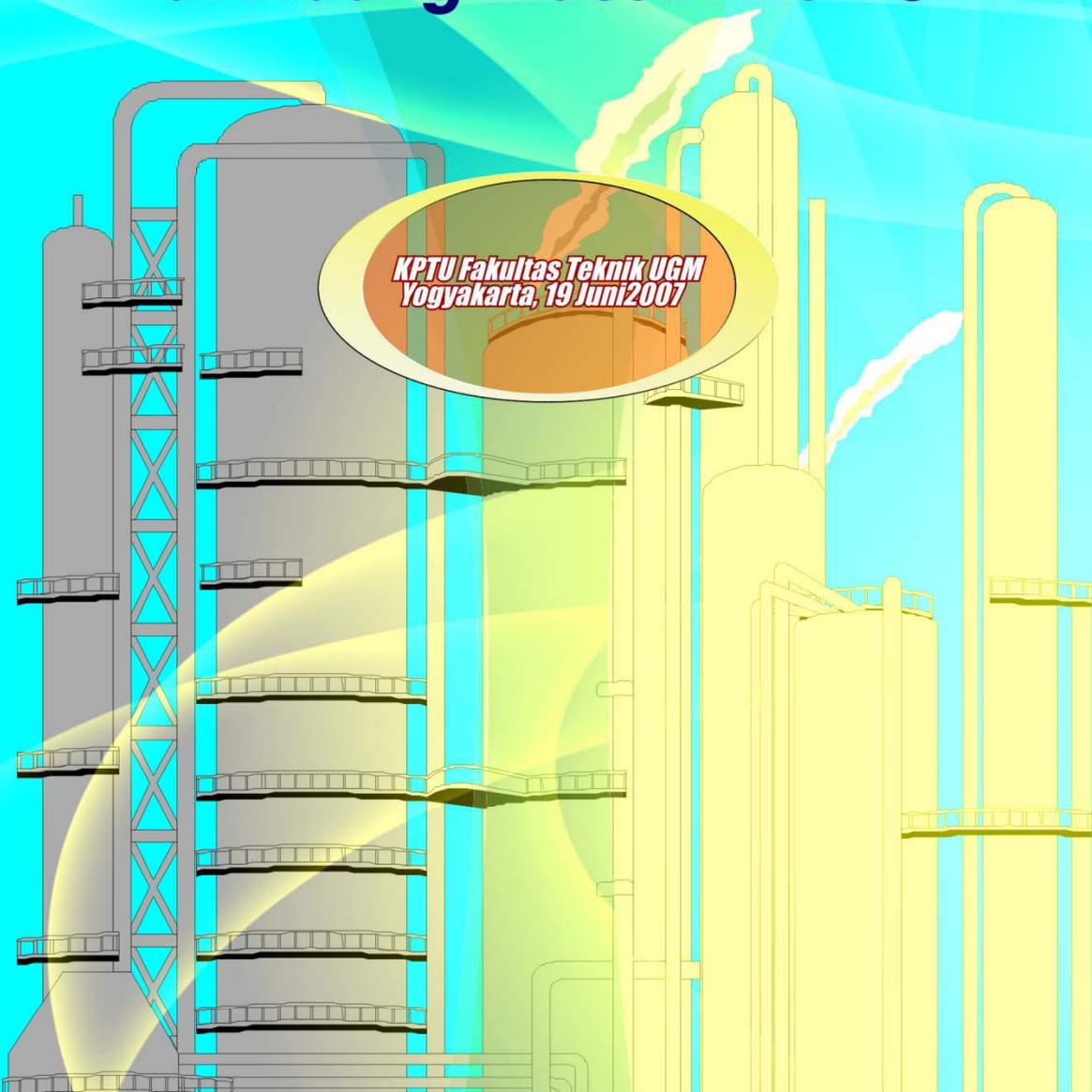


ISBN: 978-979-99266-3-0

**BUKU  
PROSIDING**

# **SEMINAR NASIONAL**

## **Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri Ke-13**

An illustration of an industrial plant with several tall towers, pipes, and walkways. The scene is set against a background of blue and green light rays. A central oval callout contains text.

**KPTU Fakultas Teknik UGM  
Yogyakarta, 19 Juni 2007**



**Pusat Studi Ilmu Teknik  
Jurusan Teknik Mesin dan Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada**

# **B U K U P R O S I D I N G**



## **SEMINAR NASIONAL**

## **PERKEMBANGAN RISET DAN TEKNOLOGI DI BIDANG INDUSTRI KE 13**

**ISBN : 978-979-99266-3-0**

Yogyakarta 19 Juni 2007  
KPTU Fakultas Teknik UGM  
Jl. Grafika 2 Yogyakarta

**Pusat Studi Ilmu Teknik  
Jurusan Teknik Mesin dan Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada**

Buku Prosiding:  
Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke 13  
Yogyakarta 19 Juni 2007  
KPTU Fakultas Teknik UGM  
Jl. Grafika 2 Yogyakarta  
Pusat Studi Ilmu Teknik bekerja sama dengan Fakultas Teknik UGM  
367 Halaman; 21 x 29 cm

**ISBN : 978-979-99266-3-0**

**Copyright © 2007, PSIT-UGM**

Not to be commercially reproduced by any means without written permission  
Printed in Yogyakarta, June 2007  
Organizing committee

## **Organizing Committee**

### **Panitia Pengarah:**

**Dr. M. Noer Ilman, ST. MSc.**  
**Dr. Ir. I Made Suardjaja, MSc.**  
**Dr. Ir. Rochmadi, SU.**  
**Dr. Ir. Victor Malau, DEA.**  
**Dr. Ir. Hary Sulisty, SU.**  
**Dr. Ir. Edia Rahayuningsih MS.**

### **Panitia Pelaksana:**

**Ketua : Dr. Ir. Sarto, MSc.**  
**Wakil Ketua : Dr. Ing. Ir. Harwin Saptoadi, MSE.**  
**Sekretaris : Dr. Ir. Rini Dharmastiti, MSc.**  
**Ir. Aswati Mindaryani, MSc.**  
**Bendahara : Ir. Suprihastuti Sri Rahayu, MSc.**

## **KATA PENGANTAR**

Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke-13 tahun 2007 terlaksana atas kerjasama antara Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin dan Teknik Kimia dengan Pusat Studi Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada. Seminar ini diharapkan berperan sebagai wahana penyebarluasan dan *sharing* informasi terbaru yang diperoleh dari hasil penelitian, operasi pabrik dan praktek lain yang berhubungan dengan industri. Dengan seminar ini juga diharapkan akan terjadi interaksi yang sinergis antara para akademisi, peneliti dan praktisi bidang industri yang akan membawa kemajuan bagi industri nasional dan pendidikan teknik yang berhubungan dengan penyiapan tenaga kerja unggul bidang industri.

Seminar Nasional ini diselenggarakan pada tanggal 19 Juni 2007 di Kantor Pusat Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Seminar ini menghadirkan 59 makalah yang dipresentasikan selama 1 hari. Topik makalah diklasifikasikan dalam 6 bidang yang meliputi: Bahan Teknik/Mekanika Bahan, Perpindahan Panas dan Massa, Teknik Reaksi/Pembakaran, Mekanika Fluida, Pengolahan Limbah dan Pencemaran Lingkungan, Teknik Industri.

Prosiding seminar ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai perkembangan paling mutakhir dalam bidang riset dan teknologi di bidang Industri di Indonesia. Panitia telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyusun semua makalah dalam bentuk prosiding yang representatif, namun masukan dan kritik dari para pembaca masih sangat diharapkan.

Seminar ini dapat terlaksana dengan sukses berkat partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Panitia mengucapkan terima kasih kepada para pemakalah, para sponsor dan donatur (PT KIEC, PT. KMI, PT KPI, PT Global Haditech, Bank Mandiri Cabang MM UGM) dan juga kepada para mahasiswa yang telah membantu jalannya acara seminar.

Yogyakarta, 19 Juni 2007

Panitia Seminar

# DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ORGANIZING COMMITTEE</b>	iii
<b>KATA PENGANTAR</b>	iv
<b>DAFTAR ISI</b>	v
 <b>BAHAN TEKNIK/ MEKANIKA BAHAN</b>	
Uji kekerasan biokomposit hidroksiapatit <i>glass ionomer cement</i> <i>Abdul R., Alva Edy T., dan Suryono</i>	1 - 1
Studi sifat fisis dan mekanis komposit tembaga / karbon <i>Agung Mataram dan Heru SB Rochardjo</i>	1 - 4
Pengaruh variasi heat input terhadap ketangguhan sambungan las tak sejenis pada baja karbon A36 dan stainless steel 304 dengan teknik pengelasan SMAW <i>Agus Hariyanto dan M. Noer Ilman</i>	1 - 9
Disain pengukuran Temperatur untuk memantau Kebakaran lingkungan Berbasis IC 4553 <i>Aminuddin dan Nana Sutarna</i>	1 - 14
Pengaruh tekanan terhadap laju perambatan retak fatik Al-6%Si-2%Fe dengan pengecoran squeeze <i>Arif Wahyudiono, Priyo Tri Iswanto, dan Suyitno</i>	1 - 20
Pengaruh tekanan pada pengecoran squeeze terhadap sifat fisis dan mekanis paduan AL-6,4%Si-1,93%Fe <i>Helmy Purwanto, Suyitno, Priyo Tri Iswanto</i>	1 - 25
Pengembangan metode equal channel angular pressing (ECAP) pada aluminium 1050 <i>Hera Setiawan, dan Suyitno</i>	1 - 30
Pengaruh Sr atau Tib terhadap struktur mikro paduan Al-6% Si pada metode pembekuan searah <i>Imam Basori dan Suyitno</i>	1 - 34
Fabrikasi dan karakterisasi xrd hidroksiapatit dari gipsum alam Kulon Progro <i>Joko Sedyono, A.E. Tontowi dan I.D. Ana</i>	1 - 38
Pengaruh Grain refiners titanium - boron terhadap sifat mekanik paduan Al-Si <i>Kirmen SP, Sofyan Djamil</i>	1 - 43
Studi korosi pada pengelasan dissimilar baja tahan karat (AISI 304) dan baja karbon rendah (St 42) dengan variasi post weld heat treatment <i>M. Wahyu Nugroho, M. Wasis Wildan, M. Noer Ilman</i>	1 - 48
Uji kompresi scaffold komposit hidroksiapatit-gelatin <i>N. Nugroho, A.E. Tontowi dan I.D. Ana</i>	1 - 54
Studi gelombang akustik dengan metode discontinuous galerkin orde tinggi dalam mesh tak-berstruktur <i>Pranowo</i>	1 - 58
Pengaruh jarak ke titik pusat billet terhadap komposisi struktur mikro, kekerasan dan ketangguhan pada billet paduan Al-Cu <i>R Magga dan Suyitno</i>	1 - 65
Pengembangan produk alat bantu jalan penderita polio (orthotic) <i>Rini Dharmastiti, Subagio, Purnomo, Suwartoyo, Stevanus D. K, Ari Iman S dan Handyanto</i>	1 - 69
Peningkatan ketahanan laju perambatan retak fatik sambungan las busur terendam melalui pemanasan nyala api oksidasi-asetilen <i>Sigit Iswahyudi, Rifky Ismail dan M. Noer Ilman</i>	1 - 73
Pengaruh implantasi ion TiN terhadap keausan bantalan bola dalam lingkungan air laut <i>Sinarep, Mudjijana, Tjipto Suyitno</i>	1 - 79
Pengaruh temperatur sintering, fraksi berat penguat dan tekanan komparasi terhadap sifat mekanis Aluminium matrix composit (AMC) <i>Subarmono, Jamasri, M. Waziz Wildan dan Kusnanto</i>	1 - 85
Pengaruh konsentrasi Cu pada proses pembekuan searah (unidirectional Solidification) paduan Al-Cu <i>Sugeng Slamet dan Suyitno</i>	1 - 90

Pengaruh penambahan SR atau TIB terhadap struktur mikro, ketangguhan dan perambatan retak fatik pada paduan Al-6% Si-0.7% Fe dan Al-6%Si-2%Fe <i>Surya Dharma dan Suyitno</i>	1 - 94
Uji karakteristik statik dan dinamik swing arm sepeda motor komersial <i>Waluyo A. Siswanto, Tri Adrianto dan Puji Saroyo,</i>	1 – 100
Pengaruh beban, kecepatan putar terhadap kenaikan suhu bantalan bola <i>Windarta dan Mudjijana</i>	1 – 105

## **PERPINDAHAN PANAS DAN MASSA**

Perpindahan kalor dua fasa (air-udara) untuk daerah slug aliran berlawanan arah <i>Agustinus Kaaf dan Purnomo</i>	2 – 1
Studi eksperimental koefisien perpindahan kalor aliran dua fasa air-udara berlawanan arah dalam pipa anulus vertikal yang dipanaskan <i>Arbiyantoro dan Purnomo</i>	2 – 6
Perpindahan panas bambu pada fluidized bed <i>Aswati Mindaryani dan Eko Wachyudiono</i>	2 – 11
Ekstraksi minyak atsiri dari Sereh Wangi dengan Pelarut n Hexana <i>Aswati Mindaryani dan Tiara Rizki Noviasari</i>	2 – 18
Koefisien Partisi Herbisida Glifosat Dalam Tanah Tidak Jenuh Air <i>Edia Rahayuningsih, Rochmadi, I Made Bendiyasa, Bostang Radjagukguk, Rendra, Murra, dan Martens</i>	2 – 25
Koefisien perpindahan kalor dua fasa udara dan air searah dalam pipa vertikal pada daerah aliran kantung (Slug flow) <i>Kunarto dan Purnomo</i>	2 – 31
Koefisien perpindahan kalor aliran dua fasa udara dan air dalam aliran annular berlawanan arah vertikal <i>Mahmudin, Samsul Kamal, Indarto dan Purnomo</i>	2 – 37
Pengaruh pemasangan bahan isian terstruktur (structured packing) pada operasi menara semi periodik <i>Sarto</i>	2 – 43

## **TEKNIK REAKSI**

Karakteristik pembakaran briket biomassa cangkang kemiri : pengaruh temperatur dinding tungku <i>Bisrul Hapis Tambunan dan Harwin Saptoadi</i>	3 – 1
Biodesel dari kemiri <i>I Wayan Dana, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma</i>	3 – 7
Briket dari cangkang biji jarak <i>I Wayan Dana, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma</i>	3 – 12
The influence of temperature and water concentration on the direct enzymatic hydrolysis process of fresh palm fruit <i>Indah Hartati, M. Endy Yulianto dan Fahmi Arifin</i>	3 – 18
Studi awal pembuatan biodisel secara enzimatik dari minyak jarak pagar <i>M. Endy Y, Anggun Puspitarini, Didik Ariwibowo, Fahmi Arifin</i>	3 – 22
Optimasi Penggunaan Mikrokapsul Oleoresin Sirih Dan Asap Cair Pada Pengawetan Bandeng (Chanos-chanos forsk) <i>Margaretha Tuti Susanti</i>	3 – 29
Karakteristik pembakaran briket biomassa cangkang kakao : efek laju aliran udara <i>Moch. Syamsiro dan Harwin Saptoadi</i>	3 – 35
Efisiensi single stage mixer-settler pada ekstraksi asam laktat dalam air dengan kerosin <i>Panut Mulyono</i>	3 – 41
Pengaruh Lama Penyinaran (Fotoperiode) Terhadap Laju Pertumbuhan Spirulina platensis <i>Sarto dan Wahyudi</i>	3 – 50
Kinetika Reaksi Oksidasi Fero Sulfat Dengan Katalisator MnO <sub>2</sub> <i>Suprihastuti Sri Rahayu, Hary Sulistyono dan Rimson Michael</i>	3 – 56
Pengembangan motor 2 langkah dengan sistem injeksi bahan bakar <i>Sutiman dan Purnomo</i>	3 – 62

## **MEKANIKA FLUIDA**

Pengaruh jumlah sudu impeler terhadap distribusi tekanan aliran gas cair dalam pompa sentrifugal <i>Aries P. Haryono, Indarto dan Hermawan</i>	4 – 1
Penurunan tekanan aliran slug-churn (gas-cair) searah ke atas pada pipa dengan pengecilan penampang mendadak <i>Atus Buku dan Indarto</i>	4 – 7
Karakterisasi torsi turbin angin poros horisontal sudu tiga dimensional <i>Danar Susilo Wijayanto dan Sutrisno</i>	4 – 13
Struktur dan karakteristik aliran fluida cair melewati nosel paralel <i>Mahmuddin</i>	4 – 19
Karakterisasi torsi turbin angin poros vertical aliran radial <i>Mustaqim dan Sutrisno</i>	4 – 25
Unjuk kerja pompa berpengerak air (Hidram) <i>Ni Ketut Caturwati dan Imam Saefulloh</i>	4 – 31
Distribusi tekanan aliran gas-cair pada pompa sentrifugal untuk berbagai viskositas cairan <i>Sabar Untoro dan Indarto</i>	4 – 36
Karakterisasi daya turbin angin kecepatan rendah dengan winglet <i>Sri Utami Handayani dan Sutrisno</i>	4 – 42
Koefisien gesek pada pipa kasar <i>Yanuar</i>	4 – 49
Kurva aliran dengan pipa kapiler <i>Yanuar</i>	4 – 55

## **TEKNIK INDUSTRI**

Evaluasi berbagai metode postur kerja untuk analisis biomekanik dan kelelahan Muskuloskeletal <i>Astuti R.D., Wijaya A.R. dan Subagyo</i>	5 – 1
Tingkat kelelahan pekerja wanita pada perusahaan garment <i>Hari Purnomo, Rini Dharmastiti, Subagyo</i>	5 - 6
Analisa postur kerja dengan metode rula dan reba di proses Fettling sebuah industri otomotif <i>Istika Muvitasari, Rini Dharmastiti</i>	5 – 12
Studi penghambabatan kadar substrat pada pertumbuhan bakteri <i>Bacillus</i> sp pembentukan polyhydroxybutyrate <i>Margono, Rochmadi, Siti Samsyah dan M. Nur Cahyanto</i>	5 – 18
Studi karakterisasi viskositas dan pengendapan lumpur lapindo Sidohardjo pengaruh konsentrasi padaan <i>Moh. Fahrurrozi, Finie Winata, Agus Prasetya, Rochmadi, Chandra W. P. dan Himawan T.B.M. Petrus</i>	5 – 24
Pengolahan limbah industri dan lingkungan di PT PUSRI <i>Sudadi dan Edy Wibowo</i>	5 – 30
Penentuan umur simpan minuman instant berbahan baku daun sirih <i>Tri Radiyati</i>	5 – 34

## **PENGOLAHAN LIMBAH**

Pemungutan Asam Oksalat dari Padatan hasil reaksi oksidasi limbah plastik poly vinyl chloride (PVC) <i>Effendi, Rochmadi, Wahyu Hasokawati, Jamasri</i>	6 – 1
--	-------

# PENGEMBANGAN MOTOR 2 LANGKAH DENGAN SISTEM INJEKSI BAHAN BAKAR

**Sutiman**

Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik UNY

E-mail : timan\_oto@yahoo.co.id

**Purnomo**

Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM

## **Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan motor 2 langkah menggunakan sistem injeksi bahan bakar sebagai upaya untuk memperbaiki kinerja mesin dan mengurangi polusi gas buang. Motor yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin motor Yamaha F1 Z, dengan kapasitas 110 cc, dan sistem injeksi bahan bakar mengaplikasikan Programmed Fuel Injection (PGM-FI) Honda Supra X. Injektor dipasang pada ujung lubang bilas dengan variasi posisi  $90^{\circ}$  dan  $180^{\circ}$  terhadap lubang buang. Perubahan timing injeksi yaitu  $10^{\circ}$  BBDC, BDC dan  $10^{\circ}$  ABDC. Pengujian dilakukan menggunakan engine test bed dengan pembebanan air.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan sistem bahan bakar memberikan dampak yang signifikan terhadap karakteristik motor. Pada semua variasi tekanan bahan bakar dan timing injeksi terdapat perbaikan karakteristik, yaitu daya pada poros mengalami perbaikan 6.15% dan penurunan bsfc sekitar 46.99%. Sementara emisi gas buang mengalami pengurangan dengan besar pengurangan CO sebesar 65.64 % dan HC sebesar 40.82%. Karakteristik engine terbaik dihasilkan pada posisi injektor  $90^{\circ}$  terhadap lubang buang dengan tekanan 3,5 bar serta timing injeksi  $10^{\circ}$  ABDC.*

*Kata Kunci : motor 2 langkah, sistem injeksi bahan bakar, emisi gas buang*

## **PENDAHULUAN**

Hingga saat ini, motor 2 langkah masih banyak dimanfaatkan oleh masyarakat karena memiliki keunggulan diantaranya konstruksi yang sederhana, mudah dalam perawatan serta tenaga yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan 4 tak karena untuk menghasilkan satu power dibutuhkan satu siklus kerja atau satu putaran engkol (T.K. Garret, 2001 : 326).

Beberapa kelemahan utama yang dimiliki oleh motor 2 tak adalah rendahnya efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang yang cukup tinggi. Pada motor 2 langkah konvensional hampir lebih dari 50% bahan bakar terbuang (Heinz Heisler, 1985) sebagai bahan bakar yang tidak terbakar bersama dengan minyak pelumas sehingga menghasilkan asap biru atau putih pada knalpot. Emisi gas buang motor 2 Langkah menghasilkan CO 75% sampai dengan 750% lebih besar dibandingkan dengan motor 4 Langkah (Cooper, 1994: 539).

Besarnya inefisiensi motor 2 tak disebabkan oleh tidak adanya pengatruan yang jelas pada setiap langkah kerjanya. Sebagian masyarakat menunjuk motor 2 Tak sebagai penyebab utama polusi udara terutama di kota-kota besar.

## **TUJUAN PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan sistem injeksi bahan bakar pada motor 2 langkah terhadap performance mesin dan emisi gas buang, sehingga diharapkan dapat digunakan untuk mengembangkan dan mengurangi dampak polusi yang ditimbulkan oleh motor 2 langkah.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

Beberapa ahli otomotif telah melakukan upaya dalam memperbaiki kinerja motor dua langkah diantaranya JP Creaven (2001), telah dapat memprediksikan besarnya tekanan aliran pembilasan saat lubang bilas terbuka hingga tertutup dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi sehingga dapat digambarkan trend profile kecepatan alirannya. Disamping itu pemodelan tentang pola dan gerakan reed valve yang dilakukan oleh G Cunningham (1999) menggunakan CFD menghasilkan gambaran tentang hubungan antara tinggi angkat katup, tekanan ruang engkol, dan perbandingan penyaluran. Study lain yang dilakukan oleh R F Huang (1988), menyimpulkan bahwa panjang pipa saluran masuk mendominasi perubahan aliran sebagai titik awal yang

menggambarkan gelombang ekspansi. Sudut ekspansi penyetelan pipa harus lebih kecil dari 0.8 kemudian dapat ditingkatkan secara gradual sesuai dengan diameter yang diinginkan. Hal spektakuler hasil pengembangan motor 2 langkah adalah yang dilakukan oleh Orbital, dengan menggunakan sistim injeksi bahan bakar dapat menghemat bahan bakar sebesar 40% dan pengurangan emisi mencapai 80% (C. Stan, 1999). Penggunaan teknologi injeksi bahan bakar pada motor 2 langkah telah diadopsi oleh beberapa pabrikan diantaranya Piaggio, Peugeot dan Aprilia.

Hasil penelitian awal modifikasi motor 2 langkah dengan sistim injeksi bahan bakar (Arifin, 2005) menghasilkan perbaikan yang signifikan terhadap daya pada poros sebesar 22.33%. Sementara emisi gas buang mengalami penurunan pada CO sebesar 22.05 % dan HC sebesar 35.71%. Namun pada konsumsi bahan bakar terdapat kenaikan rata-rata sebesar 23.81%.

## LANDASAN TEORI

### Performa Motor 2 Langkah

Pada beberapa hal motor 2 langkah memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah disain sederhana, berat lebih ringan karena tidak memiliki kelengkapan yang terlalu kompleks, pada ukuran yang kecil memiliki tenaga yang relatif cukup besar. Disamping itu motor ini sangat minim dalam biaya perawatan dan produksi. Namun beberapa kerugian juga dimiliki oleh motor jenis ini diantaranya yaitu konsumsi bahan bakar yang cukup tinggi dan kandungan emisi berupa HC, dan efisiensi volumetrik yang rendah karena mean effective pressure yang rendah (Bosch, 2001: 385)

Kinerja motor 2 (dua) langkah, seperti halnya motor 4 langkah diperoleh dari proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara pada ruang bakar. Besarnya daya pada motor ini diperoleh dari persamaan :

$$HP = \frac{2\pi PRN}{33000} \dots\dots\dots(1)$$

$$PR = \frac{33000 (HP)}{2\pi N} \text{ lbf} \dots\dots\dots(2)$$

### Emisi Gas Buang Motor 2 Langkah

Besarnya emisi yang dihasilkan oleh motor 2 langkah disebabkan oleh masih banyaknya kandungan bahan bakar yang terbuang bersamaan dengan proses pembuangan (*exhaust cycle*) karena pada motor ini sangat sulit untuk menghambat aliran bahan bakar melalui saluran bilas yang ikut terbawa keluar bersamaan dengan proses pembuangan. Sementara aliran tersebut digunakan pula untuk membersihkan ruang bakar dari gas sisa pembakaran, sehingga masih banyak kandungan udara dan bahan bakar segar ikut terbawa selama proses tersebut (Heywood, 1989: 146).

Umumnya konsentrasi emisi gas buang dinyatakan dalam satuan part per million (ppm) atau percent by volume (%). Besarnya emisi spesifik kandungan masing-masing polutan dapat dihitung dengan perbandingan antara mass flow rate dari polutan per unit power out-put.

### Baku Mutu Emisi Gas Buang

Besarnya kadar gas buang diijinkan bagi zat atau bahan pencemar yang terkandung dalam emisi gas buang kendaraan bermotor adalah Baku mutu emisi. Baku Mutu Emisi yang berlaku di Indonesia saat ini adalah Per Men LH No. 6 Tahun 2006.

Untuk mengetahui kadar emisi yang dilepaskan oleh kendaraan bermotor dibutuhkan alat uji yang mampu mengukur konsentrasi zat yang disyaratkan dalam Baku Mutu Emisi dari emisi gas buang kendaraan bermotor. Konstruksi dan ketentuan teknis alat ukur harus sesuai dengan perkembangan teknik, yaitu memenuhi syarat internasional OIML R 99 kelas 1. Metode pengujian dilakukan dengan metode pengujian statis dengan beban tunggal

### Pengembangan Motor 2 Langkah dengan Sistim Injeksi Bahan Bakar

Pada sistem injeksi bahan bakar, pengukuran supply bahan bakar dilakukan sesuai dengan kebutuhan aktual motor berdasarkan masukan dari sensor yang diolah /diperhitungkan oleh Electronic Control Unit (ECU). ECU akan memberikan perintah berupa sinyal elektronik kepada injektor untuk menginjeksikan sejumlah bahan bakar sesuai dengan kebutuhan motor. Pengukuran jumlah injeksi dilakukan berdasarkan kalkulasi jumlah udara yang masuk sesuai dengan pembukaan katup throttle, rpm motor, temperatur dan pengajuan sudut penyalan.

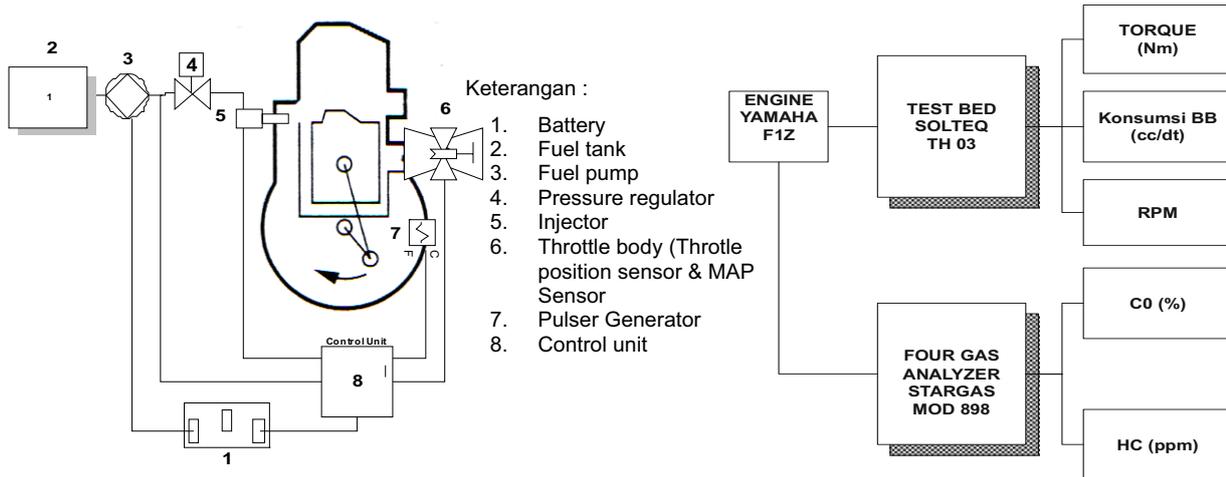
Pada motor 2 langkah, injeksi bahan bakar dapat dilakukan melalui saluran bilas atau scavenging injection port. Dengan demikian tidak membutuhkan tekanan yang cukup tinggi untuk mengimbangi tekanan kompresi.

Waktu (timing) injeksi dilakukan pada akhir langkah pembuangan dengan harapan semakin sedikit bahan bakar yang terbawa keluar bersamaan dengan langkah buang.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan motor Yamaha F1Z R 2 langkah.. Modifikasi dilakukan pada sistim bahan bakar menggunakan sistim injeksi pada lubang bilas (scavenging port). Sistem injeksi yang digunakan mengadopsi teknologi pada motor Honda Supra X PGM-FI.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan engine test bed di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM. Parameter yang diuji diantaranya adalah Torsi (Nm), konsumsi bahan bakar (ml/dt), putaran motor (rpm), CO (%) dan HC (ppm).



Gb. 1 Skema posisi sensor

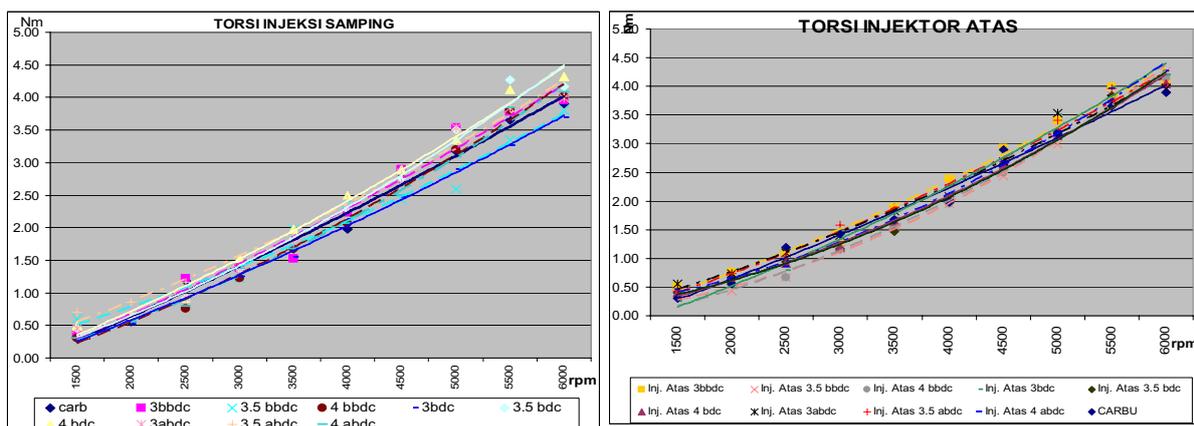
Gb.2 Skema pengambilan data

### Hasil Penelitian Dan Pembahasan

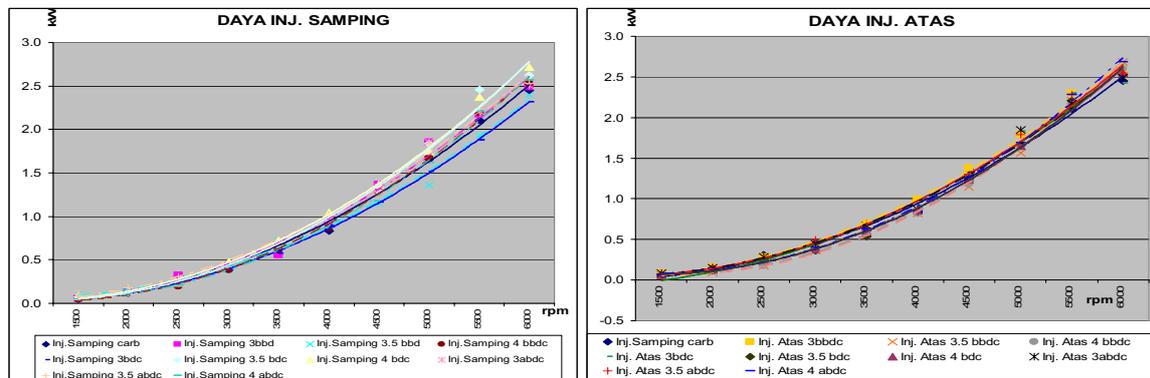
#### Pengaruh saat injeksi terhadap karakteristik torsi motor

Dari hasil pengujian yang dilakukan, terdapat perbedaan torsi yang dihasilkan antara mesin yang menggunakan karburator dengan system injeksi. Torsi mesin dengan karburator antara 0,3 – 3,9 Nm pada putaran 1500 hingga 6000 rpm. Untuk mesin dengan system injeksi menghasilkan torsi yang lebih besar yaitu antara 0,244 Nm hingga mencapai 4,325 Nm pada putaran yang sama dengan berbagai timing, tekanan penginjeksian dan penempatan injector. Perubahan kenaikan torsi mesin rata-rata diperoleh sebesar 5,96% untuk posisi injector samping dan untuk posisi injector atas diperoleh rerata peningkatan sebesar 2.51%.

Besarnya daya mesin dengan karburator diperoleh pada rentang 0.048 kW sampai dengan 2,45 kW. Pada mesin dengan system injeksi diperoleh rentang daya sebesar 0,038 hingga 2,718 kW. Perubahan daya mesin dengan aplikasi system injeksi bahan bakar menghasilkan kenaikan rata-rata sebesar 5,96% pada posisi injector samping dan 2,41 % pada posisi injector atas. Perubahan rerata daya terbesar yaitu sebesar 21,34% pada tekanan 3,5 bar dengan sudut injeksi 10<sup>0</sup> ABDC untuk posisi injector samping sedangkan pada posisi injector atas terjadi pada tekanan 3 bar 10<sup>0</sup> BBDC dengan rerata perubahan sebesar 14,38%.



Gb.3. Perbandingan torsi motor antara karburator dengan system injeksi pada berbagai timing injeksi dan tekanan bahan bakardengan posisi injector samping dan atas.



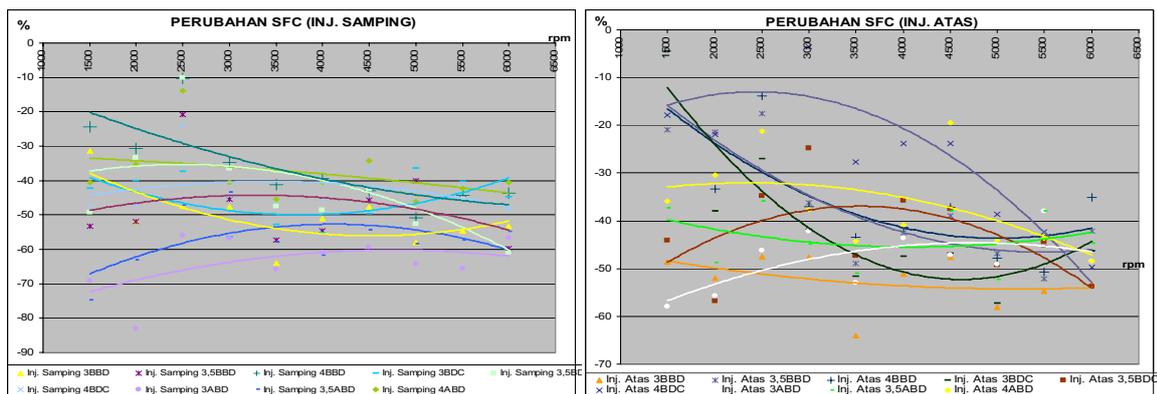
Gb. 4. Perbandingan torsi motor antara karburator dengan system injeksi pada berbagai timing injeksi dan tekanan bahan bakardengan posisi injector samping dan atas.

Perubahan Timing injeksi mempengaruhi besarnya torsi dan daya motor yang disebabkan oleh adanya perbaikan sifat dan bentuk uap bahan bakar yang tercampur didalam silinder, sehingga dihasilkan pembakaran yang lebih baik. Adanya pemajuan timing injeksi dari control unit yang tidak dapat dikontrol dan kontribusi turbulensi udara diatas piston memberikan dampak terhadap proses pencampuran, sehingga setiap perubahan timing injeksi akan memberikan dampak bagi performa mesin. Sementara tekanan bahan bakar mempengaruhi penetrasi bahan bakar dari injector yang memungkinkan bahan bakar mampu menembus tekanan udara didalam silinder.

### Pengaruh Saat Injeksi Terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Penurunan SFC pada posisi injector samping diperoleh perbaikan dengan rerata penurunan sebesar 47,15% dan pada posisi injector atas didapatkan penurunan rerata yang lebih sedikit yaitu 40,41%. Penurunan SFC terbesar adalah 63,75% pada tekanan 3 bar  $10^0$  ABDC posisi injector samping.

Dengan system injeksi bentuk uap bahan bakar yang dihasilkan lebih mudah tercampur dengan udara sehingga pemakaian bahan bakar menjadi lebih efisien dibandingkan dengan karburator, sehingga dari penelitian ini dapat diketahui bahwa motor dengan system injeksi lebih efisien dalam penggunaan bahan bakar

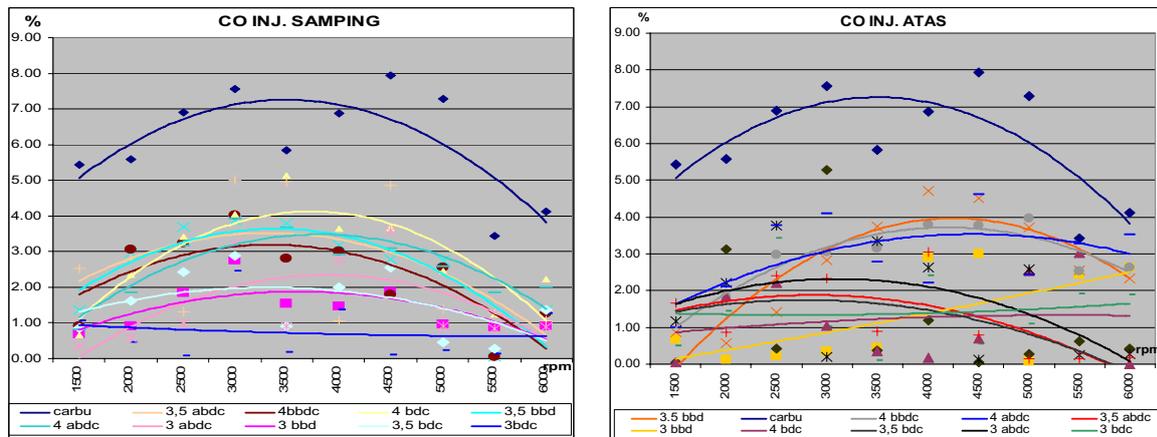


Gb. 5. Perbandingan SFC antara karburator dengan system injeksi pada berbagai timing injeksi dan tekanan bahan baker dengan posisi injector samping dan atas.

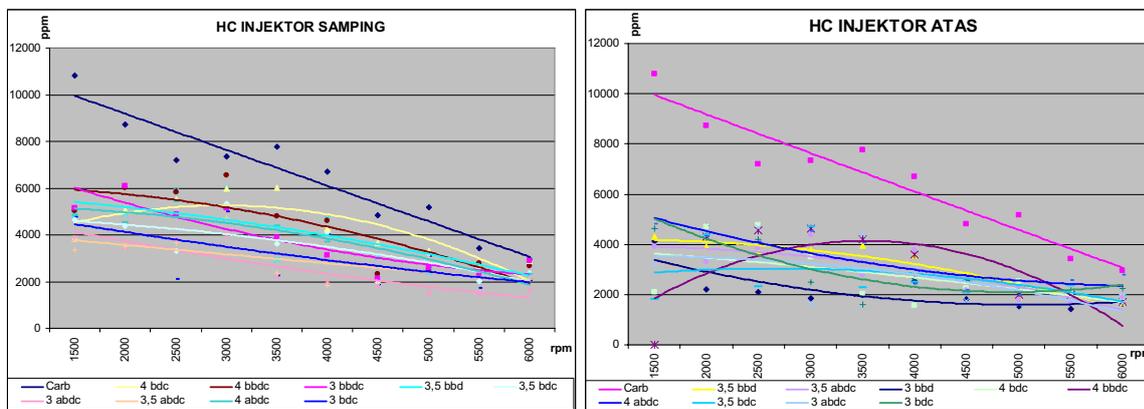
### Pengaruh Saat Injeksi Terhadap Emisi Gas Buang

Dari emisi gas buang, motor dengan system injeksi memberikan penurunan yang cukup signifikan pada semua tekanan dan timing injeksi. Kadar CO dari mesin karburator berada pada rentang 3,43 hingga 7,93 %, sementara pada system injeksi didapatkan kadar CO dengan rentang 0,041 % sampai dengan 5,27%. Rerata penurunan pada semua variasi sudut injeksi, tekanan dan posisi injector sebesar 66,94%. Untuk posisi injektor

sampling, rerata penurunan sebesar 65,64% sedangkan pada posisi injector atas terjadi penurunan sebesar 68,24%. Adapun penurunan terbesar terjadi pada tekanan 3 bar dan timing injeksi di BDC



Gb.6. Perbandingan CO antara karburator dengan system injeksi pada berbagai timing injeksi dan tekanan bahan baker dengan posisi injector samping dan atas.



Gb. 7. Perbandingan HC antara karburator dengan system injeksi pada berbagai timing injeksi dan tekanan bahan baker dengan posisi injector samping dan atas

Penurunan kadar Hydrocarbon pada mesin dengan karburator mencapai rentang 2972 ppm sampai dengan 10802 ppm. Penurunan dengan system injeksi mencapai rentang 1421 ppm hingga 6012 ppm. Rerata penurunan total pada semua variasi sudut injeksi, tekanan dan posisi injector sebesar 47,52%. Untuk posisi injector samping, rerata penurunan sebesar 42,09% sedangkan pada posisi injector atas terjadi penurunan sebesar 52,95%.

Besar penurunan kadar CO dan HC dipengaruhi oleh pengaturan saat injeksi bahan bakar ke dalam silinder, sehingga pada saat langkah pembilasan, bahan bakar yang terbawa keluar bersamaan dengan proses pembuangan semakin sedikit.

### Kesimpulan

Penerapan sistem injeksi bahan bakar dapat memperbaiki kinerja motor, baik torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar serta emisi gas buang. Meskipun peningkatan torsi dan daya mesin masih rendah, (rerata 6,15% dan 2,5%), tetapi konsumsi bahan bakar menjadi lebih efektif dengan penurunan SFC yang cukup signifikan (47,15% dan 40,41%). Pada posisi injector samping, tekanan penginjeksian 3,5 bar menghasilkan rerata peningkatan daya dan torsi mesin yang lebih baik dibandingkan dengan tekanan dan injeksi yang lain.

Tekanan bahan bakar, timing injeksi dan posisi injector juga memberi kontribusi yang sangat signifikan terhadap peningkatan kualitas emisi gas buang. Penurunan rerata kadar CO pada posisi injector samping pada semua tekanan dan timing injeksi mencapai 83,23% dan pada posisi injector atas adalah 80,76%. Peningkatan ini disebabkan oleh perbaikan bentuk dan penguapan bahan bakar didalam silinder yang dihasilkan oleh system injeksi.

Perbaikan selanjutnya yang dapat dikembangkan adalah perbaikan pada system pelumasan dan penelitian terhadap penempatan injector berdasarkan CFD agar dinamika fluida didalam silinder dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk meningkatkan performa mesin yang lebih baik serta dimungkinkan untuk kepentingan perbaikan kualitas emisi gas buang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Zainal., 2005, Thesis, Modifikasi Motor 2 Langkah Dengan Sistem Injeksi Bahan Bakar, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Bell, Graham A., 1999, *Performance Tuning in Theory and Practice Two-Stroke*, Haynes Foulis Publisher, New South Wales Australia.
- Bosch Robert, 2000, *Automotive Hand Book 5<sup>th</sup> Edition*, Robert Bosch GmbH, Stuttgart, German.
- Creaven, J P., Kenny, R G., Fleek, R., Cunningham, G., 2001, *A Computational and Experimental Study of the Scavenging Flow in the Transfer Duct of a Motored Two-Stroke Cycle Engine*, Mechanical Engineers Journal Vol 215 Part D.
- Cooper. C.David., Alley.F.C., 1994, *Air Pollution Control, A Design Aproach*, Wave Land Press, Inc. Illinois, USA.
- Cunningham, G., Kee, R J., Kenny, R G., 1999, *Reed Valve Modelling in a Computational Fluid Dynamics Simulation of the Two-Stroke Engine*, Mechanical Engineers Journal Vol 213 Part D.
- Huang, R F., Hsu, M-P., Chen, W L., Lee, K., *On the Tuning Pipe a Two-Stroke Engine for Scooter-type Motorcycles*, Mechanical Engineers Journal Vol 213 Part C.