



PROSIDING ABSTRACT

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN X
UB HOTEL MALANG
2 - 3 NOVEMBER 2011



OPTIMALISASI PERAN TEKNIK MESIN DALAM MENINGKATKAN KETAHANAN ENERGI

ISBN
978-602-19028-0-6



Supported by :



Penyelenggara :
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono No.167 Malang - Jawa Timur
Telp/fax : (0341) 554291

PROSIDING

Optimalisasi Peran Teknik Mesin Dalam Meningkatkan Ketahanan Energi

Ketua Penyunting

Dr.Eng. Yudy Surya I,ST.,M.Eng.

Sekretaris Penyunting

Dr. Slamet Wahyudi, ST.,MT.

Penelaah Ahli

Prof. Dr. Ir Pratikto, MMT (Universitas Brawijaya Malang)
Prof. Ir. ING Wardhana, M.Eng., Ph.D.(Universitas Brawijaya Malang)
Dr.Eng. Anggit Murdani, ST.,M.Eng. (POLINEMA)
Dr.Eng. Budi Prawara,ST.,M.Eng. (LIPI-TELIMEK)

Penyunting Pelaksana

Francisca Gayuh Utami D, ST., MT.

Tata Letak

Fikrul Akbar Alamsyah, ST
Dodik & Very

Cetak dan Distribusi

Totok S.

Penanggung Jawab

Ketua Jurusan Mesin
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

Perancang Sampul

Dodik & Very

Penerbit

Jurusan Mesin
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT. Haryono 167 Malang 65145
Telp./Fax. +62-341-554291
Email: slamet_w72@ub.ac.id

The statements and opinion expressed in the papers are those of the authors themselves and not necessarily reflect the opinion of the editors and organizers. Any mention of company or trade name does not imply endorsement by organizers.

ISBN: 978 – 602 – 19028 – 0 – 6

*Copyright © 2011, Departement Mechanical of Engineering Faculty, Brawijaya University of Malang
Not to be commercially reproduced by any means without written permission
Printed in Malang, Indonesia, November 2011*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah ke hadirat Allah Yang Esa yang tiada tuhan selain-Nya, kami selaku Panitia Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin X Tahun 2011 Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dapat menyelesaikan prosiding abstrak ini.

Cinta Kasih-Nya yang tak terhingga mendorong kami untuk semangat dalam kegiatan belajar mengajar yang tak pernah putus sampai masuk liang lahat, khususnya dalam hal ini ilmu-Nya yang kita tekuni bersama yaitu rekayasa keteknikan.

Prosiding ini diharapkan mampu menampung para peneliti, praktisi, pemerintah dan mahasiswa untuk mengkomunikasikan hasil-hasil penelitiannya. Prosiding ini juga merupakan sebuah wujud tanggung jawab bidang teknik mesin dalam menyumbangkan pemikiran, ide dan hasil penelitian sehingga mampu diaplikasikan ke masyarakat dan guna mendukung ketahanan energy di Indonesia.

Bertolak dari hal tersebut maka Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang menggelar *event* akademik Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin X Tahun 2011 yang bertajuk:

“Optimalisasi Peran Teknik Mesin dalam Meningkatkan Ketahanan Energi”

Diharapkan dengan adanya seminar nasional ini, para akademisi pemerintah peneliti dan atau praktisi dapat menambah wawasan mereka serta menerapkan pengetahuannya tersebut dalam dunia *engineering* untuk mengoptimalkan ketahanan energi nasional. Selanjutnya akan terbina suasana akademis yang nantinya dapat dikembangkan menjadi wujud kongkrit di masyarakat pada umumnya.

Semoga Allah Yang Maha Pengampun meridhoi jerih payah kita semua. Amien.

Malang, 1 Nopember 2011

PANITIA SNTTM X

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI | iii |
| KEYNOTE SPEAKER | |
| Tantangan Keilmuan teknik mesin di bidang <i>nuclear reactor safety</i> <i>Deendarlianto</i> | 1 |
| Rancang Bangun dan Aplikasi Engine Rusnas 500 cc <i>I Nyoman Jujur</i> | 10 |
| BIDANG KONVERSI ENERGI | |
| Peningkatan Efisiensi Pembakaran Tungku Kayu Bakar Tradisional Dengan Modifikasi Disain <i>Bambang Yunianto, Nazarudin Sinaga</i> | 24 |
| Studi Pemanfaatan Briket Kulit Jambu Mete Dengan Kombinasi Sekam Padi Dan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif <i>Lydia M Salam, H Baharuddin Mire, M. Fachry. A.R.</i> | 29 |
| Efek Ash Campuran Batubara Mutu Rendah Terhadap Potensi Pembentukan Slagging dan Fouling Pada Boiler PT. Semen Tonasa <i>Ismail</i> | 37 |
| Pengembangan Bahan Bakar Briket dari Campuran Kulit Mete dan Sekam Padi <i>Muchammad</i> | 42 |
| Pengaruh Air Fuel Ratio Terhadap Emisi Gas Buang Berbahan Bakar Lpg Pada Ruang Bakar Model Helle-Shaw Cell <i>I Gusti Ngurah Putu Tenaya, Made Hardiana</i> | 47 |
| Kajian Numerik Aliran Udara Pembakaran pada Tangentially Fired Pulverized-Coal Boiler <i>Wawan Aries Widodo, Is Bunyamin Suryo, Giri Nugroho</i> | 52 |
| Perbandingan Simulasi Dengan Asumsi Ideal gas Dengan Kondisi Real gas Effect pada Kasus Combustion <i>Albert Meigo R.E.Y, Romie O.Bura, Bambang Kismono Hadi</i> | 57 |
| Karakteristik Pembakaran Briket Limbah Tongkol Jagung Dan Sekam Padi Dengan Berbagai Perbandingan Tongkol Jagung Dan Sekam Padi <i>Andi Mangkau, Prof. Dr. Ir. Effendy Arif, M. Eng</i> | 66 |
| Efek Katalisator (Broquet) Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Bensin <i>Arijanto, Andhika Mahardika</i> | 76 |

| | |
|--|-----|
| Pengaruh Kecepatan Air Pada Pembentukan Gelembung Pada Aliran Air Yang Searah Jarum Nosel <i>Manus Setyantono, Warjito</i> | 323 |
| Studi Karakteristik Fluida Kerja Hidrokarbon Ramah Lingkungan pada Siklus Rankine Organik (SRO) bertenaga Surya <i>Ruli Nutranta, M. Idrus AlHamid, Nasrudin, Harinaldi</i> | 328 |
| Konsumsi Energi dalam Transisi Aliran Taylor-Couette-Poiseuille <i>Prajitno, Sutrisno, Indarto, Purnomo</i> | 334 |
| The Performance Of Saturn-20 Gas Turbine As Prime Mover Of Electric Generator <i>Khairul Muhajir</i> | 338 |
| Effect of Dynamic Twisted Mixer on Ammonia Mass Distribution at NH ₃ -SCR Catalytic Filter for Diesel Engine Aftertreatment system by Numerical Simulation <i>Syaiful</i> | 347 |
| Monitoring of The Union Centrifugal Pump <i>Greg.Harjanto, A.Rianto S</i> | 353 |
| Studi Karakteristik Kerja Hot Well Pump (HWP) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) <i>Khasani dan Chris Yudho Hardianto</i> | 360 |
| Kajian efek oksigen berlebih pada motor Diesel <i>Abrar Riza dan Budiantoto</i> | 365 |
| Studi Experimental Dan Numerik Pengaruh Variasi Cerobong Masuk Turbine Ventilator Terhadap Unjuk Kerja Turbine Ventilator <i>Misbakhul Fatah, Triyogi Yuwono dan Wawan Aries Widodo</i> | 368 |
| Analisis Kebutuhan Daya Pompa Untuk Distribusi Air Bersih <i>Said Hi. Abbas, Alwi Albaar, Jadid Hamim Ade</i> | 373 |
| Analisis Unjuk Kerja Kompresor Sentrifugal dan Ruang Bakar Turbin Gas Mikro Proto X-1 <i>Ahmad Indra Siswantara, Steven Darmawan, Efendi Manurung</i> | 382 |
| Manajemen Termal Heat Sink pada Modul Kendali Motor Kendaraan Hibrid <i>Tinton Dwi Atmaja, Ghalya Pikra dan Kristian Ismail</i> | 390 |
| Kinerja Mesin Pendingin Sistem Vrv-Ii Dan Vrv-Iii Dengan Kapasitas 40 Hp <i>Caturwati NK, Yuswardi, Indah Rahmawati</i> | 395 |
| Pengujian Teknik Mengemudi Hemat Energi Pada Kendaraan Penumpang Untuk Mendukung Program Smart Driving di Indonesia <i>Nazaruddin Sinaga</i> | 400 |

| | |
|--|-----|
| Kaji Eksperimental Pengaruh Beberapa Parameter Berkendaraan Terhadap Tingkat Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Penumpang Kapasitas Silinder 1500 – 2000 CC <i>Nazaruddin Sinaga, Tabah Priangkoso, Della Widayana, Kosim Abdurrohman</i> | 409 |
| Optimalisasi Konsumsi Bahan Bakar Kapal Skala Penuh Berdasarkan Analisa Uji Tarik Kapal Model <i>Marcus Alberth Talahatu, Gunawana dan M. Baqi</i> | 416 |
| Aplikasi Brown Gas (HHO) pada Mobil Bermesin Karburator Kapasitas 1000cc <i>Harus LG, A.Hakima, Sampurno, I Nyoman Sutantra</i> | 420 |
| Sistem Refrigerasi Cascade dengan Refrigeran Campuran Karbon Dioksida dan Ethane untuk Temperatur -80°C <i>Darwin R.B. Syaka, Nasrudin, M. IdrusAlhamid</i> | 420 |
| Food Beverage Delivery Services dengan Cool Box Multi Fungsi Ramah Lingkungan <i>Imansyah Ibnu Hakim, Mangsur</i> | 429 |
| Optimasi Multi Objektif dari Sistem Pengkondisian Udara untuk Top Coat Booth pada Industri Otomotif <i>Nasruddin, Ratiko</i> | 435 |
| Pengaruh Kekasaran Dinding Pipa Pada Akurasi Pengukuran Aliran Gas Dengan Turbine Meter <i>Warjito dan Bhre Kumara Hangga Wijaya</i> | 443 |
| Karakteristik Pompa Air Energi Termal Menggunakan Pipa Osilasi ¾ Inchi <i>FA Rusdi Sambada</i> | 448 |
| Rancangan Alat Penghemat Bbm Pada Sepeda Motor <i>Ahmad Seng, Muh Musni Herbalubun</i> | 452 |
| Pemanfaatan Potensi Angin dan Turbin Angin Tipe Darius untuk Pembangkit Listrik yang Ramah Lingkungan <i>Hasyim Asy'ari, Aris Budiman, Jamaludin</i> | 459 |
| Peranan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Terhadap Pergeseran Kekuatan Sistem Global <i>Suharto</i> | 464 |
| Peningkatan Efisiensi Listrik Sel Surya Dengan Menggunakan Pendinginan Air Aliran Paksa <i>Rahmat Subarkah</i> | 470 |
| Analisis Performansi Kolektor Surya Jenis Tubular Dengan Menggunakan Pasir Sebagai Media Penyimpan Panas <i>Ketut Astawa, I Made Dwi Budiana Penindra, I Nyoman Arya Warsita</i> | 475 |

Pengujian Teknik Mengemudi Hemat Energi Pada Kendaraan Penumpang Untuk Mendukung Program Smart Driving di Indonesia

Nazaruddin Sinaga^a

^a Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedharto, SH, Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dan menguji efektivitas teknik mengemudi hemat energi pada mobil penumpang. Pengujian terdiri dari 2 jenis, yaitu yang bertujuan untuk memverifikasi hasil penelitian sebelumnya, dan uji coba teknik mengemudi hemat energi. Pada pengujian pertama dibandingkan konsumsi bahan bakar antara pengujian di laboratorium dan di jalan. Sedangkan pada pengujian kedua dilakukan uji coba untuk mengetahui nilai penghematan yang diperoleh dengan teknik mengemudi hemat energi, serta untuk menguji efektivitas penerapan teknik ini dalam menurunkan konsumsi bahan bakar. Pengujian dilakukan menggunakan mobil penumpang 1500 cc, dengan mengamati parameter kecepatan kendaraan, posisi gigi, kecepatan putar mesin, dan konsumsi bahan bakar. Pada uji coba digunakan mobil yang sama dengan melibatkan 10 orang pengemudi taksi. Kesimpulan pertama adalah bahwa terdapat hubungan yang dapat diprediksi antara hasil pengujian di laboratorium dan di jalan. Kesimpulan lainnya adalah bahwa prinsip utama teknik mengemudi hemat energi adalah beroperasi pada putaran maksimum sekitar 2000 rpm dan mengusahakan beroperasi pada posisi gigi tinggi. Selain itu didapatkan bahwa teknik mengemudi hemat energi dapat secara efektif diterapkan untuk menurunkan konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor dengan penurunan konsumsi bahan bakar yang cukup signifikan. Dari uji coba yang dilakukan diperoleh nilai penghematan rata-rata 18.5% dimana potensi penghematan bahan bakar dapat mencapai 33%.

Keywords: hemat energi, konsumsi bahan bakar, kendaraan bermotor

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi Indonesia semakin menuntut peran dari sektor transportasi. Dengan tidak tepatnya arah dan kebijakan yang diterapkan pada sektor ini menimbulkan berbagai persoalan, diantaranya adalah pertumbuhan jumlah kendaraan pribadi yang sangat cepat, kemacetan di jalan raya, meningkatnya jumlah kecelakaan, pencemaran udara, dan juga ketersediaan bahan bakar. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi, semakin banyak pergerakan orang dan barang yang menuntut penambahan jumlah sarana dan prasarana transportasi. Pertumbuhan jumlah kendaraan pribadi yang sangat tinggi lebih disebabkan oleh tidak tersedianya sarana transportasi yang murah, selamat, aman, dan nyaman.

Pada tahun 2009 jumlah kendaraan bermotor yang beroperasi di Indonesia sudah lebih dari 70 juta unit, yang terdiri dari sepeda motor 74% dan kendaraan roda-4 sebanyak 26% [1]. Tingginya

tingkat pemakaian bahan bakar minyak (bbm) di sektor transportasi memberi dampak yang tidak menguntungkan bagi negara, diantaranya adalah meningkatnya nilai subsidi bahan bakar saat harga minyak dunia berada pada level yang tinggi, dan kerugian akibat kerusakan lingkungan, karena kendaraan mengeluarkan emisi yang berbahaya bagi lingkungan, termasuk manusia. Dengan demikian diperlukan upaya-upaya untuk mengurangi tingkat konsumsi bbm pada kendaraan bermotor.

Sektor transportasi mengkonsumsi 36,9% energi dalam bentuk bbm. Total bahan bakar yang digunakan di sektor transportasi pada tahun 2009 adalah 37,44 juta kilo liter, dimana sekitar 33 juta kilo liter digunakan untuk transportasi jalan [2]. Nilai subsidi bbm pada tahun 2009 dan 2010 berturut-turut adalah 45 triliun dan 88,9 triliun rupiah, sedangkan pada tahun 2011 ini dianggarkan sebesar 95,9 triliun rupiah [3]. Keadaan ini dirasakan semakin memberatkan dan membingungkan pemerintah untuk

memenuhinya. Berbagai opsi untuk mengurangi subsidi bbm sedang dipertimbangkan oleh pemerintah, namun hingga saat ini pemerintah masih ragu untuk menjalankannya karena memiliki dampak politik dan ekonomi.

Di beberapa negara Eropa, Amerika Serikat, Australia dan Asia sebenarnya saat ini sedang dilakukan berbagai upaya untuk meningkatkan efisiensi berkendara. Di Eropa program ini dikenal dengan nama Eco-Driving, yang telah berhasil meningkatkan efisiensi berkendara cukup signifikan. Metoda yang digunakan pada Eco-Driving diantaranya adalah dengan melatih pengemudi kendaraan bermotor cara berkendara yang hemat energi. Adapun di Amerika Serikat telah diterapkan peraturan yang mensyaratkan tingkat konsumsi maksimum tertentu bagi kendaraan yang akan dipasarkan di negara ini. Bahkan pemerintah Jerman memasukkan faktor perilaku pengendaraan hemat energi ini untuk memperoleh surat ijin mengemudi (SIM) bagi calon pengemudi baru.

Sebenarnya di Indonesia juga telah dilakukan beberapa usaha untuk mengurangi tingkat konsumsi bahan bakar transportasi jalan. Namun upaya-upaya yang dilakukan belum mampu mengurangi tingkat konsumsi bahan bakar, bahkan cenderung semakin meningkat dari waktu ke waktu karena makin bertambahnya jumlah kendaraan bermotor. Pada tahun 2005 telah ditetapkan 4 pilar kebijakan utama yang dilakukan pemerintah untuk mengurangi konsumsi bahan bakar di jalan [4] yaitu :

- (1) Promosi penggunaan dan revitalisasi angkutan umum, termasuk mempromosikan gaya hidup *smart life* yang berorientasi pada efisiensi konsumsi energi.
- (2) Pembatasan penggunaan kendaraan pribadi, termasuk upaya untuk mengurangi konsumsi BBM per kendaraan.
- (3) Manajemen lalu lintas untuk mengurangi kemacetan lalu lintas.
- (4) Diversifikasi energi bagi kendaraan bermotor, termasuk pemakaian bahan bakar yang semakin bersih, seperti penggunaan *unleaded* premium gasoline, biofuel, dan BBG.

Hasil-hasil penelitian di negara-negara Eropa, Amerika, dan Australia menunjukkan bahwa perilaku pengendaraan (*driving behavior*) mempengaruhi tingkat konsumsi bahan bakar kendaraan [5]. Disimpulkan bahwa dengan melakukan pola perilaku pengendaraan yang

tepat dapat menghemat konsumsi bahan bakar kendaraan. Faktor perilaku pengendara yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar diantaranya adalah pengaturan kecepatan kendaraan, putaran mesin, percepatan dan pengereman, posisi gigi transmisi, jumlah/frekuensi perpindahan gigi, penggunaan AC dan asesories, penyetelan tekanan ban, lama kondisi idel, dan lama pemanasan mesin.

Penelitian ini sebenarnya merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya, yang dilakukan di Laboratorium Efisiensi dan Konservasi Energi Universitas Diponegoro, yaitu tentang pengaruh beberapa parameter berkendara terhadap tingkat konsumsi bahan bakar mobil penumpang kapasitas 1500 – 2000 cc. Jika pada penelitian tersebut pengujian dilakukan dengan menggunakan dinamometer chassis, maka pada penelitian kali ini juga dilakukan pengukuran langsung di jalan raya. Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa, untuk mengemudi kendaraan agar hemat energi adalah dengan mengatur tekanan ban sesuai anjuran pabrik pembuat, selektif dalam menggunakan AC dan asesories, serta mengoperasikan kendaraan pada posisi gigi tinggi, dan menjaga agar kecepatan putar mesin berada pada 2000 – 2600 rpm.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan dan menguji efektivitas teknik mengemudi hemat energi pada mobil penumpang. Pengujian terdiri dari 2 jenis. Penelitian pertama bertujuan untuk memverifikasi hasil penelitian sebelumnya, sedangkan penelitian kedua berupa uji coba teknik mengemudi hemat energi. Pada pengujian pertama dibandingkan konsumsi bahan bakar antara pengujian di laboratorium dan di jalan. Sedangkan pada pengujian kedua dilakukan uji coba untuk mengetahui nilai penghematan yang diperoleh dengan teknik mengemudi hemat energi, serta untuk menguji efektivitas penerapan teknik ini dalam menurunkan konsumsi bahan bakar. Parameter yang diamati adalah konsumsi bahan bakar, kecepatan kendaraan, putaran mesin, dan posisi gigi transmisi. Berdasarkan hasil penelitian ini akan diusulkan suatu teknik mengemudi kendaraan yang hemat energi dan dapat diterapkan dengan mudah oleh pengemudi mobil di Indonesia. Dari penelitian ini juga akan dibahas tentang perlu tidaknya melakukan penelitian lanjut di jalan raya.

2. METODE

Pada penelitian ini digunakan sebuah mobil penumpang dengan spesifikasi seperti diperlihatkan pada Tabel 1. Pada dasarnya penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi rekomendasi teknik mengemudi yang telah dihasilkan dari penelitian sebelumnya, yaitu beroperasi pada putaran mesin 2000 – 2600 rpm dan sedapatnya pada posisi gigi yang tinggi [6]. Pada penelitian ini, pertama akan dibandingkan antara hasil pengujian di laboratorium dengan hasil pengujian di jalan. Pengujian tersebut berguna untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan putaran mesin, dan juga kecepatan kendaraan, yang memberikan konsumsi bahan bakar minimum. Pengujian jalan dilakukan di atas jalan yang rata dan datar. Setelah itu dilakukan uji coba penerapan teknik mengemudi hemat energi dengan menggunakan mobil yang sama. Uji coba pertama dilakukan oleh tim peneliti untuk membandingkan tingkat konsumsi bahan bakar antara cara mengemudi biasa dan teknik mengemudi hemat energi. Selanjutnya, untuk mengetahui efektivitas teknik mengemudi hemat energi ini, maka dilakukan uji coba dengan melibatkan 10 orang pengemudi taxi.

Dalam uji coba teknik mengemudi hemat energi dilakukan pada ruas jalan yang sama, dengan kondisi kepadatan lalu lintas yang hampir sama pula. Untuk memenuhi kondisi ini maka dipilih waktu pengujian antara jam 10.00 – 14.00 WIB. Peralatan yang digunakan untuk memantau kondisi operasional kendaraan dan mengukur tingkat konsumsi bahan bakar adalah engine scanner OBD II Palmer, *fuel econometer*, dan GPS *trip-recorder*, seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Fuel econometer sangat berguna, karena selain menunjukkan konsumsi bahan bakar sesaat, juga dapat menunjukkan kecepatan dan putaran mesin pada saat mengemudi. Adapun posisi gigi transmisi diamati dan dicatat secara manual. Dalam penelitian ini data yang direkam oleh *engine scanner* adalah: waktu (s), putaran mesin (rpm), kecepatan roda (km/jam), rasio udara bahan bakar (AFR), laju aliran udara (gr/s), jarak tempuh (km), posisi *throttle* (%), kondisi beban (%), posisi gigi, laju aliran bahan bakar (gr/s), dan konsumsi bahan bakar (km/l).

Pada pengujian efektivitas teknik mengemudi hemat energi, setiap pengemudi diuji tingkat konsumsi bahan bakarnya pada 2 kondisi mengemudi, yaitu mengemudi dengan cara biasa dan mengemudi dengan teknik hemat energi. Pada pengujian yang pertama, pengemudi dibiarkan untuk mengemudi kendaraan dengan cara atau

teknik yang biasa dilakukannya selama ini. Pada pengujian dengan teknik hemat energi, para pengemudi sebelumnya diberi penjelasan dan dilatih terlebih dahulu tentang teknik ini. Selanjutnya pada waktu uji coba, setiap pengemudi didampingi oleh seorang instruktur, yang berfungsi untuk memandu dalam menerapkan teknik mengemudi hemat energi. Strategi utama yang diterapkan pada teknik mengemudi hemat energi ini adalah mengatur kondisi operasi kendaraan agar sebanyak-banyaknya berada dalam kondisi optimum, sesuai dengan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini.

Untuk menjamin ketelitian maka sebelum melakukan pengujian telah dilakukan kalibrasi terhadap kecepatan kendaraan dan konsumsi bahan bakar di laboratorium menggunakan dinamometer chassis. Kalibrasi kecepatan dilakukan dengan membandingkan kecepatan yang dibaca oleh *engine scanner* dan fuel econometer, dengan kecepatan yang diukur langsung di roda. Adapun kalibrasi konsumsi bahan bakar dilakukan dengan membandingkan nilai yang ditunjukkan oleh *engine scanner* dan *fuel econometer* dengan pengukuran langsung menggunakan gelas ukur. Sebelum memulai pengujian seluruh kendaraan telah di *tune-up* sehingga kondisinya kembali pada keadaan spesifikasi awal. *GPS trip recorder* digunakan untuk keperluan memantau posisi dan kecepatan kendaraan, karena alat ini dapat menunjukkan ketinggian/kemiringan jalan. Pada setiap pengukuran konsumsi bahan bakar kondisi kendaraan adalah sudah dalam keadaan panas dan tekanan ban yang sesuai dengan anjuran pabrik mobil.

Tabel 1 Spesifikasi kendaraan uji

| Mesin | |
|--------------------------|-------------------------|
| Tipe | : VVTI-DOHC |
| Isi silinder | : 1497 cc |
| Perbandingan Kompresi | : 10.5 : 1 |
| Daya Maksimum | : 109 PS / 6000 rpm |
| Torsi Maksimum | : 14.5 kgm / 4200 rpm |
| Transmisi | |
| Perbandingan gigi | |
| 1st | : 3.545 |
| 2nd | : 1.904 |
| 3rd | : 1.31 |
| 4th | : 0.969 |
| 5th | : 0.815 |
| R | : 3.25 |
| Final | : 3.7 |
| Dimensi | |
| Panjang x Lebar x Tinggi | : 4000 x 1700 x 1460 mm |
| Berat Kosong | : 1040 kg |
| Ukuran Ban | : 175/65 R14 |



Gambar 1 Engine scanner, fuel econometer dan GPS trip recorder

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perbandingan Hasil Pengukuran di Laboratorium dan di Jalan

Pada Gambar 2 dan Gambar 3 diperlihatkan hasil pengujian konsumsi bahan bakar terhadap kecepatan, yang masing-masing dilakukan di laboratorium dan di jalan. Dari kedua gambar tersebut terlihat adanya kecenderungan yang sama, yaitu bahwa terdapat kecepatan yang memberikan konsumsi bahan bakar yang terbaik untuk setiap posisi gigi. Jika kedua hasil

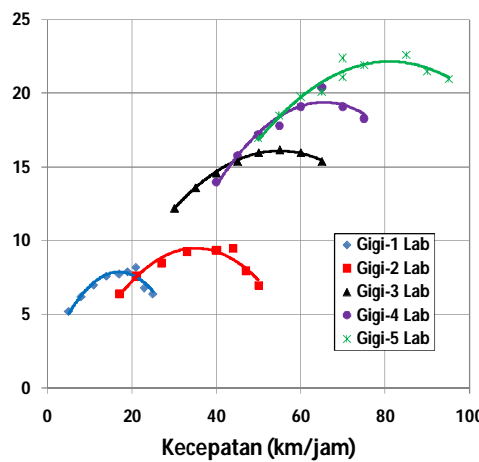
pengukuran ini digabungkan, seperti ditunjukkan pada Gambar 4, terlihat jelas bahwa tingkat konsumsi bahan bakar yang diukur di jalan adalah lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat konsumsi bahan bakar yang diukur di laboratorium. Hal ini wajar, karena pada pengukuran di jalan terdapat tambahan beban untuk melawan tahanan aerodinamis dan peningkatan tahanan rolling karena bertambahnya massa kendaraan dan penumpang. Pada pengujian di laboratorium, kendaraan ditempatkan di atas dinamometer chassis, dimana yang berputar adalah hanya roda depan. Di dalam kendaraan terdapat 2 orang dengan massa total 130 kg. Adapun dalam pengujian di jalan terdapat 4 orang di dalam kendaraan, dengan massa total 260 kg.

Dari Gambar 4 juga terlihat adanya pergeseran kondisi kecepatan optimum. Pergeseran posisi kecepatan optimum adalah menuju kecepatan yang lebih rendah. Hal ini bisa dijelaskan dengan mengingat bahwa tahanan yang ditimbulkan oleh tambahan yang muncul ketika pengujian di jalan adalah tahanan rolling dan tahanan aerodinamis. Untuk koefisien rolling yang konstan, maka daya yang diperlukan untuk mengatasi daya rolling adalah merupakan fungsi linear dari kecepatan. Adapun daya untuk mengatasi tahanan aerodinamis, jika koefisien drag dianggap konstan, merupakan fungsi pangkat tiga dari kecepatan. Oleh karena itu nilai maksimum kurva pengujian di jalan akan bergeser ke arah kiri.

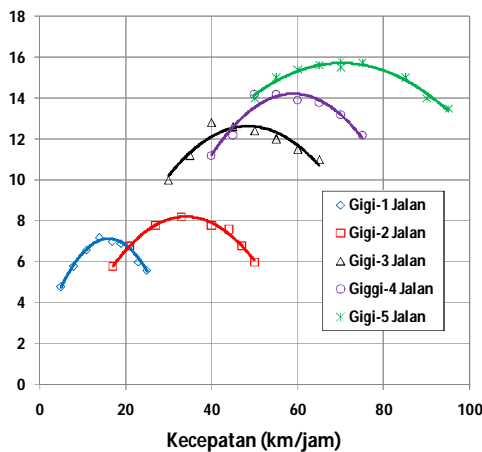
Pada Gambar 5 ditunjukkan hasil pengukuran konsumsi bahan bakar pada berbagai putaran mesin yang dilakukan di laboratorium. Sedangkan pada Gambar 6 diperlihatkan hasil pengukuran yang dilakukan di jalan. Dari kedua gambar tersebut terlihat adanya posisi putaran mesin yang memberikan tingkat konsumsi bahan bakar yang optimum. Perbedaan yang terlihat diantara kedua gambar tersebut adalah terjadinya pergeseran putaran optimum dan tingkat konsumsi bahan bakar, seperti terlihat pada Gambar 7. Pergeseran terjadi ke arah putaran mesin yang lebih rendah. Perbandingan kecepatan dan putaran mesin yang memberikan tingkat konsumsi bahan bakar yang optimum diperlihatkan dengan lebih jelas pada Tabel 2 dan 3. Perbedaan ini penting dan perlu diperhatikan dalam menyusun teknik mengemudi hemat energi.

Hasil pengukuran kecepatan putar mesin yang diberikan pada Tabel 3 berarti sedikit menggeser kesimpulan yang dihasilkan pada

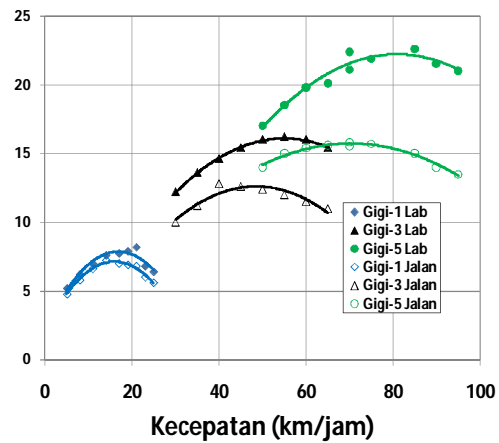
penelitian sebelum ini [6], yang menyatakan bahwa putaran optimum berada pada 2000 – 2600 rpm. Adapun dari penelitian di jalan menunjukkan bahwa putaran optimum berada pada 1650 – 2050 rpm. Namun demikian hasil ini diperkirakan masih tergantung dari jenis atau merk kendaraan, mengingat bahwa efisiensi terbaik suatu tidak selalu berada pada kisaran putaran yang sama. Oleh karena itu kesimpulan tentang putaran optimum ini tidak berlaku umum untuk berbagai kendaraan. Untuk memberlakukannya secara umum perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.



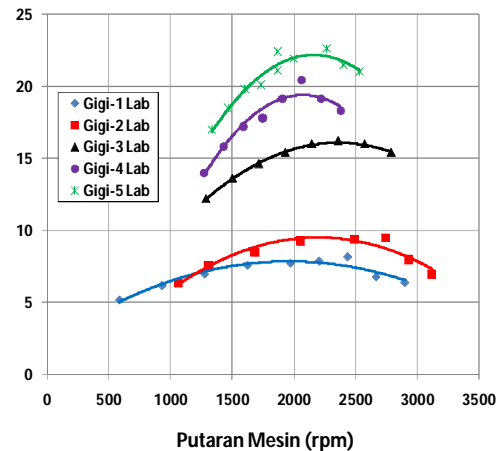
Gambar 2 Pengukuran konsumsi bahan bakar dan kecepatan di laboratorium



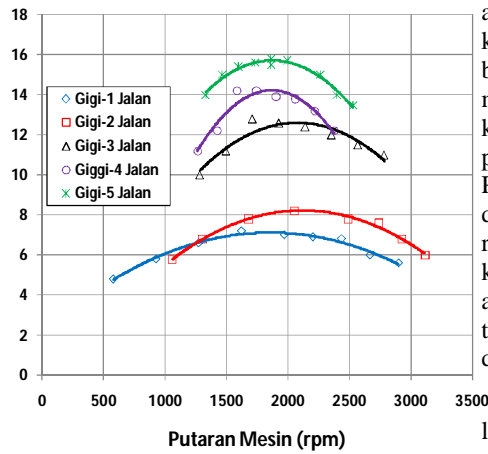
Gambar 3 Pengukuran konsumsi bahan bakar dan kecepatan di jalan



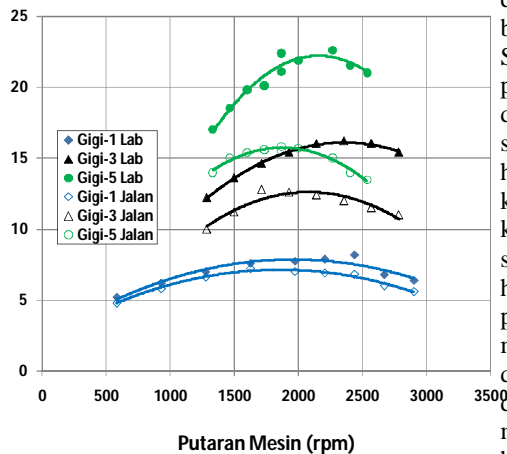
Gambar 4 Perbandingan konsumsi bahan bakar terhadap kecepatan



Gambar 5 Pengukuran konsumsi bahan bakar dan putaran mesin di laboratorium



Gambar 6 Pengukuran konsumsi bahan bakar dan putaran mesin di jalan



Gambar 7 Perbandingan konsumsi bahan bakar terhadap putaran mesin

Tabel 2 Perbandingan kecepatan optimum

| Tempat | Kecepatan Optimum (km/jam) | | | | |
|--------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | Gigi-1 | Gigi-2 | Gigi-3 | Gigi-4 | Gigi-5 |
| Lab. | 21 | 44 | 55 | 65 | 85 |
| Jalan | 14 | 33 | 40 | 55 | 70 |

Tabel 3 Perbandingan putaran optimum

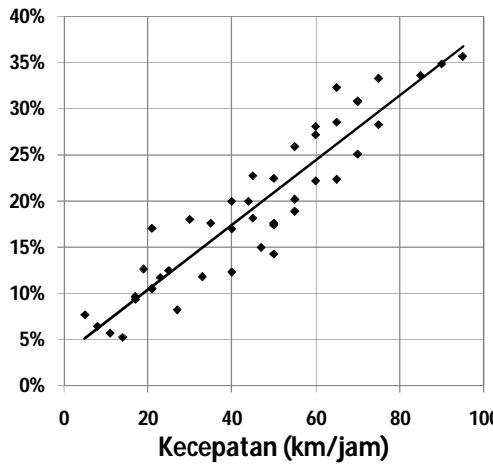
| Tempat | Putaran optimum (rpm) | | | | |
|--------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| | Gigi-1 | Gigi-2 | Gigi-3 | Gigi-4 | Gigi-5 |
| Lab. | 2435 | 2741 | 2357 | 2061 | 2266 |
| Jalan | 1624 | 2056 | 1714 | 1744 | 1866 |

Perbedaan tingkat konsumsi bahan bakar antara pengukuran di laboratorium dan di jalan

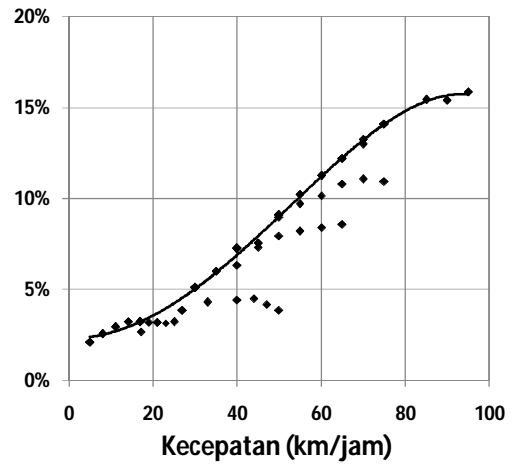
akan semakin besar dengan meningkatnya kecepatan kendaraan. Pada Gambar 8 terlihat bahwa perbedaan rata-rata tersebut dapat mencapai 35% untuk kecepatan kendaraan 95 km/jam. Adapun pada kecepatan 5 km/jam perbedaannya sangat rendah, hanya sekitar 5%. Penyebab perbedaan ini sudah diuraikan di depan, yaitu karena adanya tambahan daya rolling dan daya aerodinamis yang terjadi ketika kendaraan bergerak di jalan. Pengaruh tahanan aerodinamik akan dominan pada kecepatan tinggi, dimana daya merupakan fungsi pangkat 3 dari kecepatan kendaraan.

Untuk keperluan penelitian selanjutnya, akan lebih praktis jika pengujian hanya dilakukan di dalam laboratorium. Oleh karena itu perlu dicari besarnya daya atau konsumsi bahan bakar yang diperlukan untuk mengatasi tahanan rolling dan tahanan aerodinamis. Dengan menggunakan persamaan-persamaan dasar bagi daya rolling dan daya aerodinamik dapat dihitung konsumsi bahan bakar untuk mengatasi tahanan keduanya. Selisih antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran konsumsi bahan bakar di jalan diperlihatkan pada Gambar 9. Terlihat bahwa selisih rata-ratanya berada pada kisaran 4% hingga 7%. Perbedaan ini dapat bersumber dari ketelitian alat ukur, nilai koefisien drag dan koefisien rolling yang digunakan, dan sebagainya. Dengan rendahnya perbedaan antara hasil pengukuran di laboratorium dan hasil perhitungan, maka dapat dikatakan bahwa untuk melakukan pengujian selanjutnya dapat dilakukan hanya di dalam laboratorium. Namun demikian hal ini memerlukan konfirmasi dengan melakukan beberapa pengujian yang melibatkan berbagai jenis kendaraan lainnya.

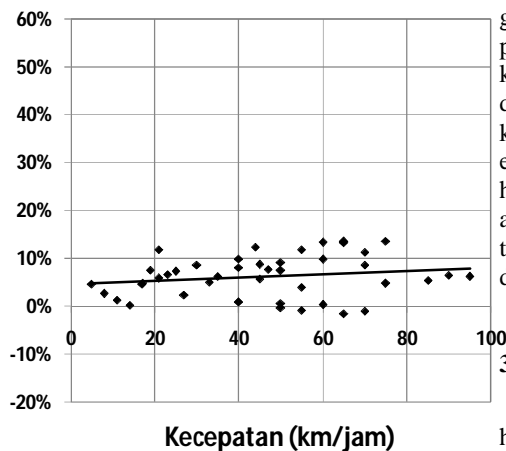
Pada Gambar 10 diperlihatkan nilai efisiensi kendaraan yang dihitung berdasarkan hasil pengukuran konsumsi bahan bakar di jalan, dengan asumsi nilai kalor bahan bakar LHV = 43.000 kJ/kg dan massa jenis bahan bakar adalah 0.75 kg/liter. Titik data yang terlihat pada gambar tersebut menyebar, tergantung dari kecepatan dan posisi gigi. Garis yang ditunjukkan pada gambar ini merupakan kurva yang



Gambar 8 Selisih konsumsi bahan bakar antara pengukuran di laboratorium dan di jalan



Gambar 10 Efisiensi terbaik kendaraan



Gambar 9 Selisih hasil perhitungan dan pengukuran konsumsi bahan bakar di jalan

menghubungkan efisiensi terbaik pada setiap posisi gigi. Terlihat bahwa efisiensi meningkat dengan cepat mulai dari posisi gigi-1 hingga gigi-5. Selanjutnya efisiensi meningkat secara perlahan menuju nilai 16% pada kecepatan 90 km/jam. Oleh karena itu kurva ini dapat dikatakan sebagai kurva efisiensi terbaik kendaraan. Perlu dicatat disini bahwa nilai efisiensi yang tercantum pada Gambar 10 ini hanya memperhitungkan tahanan rolling dan aerodinamik. Adapun pengaruh percepatan dan tanjakan terhadap efisiensi berkendara belum diperhitungkan.

3.2 Uji Coba Mengemudi Hemat Energi

Untuk mengkonfirmasi teknik mengemudi hemat energi, maka pada penelitian ini dilakukan 2 jenis pengujian. Pengujian pertama dilakukan oleh tim peneliti dengan membandingkan tingkat konsumsi bahan bakar pada 2 cara mengemudi, yaitu mengemudi seperti biasa dan mengemudi dengan teknik mengemudi hemat energi. Adapun pedoman yang digunakan untuk mengemudi hemat energi adalah sebagai berikut:

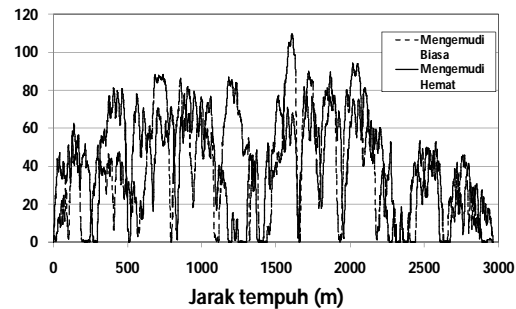
- Lebih sering bekerja pada posisi gigi tinggi
- Menjaga agar putaran mesin maksimum berada pada kisaran 2000 rpm
- Tidak banyak melakukan pengereman.

Pada pengujian kedua dilakukan dengan melibatkan 10 orang pengemudi taxi. Kedua pengujian ini dilakukan di ruas jalan Majapahit, Semarang pada jam 10 – 14 WIB dengan jarak tempuh sepanjang 3 km. Mobil yang digunakan adalah sama dengan pengujian yang dilakukan di

laboratorium. Pada saat melakukan pengujian dengan cara mengemudi biasa digunakan *engine scanner* dan *gps trip recorder*. Selanjutnya pada pengujian dengan teknik mengemudi hemat energi digunakan *fuel econometer* dan *gps trip recorder*. Penggunaan econometer dimaksudkan untuk membantu mengetahui konsumsi bahan bakar sesaat. Selain itu juga untuk mengetahui kecepatan, putaran mesin, jarak tempuh dan konsumsi bahan bakar total.

Pada Gambar 11 ditunjukkan 2 buah rekaman kecepatan selama pengujian, yaitu dengan cara mengemudi biasa dan teknik mengemudi hemat energi. Perbedaan yang tampak dari kedua grafik tersebut adalah bahwa pada teknik mengemudi hemat energi lebih sering beroperasi pada kecepatan yang lebih tinggi. Perbedaan diantara 2 cara mengemudi ini lebih jelas lagi ditunjukkan pada Tabel 4 dan 5. Dari kedua tabel tersebut terlihat bahwa kecepatan rata-rata adalah lebih tinggi ketika mengemudi dengan teknik hemat energi, meskipun kecepatan maksimumnya lebih rendah daripada dengan cara mengemudi biasa. Dari uji coba ini tercatat bahwa dengan teknik mengemudi hemat energi terjadi penghematan bahan bakar sebesar 28.7%, yaitu berubah dari 10.8 km/l menjadi 13.9 km/l. Selain terjadi penghematan energi, dalam uji coba ini juga terlihat bahwa waktu tempuh juga menurun, dari 450 detik menjadi 292 detik. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa dengan teknik mengemudi hemat energi sesungguhnya tidak menambah waktu tempuh.

Selain karena kecepatan rata-rata yang lebih tinggi, penurunan konsumsi bahan bakar mungkin juga dipengaruhi oleh jumlah atau keseringan pemindahan posisi gigi. Pada Tabel 5 ditunjukkan jumlah pemindahan untuk setiap posisi gigi. Dari tabel tersebut jelas terlihat bahwa pada cara mengemudi biasa lebih sering digunakan posisi gigi rendah, sedangkan pada teknik mengemudi hemat energi lebih sering digunakan posisi gigi tinggi. Seringnya pergantian posisi gigi pada kedua pengujian tersebut disebabkan karena ketika dilakukan pengujian dijumpai beberapa *traffic light* dan adanya kendaraan-kendaraan lain yang membatasi kebebasan dalam mengatur kecepatan dan posisi gigi.



Gambar 11 Pola kecepatan pada 2 cara mengemudi

Tabel 4 Hasil uji coba pertama

| | Waktu (det) | Jarak (km) | Kec. Max (km/j) | Kec. Rerata (km/j) | FC (km/l) |
|-----------------|-------------|------------|-----------------|--------------------|-----------|
| Mengemudi Biasa | 450 | 3 | 109 | 24 | 10.8 |
| Mengemudi Hemat | 292 | 3 | 81 | 37 | 13.9 |

Tabel 5 Jumlah pemindahan posisi gigi

| | Gigi-1 | Gigi-2 | Gigi-3 | Gigi-4 | Gigi-5 | Jumlah |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mengemudi Biasa | 14 | 15 | 10 | 2 | 2 | 41 |
| Mengemudi Hemat | 5 | 9 | 7 | 10 | 6 | 31 |

Tabel 6 Hasil pengujian teknik hemat energi

| Driver | Sebelum | Sesudah | Hemat |
|--------|---------|---------|-------|
| A | 10.8 | 13.9 | 28.7% |
| B | 12.35 | 15.15 | 22.7% |
| C | 12.66 | 14.29 | 12.9% |
| D | 13.16 | 15.87 | 20.6% |
| E | 13.16 | 15.63 | 18.8% |
| F | 11.91 | 14.93 | 25.4% |
| G | 11.91 | 13.7 | 15.0% |
| H | 12.2 | 13.89 | 13.9% |
| I | 13.89 | 14.09 | 1.4% |
| J | 14.09 | 14.29 | 1.4% |
| K | 14.29 | 14.29 | 0.0% |

Hasil uji coba efektivitas teknik mengemudi hemat energi diperlihatkan pada Tabel 6. Pada tabel tersebut Driver-A adalah anggota tim peneliti, sedangkan Driver-B sampai dengan K adalah pengemudi taxi yang sehari-hari

beroperasi di Semarang. Pada kolom kedua ditunjukkan konsumsi bahan bakar sebelum diterapkan teknik mengemudi hemat energi, sedangkan pada kolom ketiga ditunjukkan konsumsi bahan bakar setelah diterapkan teknik mengemudi hemat energi. Perlu diketahui, dalam pengujian ini seluruh pengemudi diberi pelatihan singkat tentang teknik mengemudi hemat energi. Pelatihan ini diberikan setelah selesai pelaksanaan pengujian menggunakan cara mengemudi biasa.

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa dari 10 orang pengemudi, terdapat 7 orang yang dapat menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 13% - 28%, atau rata-rata mengalami penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 18.5%. Potensi penghematan bahan bakar yang bisa dilakukan sebenarnya cukup besar. Tingkat konsumsi bahan bakar rata-rata sebelum pelatihan adalah 12.96 km/l, sedangkan nilainya setelah pelatihan adalah 14.61 km/l. Artinya terjadi penurunan konsumsi sebesar 12.7%. Jika dilihat dari nilai konsumsi bahan bakar terburuk (11.91 km/l), yaitu dengan cara mengemudi biasa, dan nilai konsumsi bahan bakar terbaik (15.87 km/l), maka potensi penghematannya adalah sebesar 33%.

Berdasarkan hasil uji coba ini secara umum dapat disimpulkan bahwa teknik mengemudi hemat energi dapat menurunkan konsumsi bahan bakar secara signifikan. Selanjutnya dapat dinyatakan pula disini bahwa teknik mengemudi hemat energi dapat secara efektif diterapkan pada para pengemudi. Pada penelitian ini memang para pengemudi masih dibimbing dalam menerapkan teknik mengemudi hemat energi. Tetapi diyakini bahwa, dengan melakukan latihan yang tidak terlalu lama, dan kemauan yang kuat, maka setiap pengemudi dapat menerapkan teknik mengemudi hemat energi. Hasil ini tentu sangat bermanfaat untuk mendukung Smart Driving, yang merupakan program pemerintah untuk menurunkan konsumsi bahan bakar sekaligus menurunkan emisi gas buang kendaraan bermotor.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan umum yang dihasilkan dari penelitian ini adalah bahwa pengujian yang dilakukan di laboratorium dapat dipergunakan untuk mencari kondisi optimum pengoperasian kendaraan yang hemat energi. Adapun kesimpulan lain yang dihasilkan dari penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

- (1) Kondisi operasi kendaraan yang memberikan konsumsi bahan bakar minimum adalah pada kisaran kecepatan mesin 1650 – 2050 rpm.
- (2) Teknik mengemudi hemat energi dapat dilakukan dengan mengoperasikan kendaraan sedapatnya pada posisi gigi tinggi, dengan putaran maksimum sekitar 2000 rpm dan menjaga agar kecepatan relatif konstan.
- (3) Teknik mengemudi hemat energi dapat secara efektif diterapkan untuk menurunkan konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor dengan potensi penghematan yang cukup besar.
- (4) Penelitian perilaku mengemudi terhadap tingkat konsumsi bahan bakar perlu dilanjutkan dengan mempelajari pengaruh parameter lainnya, misalnya percepatan/pengereman, profesi pengemudi, umur pengemudi, jenis kelamin, dan melibatkan berbagai jenis kendaraan lainnya yang beredar di Indonesia, baik berbahan bakar bensin, solar maupun gas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, 2011, *Data BPS 2010*, Jakarta.
- [2] Kementerian ESDM, 2011, *Handbook of Energi & Economic Statistics of Indonesia 2010*, Jakarta.
- [3] Realisasi Subsidi BBM Meningkatkan Lebih dari 100%, *Investor Daily Indonesia*, edisi 12 September 2011.
- [4] Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Departemen Perhubungan, 2005, *Beberapa Kebijakan Sektor Transportasi Darat Dalam Upaya Penghematan Penggunaan Bahan Bakar Minyak*.
- [5] Martin Kroon, 2006, *Ecodriving the Cool, Safe and Cleanest Driving Style for Saving Fuel Principles and Practice, IEA Workshop Cooling Cars with Less Fuel*, Paris.
- [6] N. Sinaga, T. Priangkoso, D. Widayana dan K. Abdurrohman, 2011, *Kaji Eksperimental Pengaruh Beberapa Parameter Berkendara Terhadap Tingkat Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Penumpang Kapasitas Silinder 1500–2000 CC. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin*, Universitas Brawijaya, Malang.