (DI 20 ms)	EGRICS (DI 25 ms)
800	4,2	4,8	5	5,1
1000	4,4	5,2	5,4	5,6
1200	4,8	5,4	5,6	5,8
1400	5,2	6,2	6,4	6,5
1600	5,6	6,8	6,9	7,1
1800	7	7,5	7,9	8,1
2000	7,5	8,1	8,7	8,9



Gambar 5.13. Grafik hasil pengujian dengan sistem EGRICS.

BAB 6

RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Rencana tahapan berikutnya yang akan dilakukan adalah menganalisa fenomena yang terjadi pada daya mesin dan konsumsi bahan bakar. Pengolahan data dilakukan dengan mengkaji atau merujuk pada kajian teori. Selanjutnya penelitian ini akan dikembangkan berdasarkan saat injeksi gas pada sistem EGRICS maka akan dibuat katup pengontrol gas buang pada *exhaust manifold* untuk memperbesar tekanan masuk gas EGRICS menuju *intake manifold*.

1.1 Pengembangan Sistem EGRICS

Sistem EGRICS akan dikembangkan pada laboratorium pengujian kendaraan Jurusan Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang. Yang akan dikembangkan diantaranya adalah katup pengontrol gas buang pada *exhaust manifold* untuk memperbesar tekanan masuk gas EGRICS menuju *intake manifold*. Pengembangan akan melibatkan beberapa mahasiswa. Proses pengembangan akan diawali dengan simulasi kemudian pembuatan prototype dan fabrikasi.

1.2 Pengujian Daya Mesin, Konsumsi Bahan Bakar dan Saat Injeksi

Setelah proses pengembangan maka sistem EGRICS ini akan diuji berdasarkan daya mesin, konsumsi bahan bakar dan saat injeksi. Hal ini dilakukan pengujian pada gas buang secara ekperimental pada mesin diesel yang telah dimodifikasi dengan sistem EGRICS.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan proses penelitian yang sudah dilalui maka diperoleh beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut.

7.1 Kesimpulan

- a. Pengaturan durasi injeksi *Cold* EGRICS yang tepat yaitu pada 15 ms karena menghasilkan *smoke opacity* paling rendah pada setiap putaran mesin. Penggunaan *Cold* EGRICS juga lebih efisien dibandingkan dengan *Hot* EGRICS karena kenaikan *smoke opacity* pada *Cold* EGRICS lebih kecil dari pada *Hot* EGRICS yaitu 18,5 % sehingga dapat menurunkan kadar NO_x yang terbentuk pada gas buang mesin diesel.
- b. Cara pemasukan model injeksi menggunakan kontrol ECU lebih baik jika dibandingkan dengan cara pemasukan EGR secara konvensional (katup vakum), hal ini terbukti dengan peningkatan asap yang relatif rendah dan disesuaikan dengan putaran mesin
- c. Dalam penelitian emisi *smoke opacity* dan NO_x sistem EGRICS yang sudah dilakukan, banyak hal-hal yang sulit diprediksi yang dapat merubah hasil penelitian tetapi dapat diminimalisir.
- d. Pengembangan pengujian emisi dengan sistem EGRICS yang semula dikembangkan tanpa katup pengontrol gas buang, maka perlu ditambahkan agar gas pada *exhaust manifold* memiliki tekanan dan volume yang besar menuju *cooler* dan *intake manifold*.
- e. Pengujian dilakukan dalam waktu yang relatif lebih lama karena mengalami kendala dalam meminjam alat *four gas analyzer* untuk mesin diesel.

7.2 Saran

- a. Semua prosedur penelitian akan dapat dilaksanakan secara sempurna apabila semua anggota tim penelitian bekerja dengan baik.
- b. Sebelum melakukan pengujian, lebih baik dilakukan simulasi terlebih dahulu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, I Ketut. (2015), *Pengaruh Resirkulasi Emisi Gas Buang terhadap Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor Empat Langkah*, Tesis Magister, Universitas Udayana.
- Genessan, V. (2004). *Internal Combustion Engine Second Edition*. The Mc Grow-Hill.
- Gerianto, Indrajaya, Ariana, I M., dan Umam, Khairul Umam. (2009), *Optimalisasi Rasio Exhaust Recirculation (EGR) pada Berbagai Pembebanan Motor Diesel dengan Pemodelan Simulasi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Hendrajat, Muhammad. (2011), *Studi Eksperiment Penggunaan Water Scrubber Untuk Meningkatkan Kinerja dari Sistem Exhaust Gas Recirculation (EGR) dalam Mereduksi NOx Pada Motor Diesel*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Setiyo, P., Wijang. (2011), *Pengaruh Cold EGR (Exhaust Gas Recirculation) terhadap Gas Buang pada Mesin Diesel*. Universitas Diponegoro.
- Syahmi, B.A.R. (2012), *Design of Exhaust Gas Recirculation System (EGR) for Diesel Engine*, Tesis Magister, Universitas Malaysia Pahang.

Lampiran 1. Bahan Ajar

Pembahasan :Pengendalian emisi gas buang motor diesel dengan menggunakan sistem kontrol elektronik (EGRIC)

Minggu ke : 10 dan 11

Mata Kuliah : Pengujian kendaraan

A. Mesin Diesel

Mesin diesel merupakan salah satu mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Mesin diesel bekerja dengan menghisap udara luar murni, kemudian dikompresikan sehingga mencapai tekanan dan temperatur yang tinggi. Sesaat sebelum mencapai TMA, bahan bakar diinjeksikan dengan tekanan yang sangat tinggi dalam bentuk butiran-butiran halus dan lembut. Kemudian butiran-butiran lembut bahan bakar tersebut bercampur dengan udara bertemperatur tinggi dalam ruang bakar dan menghasilkan pembakaran.

Sistem penyalaan pada mesin diesel memanfaatkan tekanan dan temperatur yang ada di dalam silinder, sehingga untuk menyalakan bahan bakar membutuhkan tekanan dan temperatur yang sangat tinggi. Dalam rangka menaikkan tekanan dan temperatur di dalam silinder mesin, salah satu cara adalah menaikkan perbandingan kompresi (Cr). Dengan perbandingan kompresi sebesar 16-25:1 sehingga dapat menghasilkan tekanan sebesar 120-200 Psi dan temperatur sebesar 550⁰C. Nilai ini lebih jauh tinggi dibandingkan dengan tekanan dan temperatur pada mesin bensin.

Dengan perbandingan rasio yang tinggi menjadikan temperatur pembakaran di dalam silinder sehingga menyebabkan dampak yang positif bagi performa mesin, akan tetapi memberikan dampak yang negatif terhadap emisi gas buang mesin diesel terutama emisi gas buang nitrogen oksida (NO_x). Emisi gas buang NO_x adalah sebuah sebutan yang ditujukan pada nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Gas ini dihasilkan dari reaksi antara nitrogen dan oksigen pada sebuah pembakaran dengan temperatur yang sangat tinggi.

Kebanyakan emisi gas buang NO_x dihasilkan oleh mesin pembakaran dalam terutama pada mesin yang memiliki kompresi tinggi yaitu mesin diesel.

Di samping itu juga penggunaan bahan bakar solar pada mesin diesel juga memberikan dampak yang kurang baik terhadap emisi asap (partikulat). Partikulat terdiri dari unsur C (karbon) yang masih berupa butiran partikel, dan residu atau kotoran lain dihasilkan oleh pembakaran pada motor diesel. Partikulat sebagian besar dihasilkan oleh adanya residu dalam bahan bakar. Residu tersebut tidak ikut terbakar dalam ruang bakar, tetapi terbangun melalui pipa gas buang. Pembakaran mesin diesel paling banyak menghasilkan partikulat karena didalam bahan bakar diesel mengandung banyak residu dengan kadar karbon (C) yang banyak. Hal itu mengakibatkan setelah selesai proses pembakaran, karbon/arang yang tidak terbakar akan terbangun melalui pipa gas buang.

B. Bahaya emisi gas buang NO_x dan Asap (Partikulat)

Emisi gas buang NO_x dalam konsentrasi yang lebih tinggi (ppm) dapat menyebabkan gangguan pada tenggorokan manusia (asma) serta kematian, begitu juga dengan asap gas buang mesin diesel. Organisasi kesehatan dunia (WHO) pada tahun 1988 menyampaikan bahwa emisi gas buang pada mesin diesel dapat menyebabkan kanker pada manusia sehingga WHO menghibau untuk memperketat pembatasan emisi gas buang pada kendaraan.

Dalam upaya mengurangi emisi gas buang kendaraan terutama pada mesin diesel pemerintah Indonesia melalui Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan lama menyebutkan bahwa emisi asap (PM) mesin diesel di bawah tahun 2010 ambang batas yang diizinkan adalah 70%, sedangkan untuk kendaraan di atas tahun 2010 ambang batas yang diizinkan adalah 40-50%.

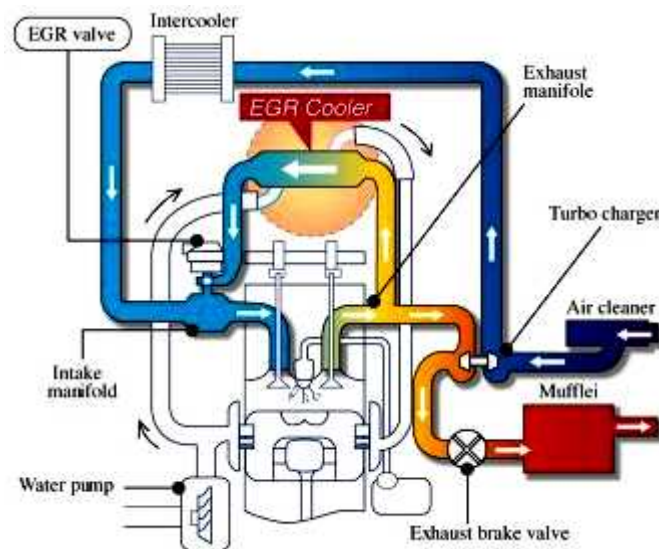
C. Metode pengendalian emisi gas buang diesel

Banyak metode yang digunakan oleh peneliti otomotif dalam mengurangi emisi gas buang kendaraan pada mesin diesel di antaranya adalah penggunaan bahan bakar ganda (DDF), penggunaan bahan bakar alternatif (biodiesel dan CNG) dan pemakaian katalik konverter pada saluran buang mesin diesel serta pemanfaatan emisi gas buang kendaraan (EGR).

Pada pembahasan ini, pengendalian emisi gas buang NO_x dan asap (partikulat) pada mesin diesel adalah memanfaatkan gas buang kendaraan atau mensirkulasikan gas buang (EGR) ke dalam silinder mesin untuk dibakar kembali bersama udara murni yang masuk melalui saluran masuk mesin (*intake manifold*).

1. Resirkulasi gas buang (*Exhaust gas recirculation*)

Exhaust gas recirculation (EGR) adalah suatu metode untuk mengembalikan sebagian gas sisa pembakaran ke ruang bakar untuk di bakar kembali melalui saluran masuk (*intake manifold*) dengan tujuan untuk mengurangi jumlah kuantitas nitrogen oksida (NO_x). Ikatan NO_x sangat cepat bereaksi pada temperatur maksimum (puncak) dan tekanan tinggi.



Gambar 1. Pemanfaat gas buang kendaraan pada mesin diesel

Pengaruh dari mensirkulasikan gas buang ke ruang bakar kemudian dicampur dengan udara segar yang baru masuk ke *intake manifold* dapat menurunkan temperatur maksimum dan tekanan di daerah *flame* (pada proses *polytropic*) sehingga dapat mengurangi reaksi pembentukan NO_x . Ini disebabkan beberapa faktor di antaranya adalah (Syahmi, 2012)

1. Nilai Kapasitas panas (C_p) pada gas buang yang diresirkulasikan lebih tinggi dari nilai C_p udara segar yang baru masuk ke *intake manifold*, hal ini menurunkan tekanan dan temperatur pada saat langkah kompresi yang menyebabkan kecepatan pembakaran (*flame speed*) berkurang yang

berpengaruh pada penurunan puncak tekanan maksimal dan panas yang di lepaskan (*heat release rate*) pada saat proses pembakaran.

2. Penurunan dari jumlah partikel nitrogen (N₂) dan oksigen (O₂) yang masuk ke dalam silinder dikarenakan sebagian udara murni yang masuk ke dalam silinder mesin sudah digantikan oleh gas buang yang masuk sehingga jumlah reaksi antara nitrogen dan oksigen dapat dikurangi pada proses pembakaran.

Jadi proses mensirkulasikan gas buang merupakan salah satu alternatif yang tepat untuk menurunkan partikel NO_x secara signifikan pada mesin dengan proses pembakaran tekanan konstan. Meskipun demikian pemanfaatan EGR yang berlebihan akan menyebabkan tingginya asap (*soot*) sehingga butuh kontrol aliran massa EGR (*mass flow rate*) yang tepat dari gas buang agar sesuai dengan kondisi mesin. Total massa EGR yang masuk ke dalam silinder dapat di hitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Ganesan, 2004):

$$EGR = \frac{\dot{m}_{EGR}}{\dot{m}_{cyl}} \times 100\%$$

Keterangan

EGR = persentase *mole* EGR

\dot{m}_{EGR} = *mass flow rate* yang diresirkulasikan

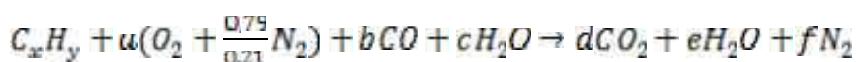
\dot{m}_{cyl} = *total mass flow rate* di dalam silinder.

Banyak penelitian yang telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir yang berkaitan dengan EGR dalam usaha untuk mengurangi emisi NO_x di antaranya adalah

Indrajaya (2009) melakukan penelitian dengan mengoptimalkan rasio EGR di berbagai pembebanan pada motor diesel dengan metode simulasi CFD dan dia menformulasikan reaksi pembakaran yang terjadi pada mesin diesel dengan berbahan bakar *a-heavy oil* adalah



Dan apabila gas buang hasil pembakaran disirkulasikan kembali ke dalam ruang bakar, maka reaksi kimia yang terjadi dapat diformulasikan sebagai berikut:



Kemudian menyimpulkan bahwa penambahan rasio EGR sampai 30% dapat menurunkan emisi gas NO_x secara signifikan sebesar 91,12%.

Wijang (2011) dalam penelitiannya pengaruh *cold* EGR terhadap emisi gas buang pada mesin diesel dengan metode eksperimen, menyimpulkan penambahan alat berupa EGR diperoleh kenaikan asap/*opacity* sebesar 108,54 % sehingga asap yang keluar jauh lebih banyak dibanding tanpa penggunaan EGR, Akan tetapi penggunaan EGR memberi dampak positif yaitu meningkatnya efisiensi bahan bakar (*f*) sebesar 64,14 % di banding mesin tanpa penggunaan EGRICS. Semua data di ambil pada EGR 12,6% dengan temperatur 60⁰C saat putaran 2500 rpm dengan beban 100%. Namun pada penelitiannya tidak menjelaskan penurunan kuantitas dari kadar NO_x yang terjadi.

Hendrajat (2011) melakukan penelitian dengan menambahkan penggunaan *water scrubber* untuk meningkatkan kinerja dari sistem EGR dalam mereduksi NO_x pada motor diesel dengan metode eksperimen. *Water scrubber* adalah suatu alat yang dirancang untuk menurunkan temperatur gas buang yang disirkulasikan dengan cara menyemprotkan (*spray*) air yang langsung bersentuhan dengan gas tersebut. Kemudian dia menyimpulkan bahwa penambahan *water scrubber* pada sistem EGR dapat mereduksi partikel NO_x pada gas buang sebesar 89.908 %, akan tetapi pemanfaatan EGR masih menyebabkan peningkatan emisi asap (partikulat) pada mesin diesel.

I Ketut (2015) dalam penelitiannya, pengaruh resirkulasi emisi gas buang terhadap unjuk kerja mesin sepeda motor empat langkah dengan menambahkan alat resirkulator di sepanjang knalpot dengan tujuan menurunkan temperatur pada *exhaust manifold* sehingga berpengaruh terhadap penurunan tekanan dan dia menyimpulkan bahwa terjadi peningkatan unjuk kerja mesin berupa peningkatan daya motor sebesar 5,75 % dan torsi sebesar 4 % pada kecepatan uji tertinggi 5500 rpm.

Dari penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa penambahan sistem EGR dapat menurunkan emisi gas NO_x secara signifikan dan penambahan persentase volume EGR membutuhkan kontrol yang tepat di setiap kondisi putaran mesin. Apabila kontrol aliran massa EGR yang masuk tidak sesuai dengan putaran mesin akan menyebabkan peningkatan asap (partikulat).

Dalam mempertahankan penurunan emisi gas buang NO_x tanpa kenaikan emisi gas buang asap (partikulat) ataupun jelaga maka perlu sebuah sistem kontrol yang bisa mengatasi ketimpangan tersebut. Dalam pembahasan ini memperkenalkan sebuah metode baru yang diterapkan pada sistem EGR yaitu dengan melakukan pengontrolan secara elektronik agar volume gas buang yang masuk ke dalam silinder mesin dapat di kontrol sesuai dengan kondisi beban dan putaran mesin. Sistem pengontrolan EGR secara elektronik merupakan sebuah inovasi baru dalam pengendalian emisi gas buang pada mesin diesel.

2. *Exhaust gas recirculation injection control system (EGRICS)*

EGRICS adalah sebuah metode pemasukan gas buang ke dalam silinder dengan model injeksi yang di atur oleh perangkat kontrol elektronik (ECU) agar gas buang yang di dimanfaatkan dapat terkontrol sesuai dengan kondisi mesin. Metode ini merupakan pengembangan dari model pemasukan EGR yang konvensional yang hanya menggunakan katup (*valve*). Pada sistem konvensional pemasukan gas buang tidak terkontrol secara akurat dikarenakan cara pemasukan memanfaatkan hisapan dari piston seperti sistem karburator sehingga menyebabkan gas buang yang masuk tidak terkendali.

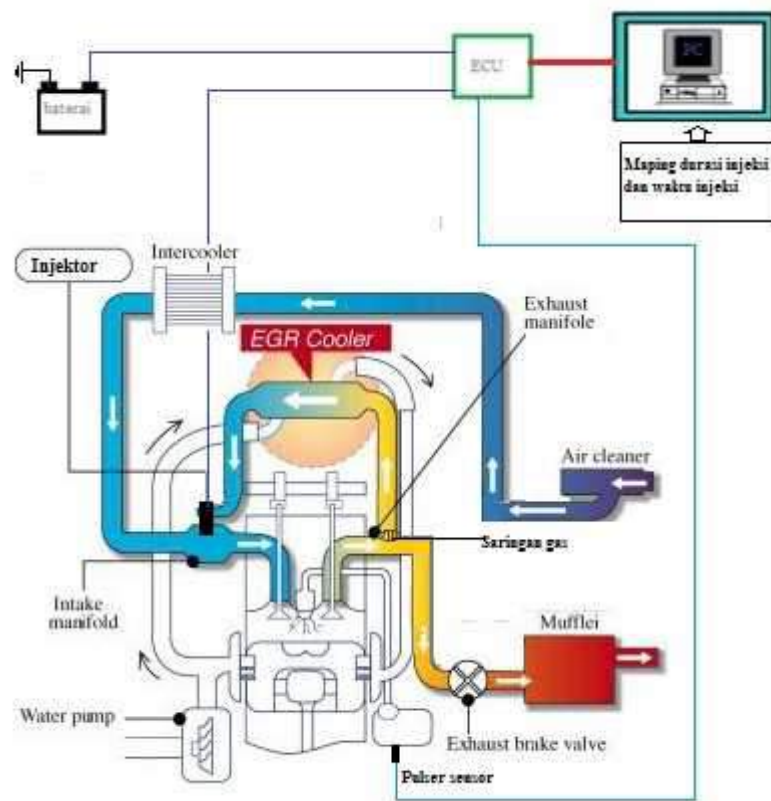
a. Prinsip kerja EGRICS

Pada prinsipnya sistem kontrol EGRICS sama dengan sistem kontrol bahan bakar pada mesin, dimana sistem kontrol ini dilengkapi dengan tiga komponen utama yaitu

- 1) Sensor berfungsi sebagai pemberi informasi kepada prosesor
- 2) Prosesor berfungsi sebagai pengolah data kemudian memerintahkan aktuator untuk bekerja.
- 3) Aktuator berfungsi sebagai penerima perintah dari prosesor.

Adapun prinsip kerja dari sistem EGRICS adalah memanfaatkan tegangan yang di bangkitkan pada pulser (Ne). Pada *saat fly wheel* berputar maka *pick up* pada fly wheel akan bersentuhan dengan *pulser sensor* sehingga sinyal tegangan akan terbangkit dan memberikan informasi ke pada ECU. Kemudian ECU akan memproses data yang telah diperoleh pulser kemudian memerintahkan injektor untuk bekerja dengan cara mengaktifkan medan magnet yang ada pada injektor sehingga mengakibatkan injektor

menginjeksikan gas buang yang sudah *stand by* pada slang injektor. Semakin tinggi putaran maka akan semakin banyak cepat injektor membuka akibat dari semakin cepatnya sinyal yang terbangkitkan pada pulser sensor dan memberikan informasi pada ECU. Adapun skema rangkaian sistem EGRICS terlihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Skema rangkaian pada sistem EGRICS

b. Komponen-komponen utama pada sistem EGRICS

Adapun komponen utama sistem EGRICS terdiri dari dua kelompok

1) Komponen sistem kontrol elektronik

Komponen sistem kontrol elektronik berfungsi sebagai pengontrol pembukaan katup injektor, dimana terdiri dari sebagai berikut

- a) Pulser sensor berfungsi sebagai pemberi informasi kepada prosesor dalam bentuk sinyal tegangan yang dibangkitkan melalui pemutusan fluq magnet oleh pick up pada fly wheel.
- b) Modul (ECU) berfungsi sebagai pengolah data yang diterima dari sensor kemudian memerintahkan aktuator untuk bekerja. Adapun

software yang digunakan dari sistem ini adalah VEMS TUNE yang bisa dikoneksikan dengan PC. Perangkat lunak (*software*) digunakan untuk melakukan pengaturan *turning/mapping* sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Salah satu *mapping* yang digunakan pada sistem EGRICS adalah durasi injeksi dan waktu penginjeksian gas buang oleh injektor. Tujuan dari *mapping* ini adalah untuk mengatur lama pembukaan dari katup injektor sehingga akan berpengaruh terhadap volume semprotan gas yang dimasukkan ke dalam silinder. Agar pemasukan jumlah bahan bakar bisa dikontrol sesuai dengan kebutuhan mesin.

- c) Injektor berfungsi sebagai aktuator untuk menginjeksikan gas buang ke dalam silinder melalui saluran masuk.

2) Komponen sistem mekanik

Adapun komponen sistem mekanik pada sistem EGRICS terdiri dari sebagai berikut:

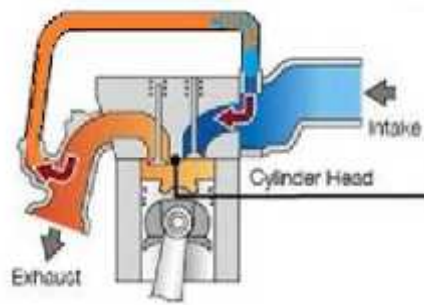
- a) Saringan EGR berfungsi sebagai penyaring kotoran yang ada pada gas buang agar tidak terjadi penyumbatan pada injektor.
- b) *Intercooler/EGR cooler* berfungsi sebagai pendingin gas buang yang masuk ke dalam silinder mesin agar temperatur udara yang masuk ke dalam silinder tidak terlalu panas.
- c) Selang injektor berfungsi sebagai penyalur gas buang ke *fitting* injektor yang terpasang pada saluran masuk.

c. Jenis Sistem EGR

Berdasarkan temperaturnya sistem EGR dapat dibedakan menjadi dua yaitu

1) Hot EGR

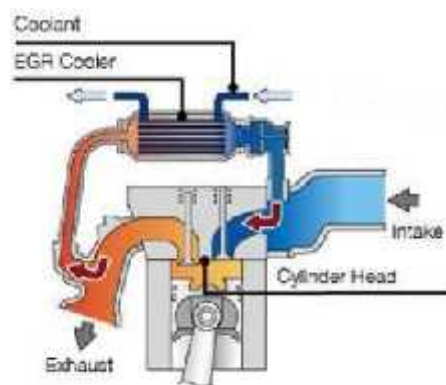
Sebagian gas buang kendaraan bermotor yang dimasukan kembali ke dalam silinder melalui *intake manifold* tanpa didinginkan terlebih dahulu, seperti yang terlihat pada gambar 3 di bawah:



Gambar 3. Sistem EGR dengan jenis hot EGR

2) Cold EGR

Sebagian gas buang kendaraan bermotor yang dimasukan kembali ke dalam silinder melalui *intake* manifold yang sebelumnya didinginkan terlebih dahulu menggunakan *Cooler / heat exchanger*. Pendinginan disini hanya maksimal sampai dengan temperature lingkungan saja. Adapun pada sistem EGRIC yang kita gunakan adalah jenis cold EGR, hal ini di karenakan lebih optimal dalam kenaikan performa mesin dan penurunan emisi gas buang NO_x, HC dan asap (Partikulat), seperti yang terlihat pada gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4. Sistem EGR jenis cold EGR

d. Keuntungan sistem EGRICS

Adapun keuntungan dari sistem EGRICS adalah sebagai berikut

1. Pemasukan gas buang dapat dikontrol sesuai dengan kebutuhan mesin sehingga dapat menurunkan emisi gas buang NO_x secara signifikan dan juga dapat memperkecil terjadinya asap (partikulat) yang berlebihan pada mesin diesel.

2. Merupakan sebuah inovasi baru dalam pengembangan teknologi EGR sehingga teknologi ini dapat di aplikasikan pada mesin diesel yang sudah memiliki sistem kontrol elektronik (*common rail*).
3. Dapat menaikkan efisiensi mesin pada mesin diesel.

Lampiran 2. Sertifikat Presenter dan Proceeding International Conference
ICTVET UNP 4th



ISBN : 978-602-1178-11-9

Padang, November 9-11, 2017

PROCEEDINGS

4th International Conference on Technical and Vocational Education and Training (TVET)

Theme :
Technical and Vocational Education and
Training for Sustainable Societies

PROCEEDINGS 4th International Conference on TVET

Padang, November 9-11, 2017

ISBN : 978-602-1178-11-9

PENERBITAN & PERCETAKAN UNP PRESS
Jln. Prof Hamka Air Tawar Padang,
Telp. (0751) 7051260, 7055689 Fax (0751) 7055628



PENERBITAN & PERCETAKAN UNP PRESS
Jln. Prof Hamka Air Tawar Padang,
Telp. (0751) 7051260, 7055689 Fax (0751) 7055628



Penerbitan & Percetakan

UNP PRESS





FOREWORDS

This proceeding aims to disseminate valuable ideas and issues based on research or literature review in the field of vocational, technical and engineering studies, which have been presented in 4th International Conference on Technical and Vocation Education and Training. This conference has taken place in Hospitality Center Universitas Negeri Padang, November 9-11, 2017.

The theme of Conference focused on the perspective of technical and vocational education and training for sustainable society to face the challenges of 21st century, globalization era, and particularly Asian Economic Community. To overcome the challenges, we need the innovation and change in human resources development. Technical vocational educational and training have essential roles to change the world of education and work in order to establish sustainable society.

Undoubtedly, TVET need to enhance the quality of learning by developing various model of active learning, including learning in the workplace and entrepreneurship. Create innovation and applied engineering as well as information technology. Improvement of management and leadership in TVET Institution, and development of vocational and technical teacher education.

Many ideas and research findings have been shared and discussed in the seminar, more than 176 papers have been collected and selected through scholars, scientists, technologist, and engineers'. as well as teachers, professors, and post graduates students who participated in the conference.

Eight keynote speakers have taken a part in the conference, namely Prof. Intan Ahmad, Ph.D. (Director general of learning and student affairs, Kemenristek Dikti) and Prof. Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, Ph.D. (CEReS Chiba University) and Prof. Dr. Maizam Alias (UTHM Malaysia) and Prof. Ganefri, Ph.D. (Rector of UNP) and Prof. Dr. Ramlee bin Mustapha (UPSI Malaysia) and Prof. Nizwardi Jalinus, Ed.D. (Chair of TVET doctoral program, FT UNP) and Prof. Michael Koh, Ph.D. Dr. Fahmi Rizal, M.Pd., MT (Dean of FT UNP). They all have a great contribution for the success of the conference.

Finally, thank a million for all participants of the conference who supported the success of 4th International conference on TVET 2017 and most importantly, our gratitude to all scholars who support and tolerated our mistake during the conference.

Padang, 9 November 2017

Prof. Dr. Nizwardi Jalinus, M.Ed
Chair of Scientific Committee

27	Vita Fitria Sari, Mayar Afriyenti, Mia Angelina Setiawan	IMPROVING TEACHERS' PROFESIONALISM APPROPRIATE TO NEW CURRIRULUM 2017 FOR VOCATIONAL SCHOOLS BY CAPACITY BUILDING AND WORKSHOP ABOUT PREPARING LOCAL GOVERNMENT FINANCIAL STATEMENT; AN EXPERIMENTAL STUDY ON ACCOUNTING TEACHERS' FROM VOCATIONAL SCHOOLS IN WEST SUMATERA PROVINCE
28	Ulfa Annida Damanik, Sri Wening	PSYCHOLOGICAL FACTORS INFLUENCING THE DECISION MAKING OF PURCHASING PRODUCTS VIA ONLINE
29	Purwantono, Refdinal, Hendri, Syahrul	DEVELOPMENT OF MODEL OF PROPELLER-CROSS FLOW WATER TURBINE FOR PICO HYDRO POWER GENERATOR TITLE
30	Remon Lapisa, Hendika Syahputra, Irma Yulia Basri, Rifdarmon, Hendra Dani Saputra	AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF CENTRIFUGAL CLUCTH COOLING GROOVE ON MOTORCYLCE PERFORMANCE
31	Almasri	EFFECT OF MIND MAPPING LEARNING METHODS ON LEARNING OUTCOMES
32	Emy Leonita, Nopriadi, Ahmad Satria Efendi, and Niswardi Jalinus	NEEDS ANALYSIS ON INCREASING COMPETENCY TEST RESULTSSTUDENTS IN S1 PROGRAM OF PUBLIC HEALTH SCIENCESSTIKES HANG TUAH PEKANBARU
33	Fenny Purwani, Nizwardi Jalinus, Ambiyar	THE DESIGN OF LECTURER PERFORMANCE EVALUATION MODEL BASED ON ANALYTIC NETWORK PROCESS (ANP)
34	Wagino, Toto Sugiarto, Dori Yuvenda, Ahmad Arif	EFFECT OF EGRICS INJECTION DURATION ON EMISSION DIESEL ENGINE
35	Rahmatul Husna Arsyah, Ulya Ilhami Arsyah, Nizwardi Jalinus, Azwar Inra	DEVELOPMENT OF PRODUCT PROMOTION APPLICATIONS MICRO SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES (SMEs) BUKITTINGGI CITY
36	Muh. Barid Nizarudin Wajdi, Achmad Fathoni Rodli	<i>RAHMATAN LIL ALAMIN</i> , THE CONCEPT OF MULTICULTURAL EDUCATION
37	Raimon Kopa, Afdhal Husnuzan, Bambang Heriyadi	BLASTING DESIGN DEVELOPMENT AREA DECLINE CIBITUNG AND CIKONENG UNDERGROUND MINE PT CIBALIUNG SUMBERDAYA BANTEN
38	Irwanto Zarma Putra, Citra Dewi	CELL ROTATION TO RESOLVE THE WEAKEST CELL DAMAGE IN THE BATTERY PACK IN DISCHARGING PROCESS
39	Wahyu Prima, Ganefri, Krismadinata	ANALYSING INFORMATION SYSTEM OF ACADEMIC SERVICES IN THE UNIVERSITY
40	Lika Jafnihirda, Yuliawati Yunus, Nizwardi Jalinus, Azwar Inra	MEDIA DEVELOPMENT OF PRODUCT PROMOTION AND STUDENTS STUDENT SMK NEGERI 8 PADANG CITY WEB-BASED

EFFECT OF EGRICS INJECTION DURATION ON EMISSION DIESEL ENGINE

Wagino, Toto Sugiarto, Dori Yuvenda dan Ahmad Arif
Jurusan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

ABSTRACT: Diesel engine has more power, lower fuel prices, and easier engine maintenance. However, diesel engines still have problems with emissions that are very harmful to human health and the environment, especially smoke and NO_x. EGRICS System (Exhaust Gas Recirculation with Injection Control System) is one way to reduce emissions. EGRICS works by circulating some of the exhaust gases into the combustion chamber through the intake manifold to be burned again with the aim of reducing exhaust emissions. The effect of circulating the exhaust to the combustion chamber is then mixed with fresh air entering the intake manifold in order to decrease the maximum temperature and pressure in the flame area thereby reducing the gas emission reaction. The experimental was conducted experimentally by modifying the engine adding EGRICS system. To determine the effect of the EGRICS system on the exhaust gases, injection duration of EGRICS into the cylinder for 15 ms, 20 ms and 25 ms at engine rotation of 800 to 2000 rpm at intervals 200 rpm. The Smoke of exhaust gas is measured using smoke opacity meter. The results show that the proper Cold EGRICS injection duration setting is at 15 ms because it produces the lowest smoke opacity on every engine spin. The use of Cold EGRICS is also more efficient than Hot EGRICS because the smoke opacity increase in Cold EGRICS is smaller than Hot EGRICS which is 18.5% so it can reduce the level of NO_x that is formed from diesel engine exhaust gas.

Key word: Injection duration, Cold EGRICS, Emission, Diesel engine

1. INTRODUCTION

Diesel engines have greater power, lower fuel prices, flexible fuel use and less complicated engine maintenance that are more in demand by people moving in different sectors. However, diesel engines have problems associated with exhaust emissions that are very harmful to human health and the environment, especially smoke and nitrogen oxide (NO_x) [1]. Both of these pollutants are formed in the opposite way. Smoke is formed when the fuel is not able to mix well with oxygen so that the combustion reaction is not perfect, but with the burning temperature is not too high resulting in NO_x is not much formed.

Exhaust Gas Recirculation with Injection Control System (EGRICS) is a method that is carried out by utilizing exhaust gas residue of combustion in diesel engine so as to affect the reduction of exhaust emissions. The remaining combustion will be recirculated to the engine combustion chamber via the intake manifold controlled electronically using the electronic control unit (ECU). The exhaust gas temperature that will reenter the engine can be adjusted by placing heater (Hot EGRICS) or cooler (Cold EGRICS) or a combination of both EGR on the intake manifold side.

Utilization of residual combustion will cause an increase in the amount of heat from the fuel mixture in the combustion chamber so that it does not require high temperatures to burn the fuel mixture. Likewise, with the remaining unburned fuel in the exhaust gas can be burned back in the combustion chamber so that the volume capacity of new fuel can be reduced.

In addition, it will also reduce the oxygen that enters the combustion chamber due to the exhaust from the exhaust gases so that it will minimize the decomposition of oxygen and nitrogen.

Some previous studies that have been done include Indrajaya [2] conducted a study by optimizing the EGR ratio in various loading on diesel motors with CFD simulation method and he concluded that the use of EGR up to 30% can reduce the emissions of NO_x gas significantly by 91.12%. Wijang [3] in his research the effect of cold EGR on exhaust emissions in diesel engine by experimental method, concluded the addition of EGR tools obtained increase opacity of 108.54% so that smoke out much more than without use of EGR, However, the use of EGR gave the positive impact of increased fuel efficiency (ζ_f) of 64.14% compared to machines without the use of EGR. Hendrajat [4] conducted a study by adding the use of water scrubber to improve the performance of the EGR system in reducing NO_x on diesel motors by the experimental method. Water scrubber is a device designed to lower the temperature of the exhaust gas that is circulated by spraying water directly into contact with the gas. Then he concluded that the addition of water scrubber to the EGR system can reduce NO_x particles in the exhaust gas by 89.908%. I Ketut [5] in his research, the effect of recirculation of exhaust emissions on the performance of four-step motorcycle engines by adding tools recirculating along the exhaust with the aim of lowering the temperature at the exhaust manifold so as to affect the pressure drop and he concluded that there is an increase in engine performance in the



form of increased motor power of 5.75% and torque of 4% at the highest test speed of 5500 rpm.

From the previous research, we can conclude that the use of EGR is able to significantly reduce the exhaust emissions of NO_x, but the use of EGR also increases the emission of the gas exhaust gas which is very significant. Based on these problems, this study aims to address the increase in exhaust emissions when using the EGR system by controlling the inclusion of EGR flow rates by injection using electronic control, it is expected that the injection model can overcome a significant increase in smoke when using EGR.

This study focused on the duration of Cold EGRICS injection into the combustion chamber by controlling the exhaust gas that reentered the intake manifold in order to obtain the appropriate injection duration and appropriate at each engine rotation conditions so as to affect the smoke opacity produced by diesel engine.

2. METHODS

This research is done by using an experimental method. The test was performed on the Isuzu Panther 2.3 diesel engine with a modified distributor type injection pump model by adding a Cold EGRICS system with an injection controller system designed on its own using the electronic control unit (ECU) system. To determine the effect of smoke opacity on exhaust emissions, the variation of Cold EGRICS injection duration arrangement entered into the cylinder through the intake manifold in accordance with each engine rotation and then smoke opacity of exhaust gas that is exhausted through the exhaust manifold is measured by using smoke opacity meter.

The process of modification of the machine and the whole series of testing is done in Motor Laboratory Burning Department of Automotive Engineering, Faculty of Engineering, Padang State University.

2.1 Test Tools

The test equipment to be used in this research is as follows.

2.1.1 Four cylinder four stroke diesel engine.

The engine specifications used are in table 1 below.

Specifications	Item
Merk	Isuzu Panther
Type	2.3
Model	Four cylinder four stroke
Fuel pump type	Distributor
Diplacement	2300 cc
Compression ratio	20 : 1
Cooling system	Water

2.1.2 Exhaust Gas Recirculation Injection Controller System (EGRICS)

The EGRICS system is a system used to recirculate a portion of the exhaust gas into the cylinder by injection so that the volume of the EGR can be controlled according to the machine's requirements. The exhaust gas temperature that will reenter the engine can be adjusted by placing heater (Hot EGRICS) or cooler (Cold EGRICS) or a combination of both EGR on the intake manifold side. In this study used Cold EGRICS type equipped with cooler.

Schematic and component of Cold EGRICS system in this research can be seen in the following figure 1.

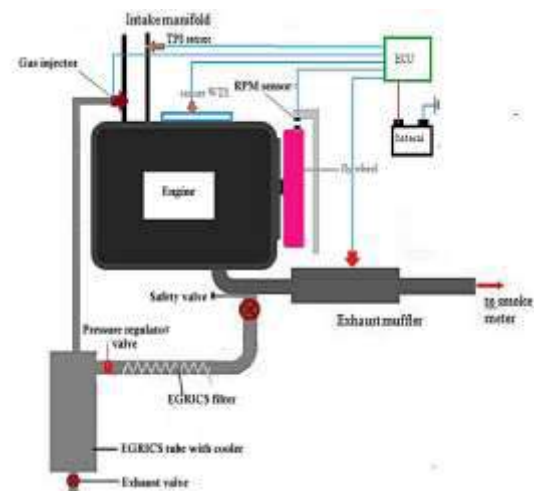


Figure 1. Cold EGRICS Schematic

2.2 Diesel fuel

Diesel fuel used in this study is diesel fuel produced by PT. Pertamina with the specification in table 2 below.

Table 1. Engine specifications

Table 2. Specification of diesel fuel



Fuel properties	Item
Low heating value (MJ/kg)	42.8
Cetane number	52.5
Octane number	-
Auto-ignition temperature (°C)	316
Stoichiometric air–fuel ratio (kg/kg)	14.69
Carbon content (%)	87

2.3 Test Procedure

Before performing tests on the engine first modified the machine by adding a Cold EGRICS system. The test is divided into two groups: the control group using diesel engine with diesel fuel without using Cold EGRICS system and test group by the diesel engine with diesel fuel by adding Cold EGRICS system with a variation of EGRICS injection duration arrangement into the cylinder at every engine rotation.

The method used to determine the exact setting value is by mapping the duration of EGRICS injection through the VEMSTONE software on the computer. Variations in injection duration arrangements were performed for 15 ms, 20 ms and 25 ms at engine rotation of 800 rpm to 2000 rpm at 200 rpm intervals. Data exhaust smoke opacity is carried out at every variation of injection duration and engine speed by using smoke opacity meter measuring instrument at the exhaust tip of the diesel engine.

2.4 Experimental Design

In this study set some of the input and output parameters so that the results of the research is expected in accordance with the expected. Some of the research design can be seen in table 3 below.

Table 3. Experimental design

Input Parameters				Output Parameters	
Constans		Variation		Measured	Analyzed
fuel	Cold EGRICS system	Engine rotation (rpm)	Cold EGRICS injection duration (ms)		
Diesel	No Cold EGRICS	800-2000 with intervals 200 rpm	-	Smoke opacity (%)	Smoke opacity (%)
Diesel	Using Cold EGRICS	800-2000 with intervals 200 rpm	> 15 > 20 > 25		

2.5 Flowchart Research

In conducting experimental research needs to make flowchart research to research more directed to research purposes. The following research flowchart using Cold EGRICS as in figure 2 below.

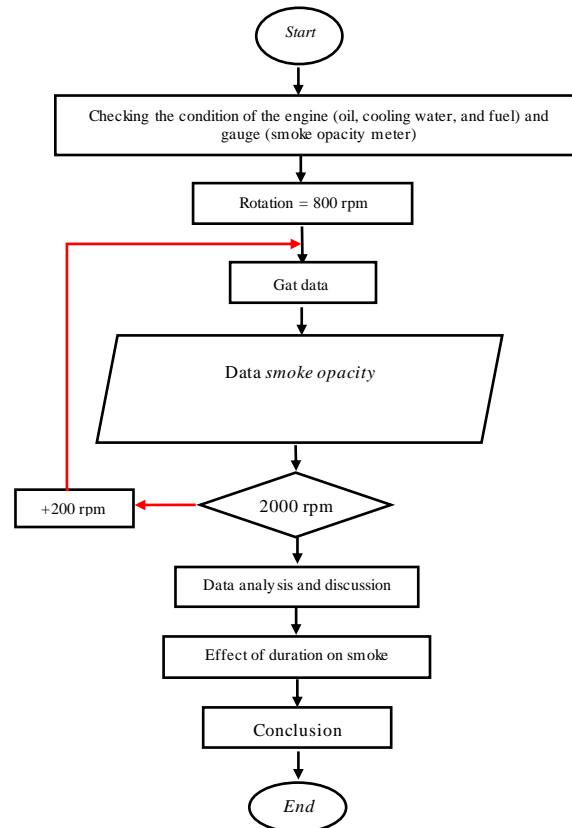


Figure 2. Flowchart research

3. RESULT AND DISCUSSION

After all, the process of research and data processing done then can further analyze the results that have been obtained. Graph of research results can be seen in Figure 3 below.

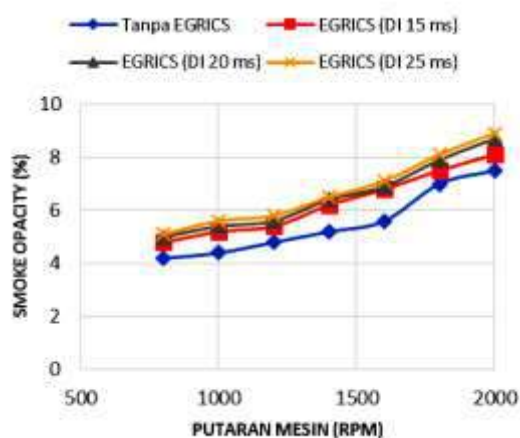


Figure 3. Graph of Cold EGRICS effect on smoke opacity.

Figure 3 shows a graph of the effect of the Cold EGRICS system on smoke opacity by varying the Cold EGRICS injection duration setting for 15 ms, 20 ms, and 25 ms and engine speeds from 800 rpm to 2000 rpm at 200 rpm intervals to smoke exhaust gas exhaust on diesel engines. As a comparison or controller, smoke opacity testing is also done without using Cold EGRICS system with the same engine rotation variation (rpm).

The graph above shows that the use of Cold EGRICS greatly affects the level of smoke opacity of diesel engines. The higher the EGRICS the higher smoke opacity, as well as the engine speed (rpm) is also proportional to EGRICS. The increase of smoke opacity is due to the air entering the cylinder through the intake manifold not only O₂ but mixed with the gases resulting from other combustion residues such as SO, NO and CO. Due to the mixing of the various exhaust gases so that combustion in the combustion chamber becomes imperfect causing exhaust gas/soot to form and increase the smoke opacity of diesel engine.

The graph above also shows the greatest opacity value happens on the injection duration Cold EGRICS 25 ms with engine speed 2000 rpm and the smallest at 15 ms with engine rotation 800 rpm. This is due to the longer duration of Cold EGRICS injection and the higher the engine rotation, the fuel requirements increase and the air supply for combustion is also higher, while the incoming air is not only O₂ gas but mixed with the exhaust gases which causes O₂ gas is not burning perfectly and causing soot and increased smoke opacity.

However, compared to some previous studies using Hot EGRICS system that can increase smoke opacity by more than 100%, the Cold EGRICS system has only slightly increased smoke opacity with an average increase of 18.5%. This is due to

Cold EGRICS before the exhaust gas is injected back to the intake manifold first cooled by cooler with air flow cooler, thereby reducing the exhaust gas temperature entering the intake manifold.

When viewed from the smoke formation process and the emission of NO_x (nitrogen oxide), these two pollutants are in contrast to their appearance. Smoke is formed when the fuel is not able to mix well with oxygen so that the combustion reaction is not perfect, in such conditions the combustion temperature is not too high so that NO_x is not much formed. Therefore, it can also be concluded that with an average smoke opacity increase of 18.5% cause the emission of NO_x that is formed is also small so that minimize the occurrence of air pollution and environment.

4. CONCLUSION

Based on the research that has been done, it can be concluded that setting the exact duration of Cold EGRICS injection is at 15 ms because it produces the lowest smoke opacity on every engine speed. The use of Cold EGRICS is also more efficient than Hot EGRICS because the smoke opacity increase in Cold EGRICS is smaller than Hot EGRICS which is 18.5% so it can lower the level of NO_x that is formed from the diesel engine exhaust gas. Then the way injecting the injection model using ECU control is better when compared with the conventional EGR insertion (vacuum valve), this is evidenced by the relatively low smoke increase and adjusted to the engine speed.

5. MMM

The author would like to thank the chairman and team members as well as all those who have cooperated and assisted in completing all these research activities so that they can be done well.

6. REFERENCES


- [1] Genessan, V., "Internal Combustion Engine Second Edition", The Mc Grow-Hill, 2004
- [2] Gerianto, Indrajaya, Ariana, I M., dan Umam, Khairul Umam, "Optimalisasi Rasio Exhaust Recirculation (EGR) pada Berbagai Pembebanan Motor Diesel dengan Pemodelan Simulasi", Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2009
- [3] Setiyo, P., Wijang, "Pengaruh Cold EGR (Exhaust Gas Recirculation) terhadap Gas Buang pada Mesin Diesel", Universitas Diponegoro, 2011
- [4] Hendrajat, Muhammad, "Studi Eksperiment Penggunaan Water Scrubber Untuk



Meningkatkan Kinerja dari Sistem Exhaust Gas Recirculation (EGR) dalam Mereduksi NOx Pada Motor Diesel”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2011

- [5] Adi, I Ketut, “Pengaruh Resirkulasi Emisi Gas Buang terhadap Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor Empat Langkah”, Tesis Magister, Universitas Udayana, 2015

Lampiran 3. Surat Rekomendasi Kesbangpol

**PEMERINTAH KOTA PADANG**
KANTOR KESATUAN BANGSA DAN POLITIK
Komplek Balakota Padang, Jl. Bagindo Aziz Chan No. 1, By. Pass Aia Pacah Padang

REKOMENDASI
Nomor : 200.10.3234/Kesbangpol/2017

Kepala Kantor Kesbangpol Kota Padang setelah membaca dan mempelajari :

a. Dasar :

- Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2014 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 64 Tahun 2011 tentang Pedoman Penerbitan Rekomendasi Penelitian,
- Surat dari : Ketua Tim Fak.Teknik Jur.Teknik Otomotif UNP
Nomor : -- tanggal 19 Oktober 2017

b. Surat Pernyataan Penanggung Jawab penelitian Ybs. tanggal 19 Oktober 2017

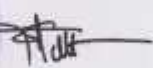
Dengan ini memberikan persetujuan Penelitian/ Survey/ Pemetaan/ PKL/ PBL (Pengalaman Belajar Lapangan di wilayah Kota Padang sesuai dengan permohonan yang bersangkutan :

Nama : **Wagino, S.Pd,M.Pd.T**
Tempat/Tanggal Lahir : Ciamis , 05 April 1975
Pekerjaan/Jabatan : Dosen
Alamat : Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Barat
Nomor Handphone : 081363099241
Maksud Penelitian : Penelitian Dosen Pemula
Lama Penelitian : 1 (satu) bulan
Judul Penelitian/Survey/PKL : **Analisis Pengaruh Penggunaan Egries Pada Mesin Diesel Terhadap Emisi NOX**
Tempat Penelitian : Workshop Otomotif Fak.Teknik UNP dan Pengujian Kendaraan Dinas Perhubungan Kota Padang
Anggota Rombongan : 5 (lima) orang, nama-nama terlampir

Dengan ketentuan sebagai berikut :

- Berkewajiban menghormati dan mentaati Peraturan dan Tata Tertib di Daerah setempat/Lokasi Penelitian.
- Pelaksanaan Penelitian agar tidak disalahgunakan untuk tujuan yang dapat mengganggu Kestabilan Keamanan dan Ketertiban di Daerah setempat/ lokasi Penelitian.
- Melaporkan hasil penelitian dan sejenisnya kepada Walikota Padang melalui Kantor Kesbang dan Politik Kota Padang dalam kesempatan pertama.
- Bila terjadi penyimpangan dari maksud/ tujuan penelitian ini, maka Rekomendasi ini tidak berlaku dengan sendirinya.

Padang, 19 Oktober 2017
An, Walikota Padang
Kepala Kantor Kesbang dan Politik
Kasi, Politik dan Kewaspadaan Nasional


BOBY FIRMAN, SIP.MM
NIP.198001172011011004

Diteruskan kepada :

- Yth : Ketua Tim Fak. Teknik Jur. Teknik Otomotif UNP
- Yth : Yang bersangkutan
- Pertinggal.

Lampiran 1. Data Tim Peneliti

NO.	Nama	Jabatan
1	Wagino, S.Pd, MPd. T	Dosen (Ketua Tim)
2	Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si	Dosen (Anggota 1)
3	Dori Yuvenda, S.Pd, M.T	Dosen (Anggota 2)
4	Anggi Maragusman	Mahasiswa (Pembantu Penelitian)
5	Beni Giovani	Mahasiswa (Pembantu Penelitian)
6	Sugiatono	Mahasiswa (Pembantu Penelitian)

Lampiran 4. Surat Tanda Terima Alat Penelitian

TANDA TERIMA ALAT PENELITIAN DOSEN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wagino, S.Pd, M.Pd.T
NIP : 197504052003121002
Jabatan : Lektor
Jurusan : Teknik Otomotif FT UNP

Judul Penelitian :

ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN *EXHAUST GAS RECIRCULATION WITH INJECTION CONTROL SYSTEM (EGRICS)* PADA MESIN DIESEL TERHADAP EMISI GAS BUANG NO_x

Nama Alat :

SISTEM EGRICS PADA ENGINE STAND MESIN DIESEL ISUZU PANTHER

Dikerjakan secara

Individu

Kelompok

Telah menyerahkan alat tersebut kepada Jurusan Teknik Otomotif melalui pengelola barang jurusan.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yang menerima,
Pengelola Barang
Jurusan Teknik Otomotif FT UNP



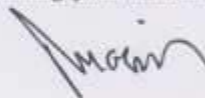
Ilham, A.Md
NIP. 19900602 201504 1 003

Padang, 27 November 2017,
Yang menyerahkan,
Ketua Peneliti,



Wagino, S.Pd, M.Pd.T
NIP. 197504052003121002

Mengetahui
Kepala Labor Pengujian Jurusan Teknik Otomotif FT UNP



Drs. M. Nasir, M.Pd
NIP. 195903171980101001

Lampiran 5. Rincian Penggunaan Anggaran

Rincian Penggunaan Anggaran Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (jam/minggu)	Minggu	Honor/jam Honor(Rp)	Honor (Rp)
A.	Honorarium (30%)				
	a. Ketua	10	40	5.500	2.200.000
	b. Anggota 1	10	40	5.000	2.000.000
	c. Pembantu peneliti 1 (mahasiswa)	10	16	5.000	800.000
	d. Pembantu peneliti 2 (mahasiswa)	10	16	5.000	800.000
	e. Pembantu peneliti 3 (mahasiswa)	10	16	5.000	800.000
Jumlah A					6.600.000
B.	Bahan habis pakai, Peralatan dan Operasional Kegiatan (40%)	Justifikasi	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
	a. Pembuatan ECU	Pembuatan alat	1	3.500.000	3.500.000
	b. Gas injector	Pembuatan alat	1	1.200.000	1.200.000
	c. Filter EGR	Pembuatan alat	1	160.000	160.000
	d. Pembuatan Pendingin EGR	Pembuatan alat	1	1.000.000	1.000.000
	d. Pipa EGR	Pembuatan alat	1	200.000	200.000
	e. Slang Gas	Pembuatan alat	1	60.000	60.000
	f. Katup Pengatur Tekanan	Pembuatan alat	1	100.000	100.000
	g. Kabel-kabel	Pembuatan alat	1	100.000	100.000
	h. Speed sensor	Pembuatan alat	1	500.000	500.000
	i. Baut-baut	Pembuatan alat	40	1.500	60.000
	j. Konektor/sambungan	Pembuatan alat	5	5.000	25.000
	k. Kertas A4 70 gr	Laporan/arsip	3	35.000	105.000
	l. Catridge printer Canon MP 287	Pencetakan	1	175.000	175.000
	m. Oli mesin	Bahan	5	40.000	200.000
	n. Bahan bakar	Bahan	10	5.500	55.000
	o. Sewa mobil untuk uji alat ke balai pengujian di Mata Air Padang	Proses penelitian	1	500.000	500.000
	p. Konsumsi tim selama pembuatan alat (pengelasan, gerinda dan lain-lain)	Proses penelitian	40	20.000	800.000
	q. Materai 6 ribu	Pembuatan laporan	10	6.000	60.000
	r. Pajak PPN 105% bahan yang dibeli	Proses penelitian	0	-	-
Jumlah B					8.800.000

C.	Transportasi (20%)	Justifikasi	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
	a.Subsidi BBM Ketua Peneliti	40 minggu proses penelitian	40	34.500	1.380.000
	b. Subsidi BBM Anggota Peneliti 1	40 minggu proses penelitian	40	34.500	1.380.000
	c. Subsidi BBM Pembantu Peneliti 1	16 minggu proses penelitian	16	34.150	546.400
	c. Subsidi BBM Pembantu Peneliti 2	16 minggu proses penelitian	16	34.150	546.400
	c. Subsidi BBM Pembantu Peneliti 3	16 minggu proses penelitian	16	34.150	546.400
Jumlah C					4.399.200
D.	Lain-lain (10%)				
	a. Penggandaan dan Penjilidan Proposal	Proposal	4	50.000	200.000
	b. Penggandaan dan Penjilidan Laporan	Pelaporan	4	100.000	400.000
	c. Honorarium pembuatan artikel untuk publikasi ilmiah	Publikasi	1	750.000	750.000
	d. Pajak honorarium ketua dan anggota peneliti	Pelaporan	1	475.000	475.000
	d. Pajak honorarium pembuatan artikel	Pelaporan	1	375.800	375.800
Jumlah D					2.200.800
Jumlah Total (A+B+C=D)					22.000.000