

Konsumsi bahan bakar LCGC (*Low Cost Green Car*) pada kecepatan normal dan tinggi

Harwin Saptoadi*

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada

*Corresponding author: harwins@ugm.ac.id

Abstract. All motorized vehicles demand efficient fuel consumption due to issues of fossil fuel depletion, operational cost, air pollution, etc. LCGC (low cost green car) promises fuel efficiency. Basically vehicles are expected to move in high speed although more fuels will be consumed accordingly. In order to avoid higher fuel consumption, most cars are provided with overdrive transmission system to maintain relatively low engine rotational speed in spite of high wheel rotational speed. Lower engine speed will require less fuel. The research is carried out by running a typical LCGC (3 cylinders, 1000 cc) on a Dynolog chassis dynamometer AWD 1200 in order to measure its torque, power and AFR (air-fuel ratio) at various vehicle speeds, which are dictated by the engine speed and the gear position. Normal speed is acquired at the 3rd gear (gear ratio 1.25), while high speed at the 5th gear (gear ratio 0.707). Fuel consumptions can be calculated based on the obtained data. The advantages of overdrive transmission system can be demonstrated quantitatively. Generally, maximum power and torque at normal speeds are lower compared to those at high speeds. Therefore, the higher the gear position the better the performance. On the contrary, the minimum SFC (specific fuel consumption) at normal speeds is significantly higher than that at high speeds.

Abstrak. Semua kendaraan bermotor menginginkan konsumsi bahan bakar yang efisien terkait dengan isu kelangkaan bahan bakar fosil, biaya operasional, serta polusi udara. LCGC (*low cost green car*) menjanjikan efisiensi bahan bakar. Pada umumnya diinginkan agar mobil melaju dengan kecepatan tinggi walaupun konsekwensinya menjadi boros bahan bakar. Untuk itu kebanyakan mobil dilengkapi dengan sistem transmisi *overdrive* sehingga putaran *engine* relatif rendah walaupun putaran roda mobil sudah tinggi. Putaran *engine* yang relatif rendah akan mengkonsumsi bahan bakar lebih sedikit. Penelitian ini dilakukan dengan menjalankan sebuah LCGC (3 silinder, 1000 cc) pada *Dynolog chassis dynamometer* seri AWD 1200 untuk mengetahui daya, torsi dan AFR (*air-fuel ratio*) sebagai fungsi dari kecepatan mobil, dimana kecepatan mobil tergantung pada putaran *engine* dan posisi gigi. Kecepatan normal diperoleh pada posisi gigi 3 (*gear ratio* 1,25), sedangkan kecepatan tinggi diperoleh pada posisi gigi 5 (*gear ratio* 0,707). Dari data yang diperoleh, konsumsi bahan bakar dapat dihitung dan manfaat sistem transmisi *overdrive* dapat ditunjukkan secara kuantitatif. Pada umumnya torsi maksimum dan daya maksimum pada kecepatan normal lebih rendah dibandingkan pada kecepatan tinggi, dengan demikian semakin tinggi posisi gigi akan memberikan unjuk kerja yang semakin baik. Sebaliknya, SFC (*specific fuel consumption*) minimum pada kecepatan normal secara signifikan lebih tinggi dari pada SFC minimum pada kecepatan tinggi.

Keywords: Daya engine, Kecepatan kendaraan, Konsumsi bahan bakar spesifik, Overdrive, Posisi gigi

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Perbaikan kondisi ekonomi menyebabkan semakin banyak kendaraan bermotor digunakan di Indonesia, khususnya di kota-kota besar dimana kendaraan bermotor lebih mudah terbeli oleh masyarakat. Sayangnya pada saat yang sama muncul berbagai problem terkait dengan isu lingkungan berupa polusi udara, isu kelangkaan bahan bakar fosil dan isu ekonomi berupa kenaikan biaya operasional kendaraan bermotor. Meskipun problematika yang ditimbulkan oleh kendaraan beroda dua dengan kapasitas *engine* yang kecil tidak separah kendaraan besar, akan tetapi dengan jumlah sepeda motor yang lebih banyak dibandingkan dengan mobil maka permasalahan

akan semakin rumit. Jawaban dari semua problem tersebut adalah efisiensi pemakaian bahan bakar pada kendaraan bermotor, khususnya kendaraan beroda empat dengan kapasitas *engine* yang besar. Pemerintah telah meluncurkan program kendaraan LCGC (Low Cost Green Car) sejak beberapa tahun yang lalu. Mobil LCGC ini dirancang memiliki 3 silinder dengan kapasitas volumetris kurang dari 1000 cc, berukuran kecil dan kompak, serta fitur yang minimalis, sehingga dapat dipasarkan dengan harga yang terjangkau oleh masyarakat menengah ke bawah. Mobil ini cocok digunakan pada lalu lintas perkotaan yang padat, sehingga sering juga disebut sebagai *city car*. Dengan kapasitas *engine* yang kecil maka unjuk-kerjanya kurang bagus, akan

tetapi konsumsi bahan-bakarnya menjadi hemat dan ramah lingkungan. Mobil ini juga dilengkapi dengan transmisi 5 gigi, dimana gigi ke 4 dan ke 5 sudah *overdrive* (memiliki gear ratio < 1), yang akan terpakai pada saat kondisi jalan sudah memungkinkannya untuk melaju cepat. Pada umumnya memang diinginkan agar mobil melaju dengan kecepatan tinggi walaupun konsekwensinya menjadi boros bahan bakar. Sistem transmisi *overdrive* ini membuat putaran roda mobil lebih tinggi dari putaran poros *engine*, padahal konsumsi bahan bakar tergantung pada putaran poros *engine*, dimana semakin rendah putaran *engine* maka konsumsi bahan bakar akan semakin sedikit. Wajarlah seandainya pada kecepatan kendaraan yang tinggi digunakan posisi gigi *overdrive*.

Pemilihan tingkat gigi yang tidak tepat akan membuat konsumsi bahan bakar menjadi boros. Casavola dkk. (2010) telah meneliti strategi pemindahan gigi untuk menekan konsumsi bahan bakar dengan menggunakan EGA (Efficient Gear Actuator) serta GFA (Genetic and Fuzzy Algorithm). Pada prinsipnya mereka menyarankan untuk sedapat mungkin menggunakan gigi tertinggi untuk mempertahankan putaran engine yang rendah dan menurunkan konsumsi bahan bakar [1]. Konsumsi bahan bakar dapat diestimasi oleh Lee dkk. (2011) dengan menggunakan persamaan polynomial sebagai fungsi dari putaran engine dan/atau TPS (Throttle Position Sensor). Setelah dilakukan validasi dengan test di jalan raya sejauh 5 km dapat disimpulkan bahwa persamaan yang mereka usulkan dapat diterima [2].

Sebagaimana ditunjukkan oleh Ahangar dkk. (2010), manfaat penggunaan transmisi *overdrive* ternyata bukan hanya terkait dengan efisiensi bahan bakar melainkan juga kebisingan, keausan dan kerusakan *engine*. Secara khusus mereka meneliti efisiensi *gearbox* transmisi pada gigi ke 5 (lima) dan membandingkannya dengan gigi ke 4 (empat) [3]. Demikian juga dengan Goharimanesh dkk. (2014) yang mencoba melakukan optimasi *gearbox* 5 tingkat gigi untuk meminimalisir konsumsi bahan bakar dengan menggunakan metode Taguchi. Hasil simulasi kemudian dikonfirmasi dengan eksperimen menggunakan kendaraan 50 horsepower dan 150 horsepower, dan akhirnya disimpulkan bahwa faktor yang paling signifikan dalam menentukan konsumsi bahan bakar adalah posisi gigi ke 5 (lima) [4].

Irimescu dkk. (2011) menunjukkan bahwa efisiensi sistem transmisi manual kendaraan dapat diketahui dengan menggunakan *chassis dynamometer*, dimana daya roda dapat diukur sementara daya engine dihitung dengan software.

Mereka mencoba satu kendaraan FWD (*Front Wheel Drive*) berkapasitas 1390 cc dan satu kendaraan RWD (*Rear Wheel Drive*) berkapasitas 1998 cc. Nampak bahwa efisiensi transmisi tertinggi tercapai pada putaran engine yang rendah, yaitu antara 1500 – 2000 rpm [5]. Penggunaan *chassis dynamometer* untuk mengetahui unjuk kerja kendaraan bermotor sudah sangat lazim, sebagaimana pernah dilakukan oleh Saptoadi (2017) untuk menilai kelayakan bahan bakar beroktan tinggi [6] maupun efisiensi kendaraan pada kecepatan rendah [7]. Penelitian ini juga menggunakan *chassis dynamometer* untuk mengetahui konsumsi bahan bakar mobil LCGC yang banyak terdapat di Indonesia pada saat kecepatan normal dan kecepatan tinggi. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman bagi para pengguna kendaraan bermotor untuk berlaku efisien dan ramah lingkungan.

Metode Penelitian

Sebuah mobil LCGC dipasang di atas *chassis dynamometer* AWD 1200 untuk diketahui unjuk kerjanya, seperti nampak pada Gambar 1. Mobil tersebut memiliki 3 silinder segaris dengan *volume displacement* total sebesar 998 cc, dengan 12 katup, EFI, DOHC, serta transmisi manual 5 tingkat. *Gear ratio* pada gigi 3 adalah sebesar 1,25, sedangkan pada gigi 5 sebesar 0,707 (*overdrive*). *Chassis dynamometer* mampu mengukur daya maksimum 850 kW tiap poros pada 240 km/h dan torsi maksimum 1700 Nm tiap landasan. *Wheel base* dapat diatur jaraknya antara 230 cm dan 325 cm, serta lebar track juga dapat diatur antara 60 cm – 220 cm. Unjuk kerja yang terukur adalah daya, torsi dan AFR (*Air-Fuel Ratio*) sebagai fungsi dari putaran engine (atau kecepatan kendaraan bermotor) dan posisi gigi.



Gambar 1. Mobil ditest pada chassis dynamometer [7].

Selanjutnya data yang terukur tersebut kemudian diolah sebagaimana dilakukan pada penelitian-penelitian terdahulu [6,7]. Konsumsi bahan bakar \dot{m}_f dihitung berdasarkan AFR yang terukur dengan menggunakan rumus:

$$AFR = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f}, \quad (1)$$

Sedangkan konsumsi udara \dot{m}_a dihitung berdasarkan pada rumus:

$$\dot{m}_a = \eta_v \rho_a V_d \frac{N}{2}, \quad (2)$$

dimana η_v adalah efisiensi volumetris silinder engine, ρ_a adalah densitas udara, V_d adalah piston displacement, N adalah kecepatan putaran engine, dan angka 2 menunjukkan bahwa terjadi 2 kali putaran untuk setiap kali pemasukan udara. Pada kenyataannya efisiensi volumetris η_v berfluktuasi di antara 0,8 – 0,89 sesuai dengan putaran engine, oleh karena itu untuk keperluan perhitungan harganya diasumsikan konstan 0,86. Densitas udara $\rho_a = 1,1321 \text{ kg/m}^3$, karena kondisi sekitar pada saat dilakukan pengujian adalah 32 °C dan 991 mbar. Akhirnya, SFC (Specific Fuel Consumption) dapat ditentukan dengan rumus:

$$SFC = \frac{\dot{m}_f}{\text{Daya}}, \quad (3)$$

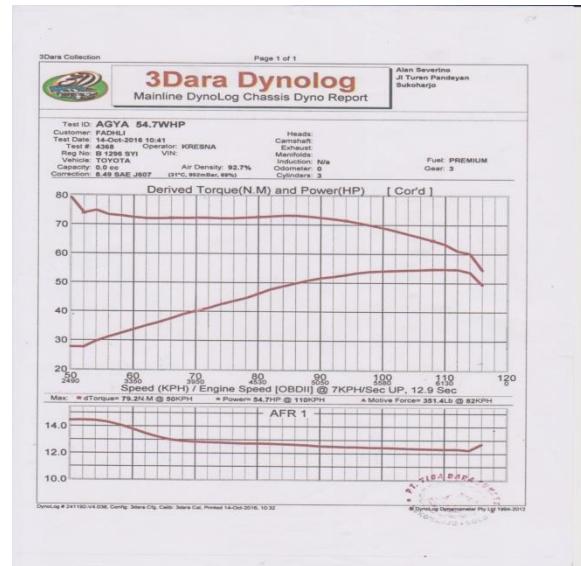
Bahan bakar yang digunakan adalah jenis premium dengan RON (angka oktan riset) = 88. Posisi gigi yang diperhitungkan adalah gigi ke 3 (tiga) yang biasa digunakan pada kecepatan normal (minimum 50 km/h) dan gigi ke 5 (lima) yang digunakan pada kecepatan tinggi (minimum 75 km/h).

Perhitungan SFC untuk posisi gigi ke 3 dilakukan pada kecepatan 60 km/h sampai 110 km/h, sedangkan pada gigi ke 5 pada kecepatan 80 km/h sampai 140 km/h, masing-masing dengan interval 10 km/h.

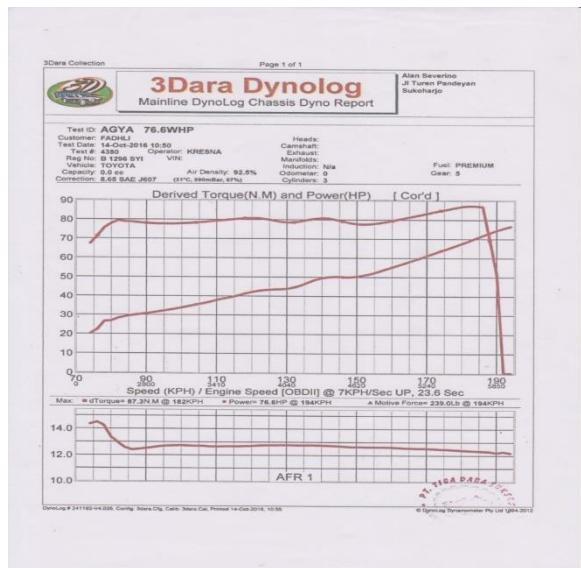
Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran dengan dynamometer pada posisi gigi 3 dan gigi 5 ditunjukkan masing-masing pada gambar 2 dan 3. Pada gigi 3 kecepatan yang diukur adalah di antara 50 km/h (2490 rpm) sampai 116 km/h (6460 rpm), sedangkan pada gigi 5 tercatat kecepatan sebesar 75 km/h (2340 rpm) sampai 185 km/h (5700 rpm). Pada umumnya dengan naiknya putaran maka daya juga akan meningkat. Pada gigi 5 dapat diperoleh torsi yang relatif lebih tinggi (sekitar 80 Nm) dibandingkan dengan gigi 3 (sekitar 70 Nm). Baik pada gigi 3 maupun gigi 5 nampak bahwa pada kecepatan rendah harga AFR tinggi (antara 13 sampai 14) kemudian setelah kecepatan meningkat harga AFR berkisar normal di antara 12 dan 13. AFR tinggi menunjukkan operasi ekonomis akibat lean mixture (campuran dengan bahan bakar relatif lebih sedikit)

dengan konsekwensi daya yang dihasilkan akan lebih rendah.



Gambar 2. Hasil test pada gigi 3



Gambar 3. Hasil test pada gigi 5

Dengan menggunakan Pers. 1 – 3, SFC dapat dihitung sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1. Konsumsi bahan bakar tidak dinyatakan secara sederhana dalam satuan l/h atau g/h karena tidak mencerminkan efisiensi kendaraan bermotor, dimana konsumsi bahan bakar pasti akan rendah jika daya yang dihasilkan juga rendah, sedangkan pada kondisi nyata pengendara mobil sering membutuhkan daya yang tinggi. Oleh karena itu konsumsi bahan bakar lebih tepat dinyatakan dalam SFC (*specific fuel consumption*, dalam satuan g/kWh) yang menunjukkan kebutuhan bahan bakar guna membangkitkan satu satuan daya yang sama pada berbagai kondisi operasi kendaraan bermotor.

Tabel 1. Konsumsi bahan bakar spesifik

Kecepatan (km/h)	SFC Gigi-3 (g/kWh)	SFC Gigi-5 (g/kWh)	Penurunan (%)
60	283,203		
70	302,409		
80	302,960	273,065	9,86
90	306,632	289,745	5,50
100	326,800	283,256	13,32
110	357,115	281,461	21,18
120		272,789	
130		283,895	
140		267,739	

Pada operasi kendaraan bermotor dengan gigi 3 nampak jelas bahwa SFC lebih besar (> 300 g/kWh) dibanding dengan gigi 5 (< 290 g/kWh). Semakin tinggi kecepatan kendaraan bermotor pada gigi 3 konsumsi bahan bakar spesifik akan meningkat secara konsisten, berarti *engine* semakin tidak efisien. Pada daerah kecepatan 70 – 90 km/h konsumsi bahan bakar spesifik tidak berbeda banyak. Meskipun demikian, dianjurkan agar segera memindahkan gigi ke posisi yang lebih tinggi (misalnya gigi 5) untuk menghemat bahan bakar, dimana penghematan tersebut berkisar antara 5,5% sampai 9,86%. Kecepatan tinggi (> 100 km/h) sama sekali tidak dianjurkan pada posisi gigi ke 3 karena SFC yang sedemikian besar. Dalam hal ini pemindahan ke posisi gigi yang lebih tinggi akan menyebabkan penghematan bahan bakar yang sangat signifikan (antara 13,32% sampai 21,18%). Disini nampak manfaat dari *overdrive transmission system*.

SFC pada posisi gigi ke 5 nampak fluktuatif di daerah yang sempit (antara 267,74 – 289,74 g/kWh) tanpa pola yang jelas. Meskipun demikian dapat disimpulkan bahwa *engine* lebih efisien dioperasikan dengan gigi 5 pada kecepatan kendaraan yang tinggi. Dianjurkan agar tidak melebihi kecepatan 120 km/h karena SFC hampir minimum, serta dengan alasan keamanan.

Kesimpulan

Overdrive transmission system sebagaimana digunakan pada posisi gigi ke 5 terbukti sangat bermanfaat untuk menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik kendaraan bermotor.

Pada posisi gigi 3 (tidak *overdrive*) SFC lebih tinggi (> 300 g/kWh) dibandingkan dengan gigi 5 yang hanya sebesar < 290 g/kWh.

Pada kecepatan normal (gigi 3) konsumsi bahan bakar naik secara konsisten terhadap bertambahnya kecepatan kendaraan, sementara pada kecepatan tinggi pola perubahan konsumsi bahan bakarnya tidak jelas.

Penghargaan

Ucapan terima kasih disampaikan kepada mahasiswa tingkat sarjana, Fadhl Akbar, yang telah menjalankan tugas dengan baik sebagai asisten peneliti. Penelitian ini dilaksanakan dengan Hibah Penelitian DTMI 2018, dimana tanpa hibah tersebut penelitian dan publikasi ini tidak akan terlaksana dengan baik.

Referensi

- [1] Casavola, A., Prodi, G., and Rocca, G., 2010. Efficient gear shifting strategies for green driving policies. Proceedings of 2010 American Control Conference, Baltimore, USA, 4331-4336.
- [2] Lee, M.G., Park, Y.K., Jung, K.K., and Yoo, J.J., 2011. Estimation of fuel consumption using In-Vehicle parameters. International Journal of u- and e- Service, Science and Technology, vol. 4, No. 4, 37-45.
- [3] Ahangar, R.G., Meigounpoory, M.R., and Eskandari, A., 2010. Fuel consumption and gearbox efficiency in the fifth gear ratio of Roa vehicle. Journal of Advanced Theoretical and Applied Mechanics, vol. 3, No. 7, 299-308.
- [4] Goharimanesh, M., Akbari, A., and Tootoonchi, A.A., 2014. More efficiency in fuel consumption using gearbox optimization based on Taguchi method. Journal of Industrial Engineering International, 10:61, DOI 10.1007/s40092-014-0061-y, 1-8.
- [5] Irimescu, A., Mihon, L., and Padure, G., 2011. Automotive transmission efficiency measurement using a chassis dynamometer. International Journal of Automotive Technology, vol. 12, No. 4, 555-559.
- [6] Saptoadi, H., 2017. Technical, environmental and economical feasibilities of fuel with higher octane number. Proceedings of 8th International Conference on Innovations in Engineering, Technology, Computers and Applied Sciences, Bangkok, Thailand, 8-14.
- [7] Saptoadi, H., 2017. Dynamometer tests to estimate efficiencies of slow moving vehicles. Proceedings of International Conference on Engineering Research and Applications, Istanbul, Turkey, 267-271.