

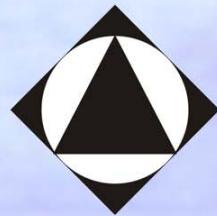
ISSN 1693 - 3168

PROSIDING



SEMINAR NASIONAL IX **REKAYASA DAN APLIKASI TEKNIK MESIN DI INDUSTRI**

Gedung 12 Lantai 3 Kampus ITENAS
Bandung, 9-10 November 2010



Penyelenggara :
**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL (ITENAS) - BANDUNG**

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL IX
Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri
Itenas, Bandung, 9 November 2010**

Editor:

**Dr. M. Alexin P.
Ir. Encu Saefudin, MT.
Yusril Irwan, MT.
Marsono, MT.
Noviyanti Nugraha, MT.
Tito Shantika, M.Eng.
Liman Hartawan, ST.**

Pengarah :

**Prof. Dr. Ir. Aryadi Suwono
Prof. Ir. Partosiswojo
Dr. Ir. Ari Darmawan Pasek
Dr. Ir. Abdurrachim
Dr. Ir. Agus Hermanto, MT.
Dr. Irfan Hilmy
Ir. Syahril Sayuti, MT.
Dr. Ing. M. Alexin P.**

Desain Sampul :

Muhammad Ridwan, MT.

ISSN 1693 - 3168

Cetakan Pertama, November 2010

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip, memperbanyak atau menterjemahkan sebagian atau seluruh isi buku tanpa ijin dari Jurusan Teknik Mesin, ITENAS.

PENGANTAR

Assalamu'alaikum. warahmatullahi wabarrakatuh,

Pertama-tama marilah kita panjatkan Puji Syukur ke hadirat Allah SWT, karena atas izin dan karunia-Nya kita dapat bertemu dan bersilaturahmi dalam seminar di kampus Itenas-Bandung. Semoga seminar ini dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan tujuannya.

Seminar ini merupakan agenda tahunan civitas akademika Jurusan Teknik Mesin, FTI – Itenas, yang sudah dimulai sejak tahun 2002. Seminar ini diharapkan menjadi forum diskusi dan tukar informasi kegiatan studi dan penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti dari perguruan tinggi (dosen dan mahasiswa), instansi penelitian maupun praktisi industri, khususnya yang terkait dengan bidang teknik mesin, sehingga dapat meningkatkan sinergi diantara keduanya.

Pada seminar kali ini, panitia telah berhasil menghimpun 11 makalah. Makalah dikelompokkan ke dalam lima sub topik yaitu Teknologi Konversi Energi, Teknologi Manufaktur dan Metrologi, Teknologi Bahan dan Material Komposit, Teknologi Perancangan dan Pengembangan Produk, dan Teknologi Sistem Kendali dan Pemrosesan Sinyal.

Dalam kesempatan ini, perkenankan kami menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada seluruh penyaji makalah, peserta, civitas akademika Jurusan teknik Mesin, FTI – Itenas, dan semua pihak yang telah berpartisipasi aktif sehingga seminar ini dapat terselenggara. Semoga kerjasama yang telah kita bangun selama ini dapat terus ditingkatkan dimasa-masa mendatang. Mohon maaf atas segala kekurangan dan kekhilafan.

Akhir kata kami mengucapkan selamat mengikuti seminar, semoga semua gagasan dan pikiran yang berkembang selama seminar ini, dapat tercatat sebagai sumbangsiah yang bermanfaat untuk kejayaan bangsa dan Negara kita.

Wabillahi taufiq walhidayah, Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Bandung, 1 November 2010
Jurusan Teknik Mesin, FTI – Itenas

Encu Saefudin, Ir., MT
Ketua

***Seminar Nasional - IX
Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri
Kampus ITENAS - Bandung, 9-10 November 2010***



DAFTAR ISI

PENGANTAR	Hal
DAFTAR ISI	ii
	iii
TOPIK TEKNOLOGI PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK	TPPP
01 Analisis Statik Struktur Mesin Pematik Log Jamur Tiram Berkapasitas 300 Log/Jam dengan menggunakan Cosmosworks 2004 TM (Encu Saefudin dan Tito Shantika)	01
02 Analisis <i>Target Stok Level</i> Pada Perencanaan Persediaan Material (Slamet Setio Wigati)	02
03 Pembuatan dan Pengujian Prototipe Mesin Pencetak Batu Bata Merah (Marsono dan Encu Saefudin)	03
04 Implementasi Metode Poke Yoke untuk Meningkatkan <i>Usability</i> dari <i>Consumer Products</i> (The Jaya Suteja)	04
05 Perancangan Mekanisme <i>Back Lift</i> (Tito Shantika dan Encu Saefudin)	05
06 Perancangan Mesin Pengupas Kulit Ari Kacang Tanah (Ali)	06
07 Perancangan Mesin Penghancur Tongkol Jagung Kapasitas 40 Kg/Jam menggunakan Mechanical Design Process Terintegrasi (Ali)	07
TOPIK TEKNOLOGI BAHAN DAN MATERIAL KOMPOSIT	TBMK
01 Meningkatkan Kekerasan Permukaan Sparepart Lokal Kendaraan Bermotor dengan cara Karburasi Cair (Yusril Irwan)	01
02 Pengaruh Temperatur Anil Rekrystalisasi terhadap Mikrostruktur dan Sifat Mekanik Pelat Kuningan 70/30 (Dedi Priadi, Mirza Wibisono, Aridho Obstrian, dan Marlin Wijaya)	02
03 Studi Analisis Pengaruh Kekuatan <i>Backing Plate</i> Blok Rem Komposit Kereta Api (Agus Triono, Harsa Delanis Sembiring, dan IGN Wiratmaja Puja)	03
04 Usaha Meningkatkan Kekerasan Dan Ketahanan Aus Baja HSS dengan Teknik Plasma Nitriding (Viktor Malau)	04
05 Optimasi Suhu dan Lama Curing Bahan Gesek Kampas Rem dari Serbuk Tempurung Kelapa dan Karakterisasi Sifat-Sifat Mekaniknya (Sutikno, Sukiswo, Nikola, dan Putut Marwoto)	05

***Seminar Nasional - IX
Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri
Kampus ITENAS - Bandung, 9-10 November 2010***



06	Analisis Visual untuk Perhitungan Initial Damage pada Sambungan Adhesive (Irfan Hilmy, Yusril Irwan)	06
07	Pengaruh Tekanan Elektroda Terhadap Strukturmikro, Kekerasan dan Ketangguhan <i>Nugget</i> Hasil Las Titik Skala Industri Rumahan (Yurianto)	07
TOPIK TEKNOLOGI KONVERSI ENERGI		TKE
01	Perangkat Lunak Konveksi Internal Flow (Muhammad Ridwan, Liman Hartawan, dan Tri Sigit Purwanto)	01
02	Penerapan Sistem Injeksi Langsung (<i>Gasoline Direct Injection</i>) Pada Motor Bensin 2 Langkah (Kristyadi T)	02
03	Penelitian Eksperimental Alat Penghemat Bahan Bakar Elektolisa Air Pada Mesin Sepeda Motor (Mohammad Alexin Putra, Okky Priambodo Rahardjo, Deni Ramdani, Liman Hartawan)	03
04	Analisis Audit Energi Pada PT. Nikkatsu Electric Works (Nasrun Haryanto dan Siti Saodah)	04
05	Pengembangan Sistem Hybrid Photovoltaik dan Genset untuk Kebutuhan Energi di BTS Telekomunikasi (Teguh Arfianto dan Siti Saodah)	05
06	Exergy Analysis of Grid-Connected Photovoltaic Array System (Dani Rusirawan, István Seres, and István Farkas)	06
TOPIK TEKNOLOGI SISTEM KENDALI DAN PEMROSESAN SINYAL		TSKPS
01	Perancangan Sistem Kendali Miniatur Lift Tiga Lantai (Liman Hartawan, Tito Shantika, Muhammad Ridwan dan Tri Sigit Purwanto)	01
TOPIK TEKNOLOGI MANUFAKTUR DAN METROLOGI		TMM
01	Pembuatan Dan Pengujian Mesin Pengaduk (<i>Mixer</i>) Bahan Batu Bata Merah Berkapasitas 20 Buah Bata Per Proses (Encu Saefudin dan Marsono)	01
02	Hubungan Matematis Kecepatan Putar Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan Studi Kasus Mesin Freis CNC TU-3A (Syahril Sayuti)	02

TOPIK MAKALAH:
TEKNOLOGI KONVERSI ENERGI
(TKE)



**SEMINAR NASIONAL IX
REKAYASA DAN APLIKASI TEKNIK MESIN
DI INDUSTRI**



Perangkat Lunak Konveksi *Internal Flow*

Muhammad Ridwan¹, Liman Hartawan², Tri Sigit Purwanto³, dan
 Aisyah Aulianisa⁴

^{1,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
 Institut Teknologi Nasional

Jl. PKH. Mustapa No. 23, Bandung 40124

²Program studi Instrumentasi dan Kontrol, Fakultas Teknologi Industri
 Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha no. 10, Bandung

ridwan@itenas.ac.id, liman@itenas.ac.id, trisigitp@itenas.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bermaksud untuk membuat suatu atau program aplikasi yang dapat digunakan untuk menentukan parameter-parameter pada laju perpindahan panas konveksi Internal Flow dalam waktu yang singkat dan dengan keakuratan yang tinggi. Program ini dibuat dengan menggunakan Macro (VBA) pada Microsoft Excel 2007. Parameter yang dapat dicari oleh program ini adalah, laju perpindahan panas, heat flux, heat generation, dimensi, temperatur fluida, temperatur permukaan saluran, dan sifat-sifat fluida. Program ini dapat menganalisa untuk tiga jenis geometri dasar yaitu, perpindahan panas pada pipa silinder, pada pipa non silinder dan pada pipa annulus konsentrik.. Dari hasil pengujian, pengerjaan perhitungan kasus-kasus perpindahan panas internal flow dapat dilakukan dengan lebih mudah dan menghemat waktu, sangat efisien. Persentasi keakuratan dalam menghitung laju perpindahan panas sebesar 99,88 %.

Kata Kunci : *Perangkat Lunak, Konveksi Internal Flow, Macro (VBA) Microsoft Excel 2007*



PENERAPAN SISTEM INJEKSI LANGSUNG (GASOLINE DIRECT INJECTION) PADA MOTOR BENSIN 2 LANGKAH

Kristyadi T, S Abidin, Ginanjar A
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional
Jl. PKH. Mustapha No. 23, Bandung 40124

Abstrak

Sejalan dengan perkembangan teknologi otomotif yang sangat pesat, maka sistem penghematan bahan bakar dituntut untuk bisa diterapkan pada motor bensin 2-langkah yang dikenal sebagai motor bakar sederhana dengan daya spesifik yang tinggi. Salah satu teknik yang dapat diandalkan untuk mengurangi pemakaian bahan bakar serta emisi gas buang yaitu dengan sistem injeksi langsung (Gasoline Direct Injection).

Dari hasil pengujian didapat bahwa gasoline direct injection memberikan kinerja prestasi lebih baik dibandingkan dengan sistem karburator dengan perbaikan rata-rata sebesar 50%. Prestasi tersebut diantaranya: peningkatan daya, peningkatan laju massa udara sebenarnya, peningkatan rasio campuran bahan bakar-udara, peningkatan efisiensi termal, dan peningkatan efisiensi pembilasan.

Selain itu, gasoline direct injection juga mampu memperbaiki emisi gas buang yang dapat membahayakan manusia serta makhluk hidup lainnya seperti: emisi hidrokarbon (HC) menurun sekitar 26% dan emisi karbon monoksida (CO) menurun sekitar 5%.

Kata kunci: gasoline direct injection, motor 2 langkah, emisi, pembilasan.

1. Pendahuluan

Sejalan dengan perkembangan teknologi otomotif yang sangat pesat, maka sistem penghematan bahan bakar dituntut untuk bisa diterapkan pada motor bensin 2-langkah yang dikenal sebagai motor bakar sederhana dengan daya yang tinggi. Kekurangan pada motor bakar ini adalah pemakaian bahan bakar yang relatif boros dan emisi gas buang yang tinggi. Karena tingkat emisi dan tingkat konsumsi bahan bakar yang tinggi pada motor bensin 2-langkah, maka perlu dilakukan perbaikan pada sisi pemasukan bahan bakar

Salah satu teknik yang dapat diandalkan untuk mengurangi pemakaian bahan bakar serta emisi gas buang yaitu dengan sistem injeksi langsung (GDI *Gasoline Direct Injection*). Pada prinsipnya, GDI mempunyai *nozzle injector* yang berfungsi menyemprotkan bahan bakar langsung diruang bakar sehingga pemakaian bahan bakar lebih efisien serta dapat mengurangi emisi gas buang. Dengan penerapan sistem ini diharapkan kelemahan yang ada pada motor 2 langkah dapat diatasi.

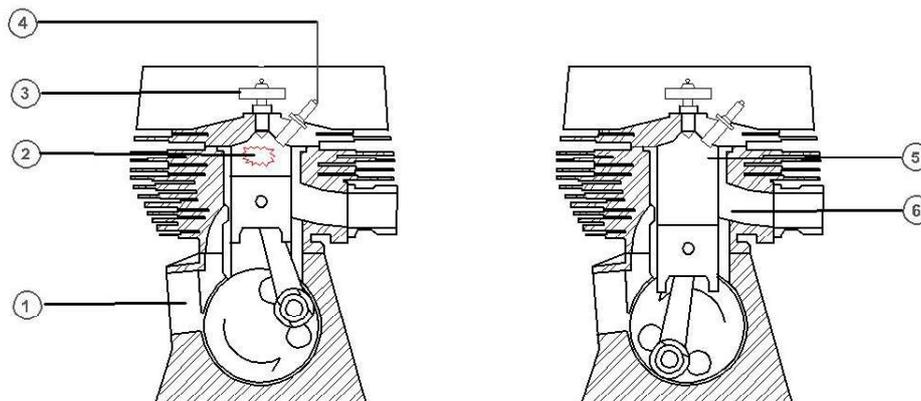
2. Sistem Injeksi Langsung Pada Motor 2 Langkah

Sistem injeksi langsung pada motor bensin 2-langkah atau dikenal dengan istilah *Gasoline Direct Injection* (GDI) merupakan pengembangan sistem bahan bakar yang menggabungkan keuntungan motor bensin dengan motor diesel. Penerapan sistem ini pada motor bensin 2-langkah dimaksudkan untuk menekan bahan bakar, meningkatkan daya, dan menaikkan efisiensi motor bensin 2-langkah.

Secara teori, sistem injeksi langsung memiliki prestasi yang lebih baik dibandingkan dengan sistem karburator, karena :

- 1) Efisiensi termal lebih tinggi
Karena bahan bakar yang diinjeksikan memiliki temperatur yang tinggi dan digunakan sebagai kerja mekanis, maka motor dapat menghasilkan daya tinggi dengan pemakaian bahan bakar rendah.
- 2) Efisiensi pembilasan lebih tinggi
Hal ini terjadi karena lebih besarnya aliran massa udara hisap pada saluran masuk.
- 3) Pemakaian bahan bakar lebih rendah
Hal ini terjadi karena bahan bakar langsung dikabutkan ke dalam silinder (ruang bakar), sehingga memungkinkan motor beroperasi pada campuran bahan bakar-udara miskin dan menurunkan kerugian bahan bakar akibat pembilasan, dimana tidak ada bahan bakar yang terbuang keluar.

Pada sistem injeksi langsung, pembentukan campuran terjadi didalam silinder dan durasi pencampuran sangat cepat. Campuran bahan bakar-udara yang terbentuk merupakan campuran *stratified* (tidak homogen). Daerah yang kaya berada disekitar busi, sedangkan pada bagian yang lainnya miskin.



Gambar 1 Proses kerja motor bensin 2-langkah sistem injeksi langsung

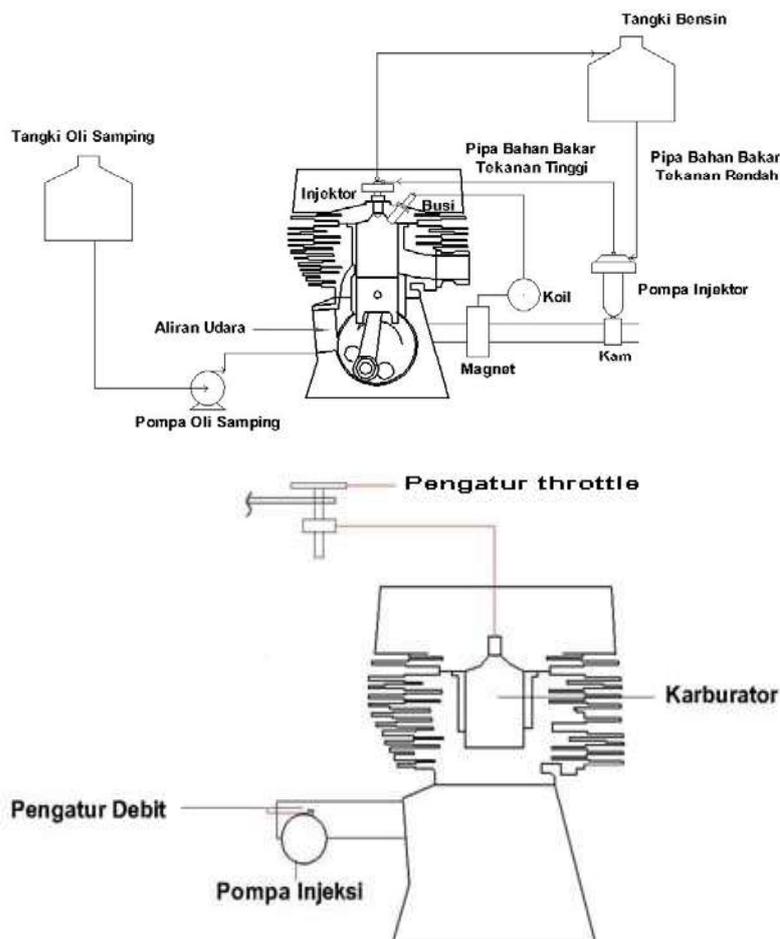
1. Aliran udara masuk
2. Proses pembakaran
3. Bahan bakar diinjeksikan injektor setelah lubang buang tertutup
4. Busi menyala sebelum torak mencapai TMA
5. Pembilasan
6. Aliran gas buang

Pembilasan pada motor bensin 2-langkah sistem injeksi langsung tidak berbeda dengan pembilasan motor bensin 2-langkah sistem karburator. Pada sistem injeksi langsung, pemasukan bahan bakar dan udara ke dalam silinder berlangsung secara terpisah.

Udara terhisap ke dalam ruang engkol pada saat langkah kompresi diruang bakar sedang berlangsung, dimana pemasukan udara ke dalam ruang bakar dimulai pada sepertiga akhir langkah kerja sampai lubang transfer tertutup.

Pada proses pembilasan ini, fluida pembilas yang digunakan adalah udara. Hal tersebut menekan kerugian pemompaan dan menghilangkan kerugian bahan bakar akibat pembilasan, seperti yang terjadi pada sistem karburator. Sedangkan pemasukan bahan bakar ke dalam silinder terjadi seperti pada motor diesel, yaitu bahan bakar diinjeksikan langsung ke dalam ruang bakar.

Bagian utama system injeksi langsung yang dikembangkan adalah injector sebagai alat pemasukan bahan bakar ke dalam ruang bakar, pompa tekanan tinggi dan cam sebagai pengatur waktu injeksi serta pengatur jumlah bahan bakar dan udara (karburator dipasang hanya memanfaatkan katup throttle sebagai pengatur laju aliran udara). Diagram komponen dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Skema Penerapan system injeksi langsung pada motor 2 langkah

3. Pengaturan Jumlah Udara dan Bahan Bakar

Untuk mencapai tujuan penerapan system injeksi langsung yaitu efisiensi pemakaian bahan bakar harus tinggi, maka jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar harus tepat, sehingga di dalam ruang bakar terjadi pembakaran stoikiometrik. Sebagai acuan, perbandingan udara dan bahan bakar (AFR) untuk motor bensin adalah 14,7 : 1. Untuk mencapai hal tersebut pertama kali yang dilakukan adalah mengukur laju aliran udara yang masuk ke ruang bakar kemudian menghitung kebutuhan bahan bakar. Penentuan teknik injeksi bahan bakar didasarkan pada kebutuhan bahan bakar stoikiometrik dan jumlah bahan bakar yang dapat diinjeksikan untuk setiap kali injeksi. Untuk itu perlu dilakukan pengukuran (kalibrasi) injeksi bahan bakar untuk setiap kali injeksi. Data yang didapatkan digunakan sebagai acuan untuk pengaturan jumlah bahan bakar yang harus diinjeksikan untuk setiap putaran dan beban.

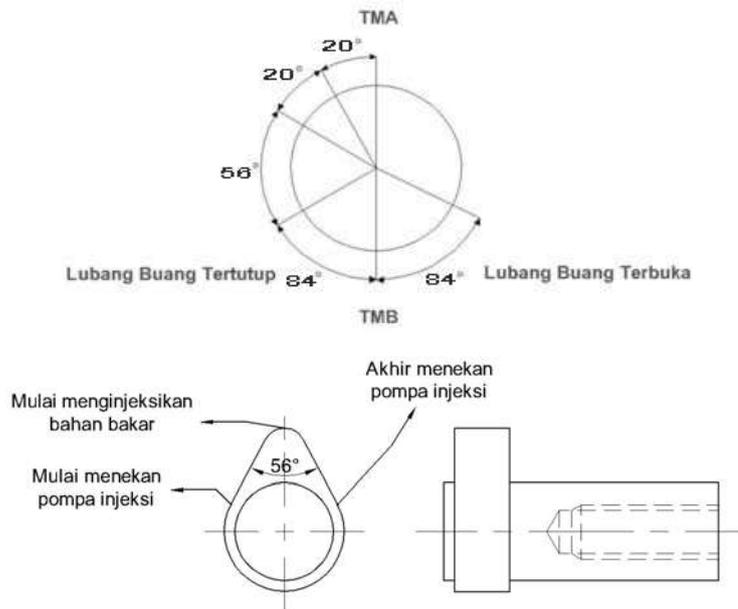
Data-data berikut adalah contoh hasil pengukuran, perhitungan dan pengaturan injeksi bahan bakar untuk beberapa kondisi.

Tabel 1 . Data pengukuran dan pengaturan injeksi bahan bakar

<i>Throttle</i> Karburator	Putaran (rpm)	Kec. Udara (m/s)	Laju Massa Udara (kg/putaran)	Laju Mbb ideal (kg/putaran)	Posisi Buka Pompa Injeksi
2 mm	1400	0,4	6,01E-05	4,09E-06	10 mm
	1800	1	1,17E-04	7,95E-06	11 mm
4 mm	1400	0,5	7,51E-05	5,11E-06	10 mm
	2400	1,4	1,23E-04	8,34E-06	11 mm
6 mm	1400	0,6	7,51E-05	5,11E-06	10 mm
	2800	2	1,35E-04	9,19E-06	12 mm
	3000	2,3	1,47E-04	1,00E-05	13 mm

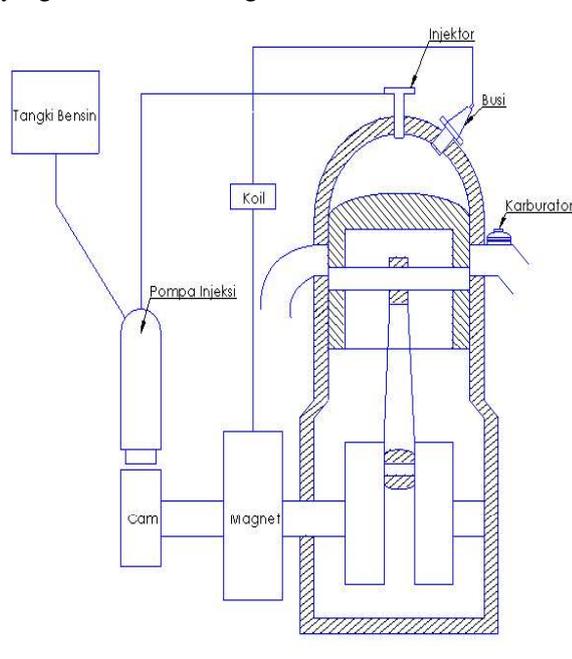
4. Pengaturan Waktu Injeksi

Pengaturan waktu injeksi dilakukan dengan menggunakan cam yang juga berfungsi sebagai penggerak pompa. Motor yang digunakan mempunyai durasi lubang buang 168°, yaitu lubang buang mulai terbuka 84° sebelum titik mati bawah (TMB) dan lubang buang tertutup 84° setelah TMB. Waktu penyalaan busi 20° sebelum Titik Mati Atas (TMA). Bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar setelah lubang buang tertutup. Untuk mencegah busi tersiram oleh bahan bakar, maka penyemprotan bahan bakar harus berakhir sebelum penyalaan busi. semakin lama waktu yang tersisa setelah proses penyemprotan pada waktu penyalaan busi, maka itu akan semakin baik karena berarti waktu pencampuran bahan bakar dengan udara (pengkabutan) akan semakin lama pula sehingga akan didapatkan campuran bahan bakar dan udara yang homogen. Pompa injeksi mulai ditekan oleh kam pada 84° setelah TMB dan kam berhenti menekan pompa injeksi 40° sebelum TMA.



Gambar 3. Cam sebagai pengatur waktu dan durasi injeksi

Skema system injeksi yang dibuat adalah sebagai berikut:



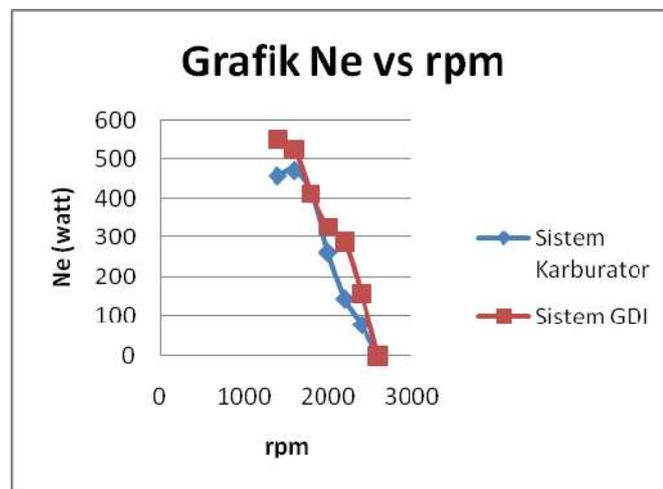
Gambar 5. Skema system injeksi yang dibuat

5. Pengujian dan Analisis

Pada tahap ini pengujian difokuskan untuk mendapatkan data prestasi, efisiensi pembilasan dan emisi. Dari data pengujian diperoleh hal-hal sebagai berikut:

1. Daya efektif

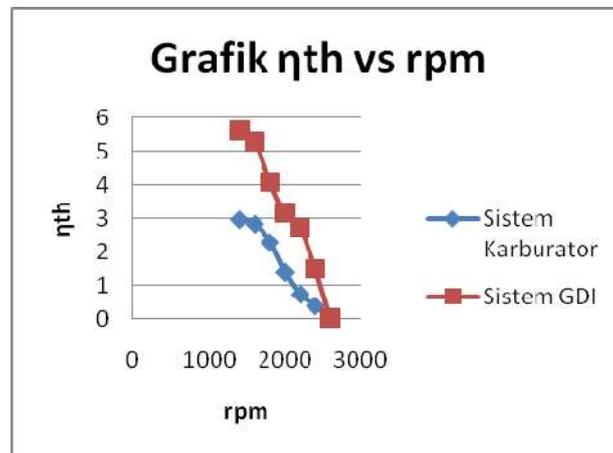
Dari hasil pengujian di dapatkan bahwa daya efektif motor dengan system injeksi langsung lebih tinggi dibandingkan dengan system karburator. Walaupun peningkatan hanya kurang dari 5 % namun dapat membuktikan bahwa penerapan system injeksi langsung lebih baik. Hal ini disebabkan oleh adanya pengurangan rugi-rugi aliran fluida bahan bakar dan udara yang melewati karburator.



Gambar 6. Grafik perbandingan daya efektif

2. Efisiensi Thermal

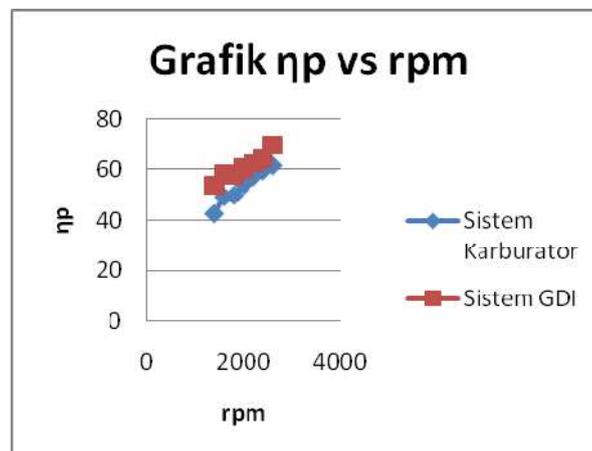
Dari hasil pengujian dan analisis didapatkan data bahwa efisiensi thermal meningkat dengan pemakaian injeksi langsung. Hal ini di sebabkan pembakaran bahan bakar menjadi lebih efektif, hamper tidak ada bahan bakar yang terbuang selama proses pembilasan. Sehingga sebagian besar bahan bakar diubah menjadi energi kalor dan diubah menjadi energi mekanik melalui proses pembakaran. Berbeda dengan system karburator di mana ada sebagian bahan bakar yang ikut terbuang bersama proses pembilasan sehingga pembakaran menjadi kurang efektif. Peningkatan efisiensi thermal dengan system injeksi langsung cukup besar sekitar 50 %. Pengujian dilakukan pada putaran dan beban yang rendah sehingga secara umum efisiensi thermal rendah untuk kedua system bahan bakar.



Gambar 7. Grafik perbandingan efisiensi thermal

3. Efisiensi Pembilasan

Dari perhitungan didapatkan bahwa efisiensi pembilasan motor dengan system injeksi langsung lebih tinggi dibandingkan dengan karburator. Pada gambar terlihat bahwa dengan menggunakan sistem injeksi langsung terjadi peningkatan rata-rata sebesar 12,7 %. Peningkatan tersebut terjadi karena pada sistem injeksi langsung media pembilas yang digunakan hanya udara. Laju aliran massa udara yang masuk ke dalam silinder memiliki debit dan kecepatan yang lebih besar sehingga memiliki kemampuan mendesak keluar gas buang lebih baik.



Gambar 8. Grafik perbandingan efisiensi pembilasan

4. Hasil Uji emisi

Uji emisi bertujuan mengetahui kadar emisi terutama emisi HC dan CO, karena yang menjadi perhatian dalam motor 2 langkah konvensional dan penelitian ini kedua emisi tersebut. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa emisi HC dan CO pada motor dengan system injeksi langsung lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan karburator.



Tabel 2. Hasil uji emisi

Parameter	Uji Emisi	
	Sistem Karburator	Sistem Injeksi Langsung
HC (ppm)	15524	9868
	16485	9837
	17092	11436
CO (%)	3,2	2,4
	2,8	2,3
	2,3	2,3

Penurunan emisi pada HC sebesar 58% dan CO sebesar 18% tersebut terjadi karena pada sistem injeksi langsung telah terjadi beberapa penyempurnaan yang telah dilakukan, diantaranya:

- ❖ Penurunan emisi hidrokarbon (HC) pada sistem injeksi langsung disebabkan karena pada proses pembilasan hanya menggunakan udara saja, sehingga kemungkinan bahan bakar yang tidak terbakar lebih sedikit daripada sistem karburator.
- ❖ Penurunan emisi karbon monoksida (CO) diakibatkan oleh campuran bahan bakar-udara bekerja pada campuran yang sedikit miskin (mendekati *stoikiometri*). Sehingga pembakaran lebih sempurna dan jumlah bahan bakar yang tidak terbakar lebih sedikit daripada sistem karburator.

6. Kesimpulan

Sistem injeksi langsung memberikan kinerja prestasi yang lebih baik dibandingkan dengan sistem karburator. Peningkatan prestasi pada sistem injeksi langsung dapat ditunjukkan dengan, peningkatan daya efektif rata-rata sebesar 24%, peningkatan efisiensi termal rata-rata sebesar 56%, peningkatan efisiensi pembilasan rata-rata sebesar 12,7%. Kadar emisi gas buang terutama CO dan HC juga menurun. Penurunan pada uji emisi untuk sistem injeksi langsung disebabkan karena pembakaran yang dihasilkan lebih sempurna dan efisien dalam penggunaan bahan bakar. Pada emisi hidrokarbon (HC) menurun sekitar 58% dan emisi karbon monoksida (CO) menurun sekitar 18%.

Daftar Pustaka

- [1] Arismunandar, Wiranto. 2002. *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- [2] R. Ferguson, Colin. 1985. *Internal Combustion Engines*. United States of America: Purdue University
- [3] Arends, BPM dan Berenschot, H. 1980. *Motor Bensin*. Jakarta: Erlangga
- [4] Soenarta, Nakoela dan Furuham, Shoichi. 1985. *Motor Serbaguna*. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- [5] Budi Santoso, Widodo. *Potensi Pengembangan Motor Bensin 2-Langkah*. Buletin IPT
- [6] Tim Asisten. 1999. *Modul Praktikum Prestasi Mesin*. Bandung: Lab Konversi Energi Teknik Mesin ITENAS
- [7] Firstiawan. 2010. *Dasar-dasar Mesin Injeksi*. Fkip.uns.ac.id
a. <http://firstiawan.student.fkip.uns.ac.id/2010/03/08/dasar-dasar-mesin-injeksi>
- [8] Amstead, B.H., Begeman, Myron L., Ostwald, Phillip F. 1993. *Teknologi mekanik jilid 2*. Jakarta