

ANALISIS PENGARUH RASIO FINAL GEAR TERHADAP KECEPATAN DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR MOBIL HYBRID URBAN KMHE 2018

Koerniawan Hastho Poetro

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta
Jl. Meruya Selatan No. 01, Kembangan, Jakarta Barat 11650, Indonesia

E-mail: koerniawanhp@gmail.com

Abstrak -- Rasio diferensial dalam dunia otomotif disebut sebagai rasio roda gigi akhir (final gear ratio). Rasio roda gigi akhir terdiri dari pinion gear dan ring gear. Rasio roda gigi akhir (final gear ratio) akan mempengaruhi kecepatan dan konsumsi bahan bakar yang dapat dicapai oleh mobil. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen dan data yang didapat ditampilkan dengan metode deskriptif. Pengujian dimulai dengan memilih dua rasio roda gigi akhir yaitu 1,27 dan 2,53. Nilai rasio roda gigi akhir ini didapatkan dari pemakaian pinion gear dengan jumlah gigi 15 dan jumlah gigi 30, yang dipasangkan dengan ring gear dengan jumlah gigi 38 yang banyak terdapat di pasaran. Pengujian dilakukan dengan menjalankan mobil di lintasan beraspal sepanjang 2800 meter (4 lap @700 meter), dari posisi diam hingga mencapai garis akhir lintasan, dengan kecepatan 30 km/jam dan 40 km/jam. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali untuk masing-masing nilai rasio roda gigi akhir dan masing-masing kecepatan. Data yang dihasilkan ditampilkan dalam bentuk tabulasi dan grafik. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh hasil bahwa roda gigi pinion dengan jumlah gigi 30 memerlukan waktu tempuh lebih singkat, putaran mesin lebih rendah, dan konsumsi bahan bakar yang lebih efisien dibandingkan roda gigi pinion bergigi 15. Roda gigi pinion berjumlah gigi 30 memiliki efisiensi konsumsi bahan bakar 8,9% lebih baik pada kecepatan 30 km/jam dan memiliki efisiensi konsumsi bahan bakar 4,7% lebih baik pada kecepatan 40 km/jam.

Kata Kunci: mobil hibrida, rasio diferensial, kecepatan, final gear ratio, konsumsi bahan bakar

Abstract – In automotive world, differential ratio also known as final gear ratio. It consist of pinion gear and ring gear. Final gear ratio will be affecting car speed and fuel consumption that can be achieved. Research will be performed by experiment and data collection will be displayed through descriptive methode. Research began by selecting 2 kind of final gear ratio which are 1,27 and 2,53. Those ratios have been achieved by selecting pinion gear 15 and 30 teeth and ring gear 38 teeth, which are common and easy to find on the market. Testing performed by running the car on the tarmac testing track, 2800 meters (4 lap @700 meters), from stop until reached finish line with limited the speed test by 30 km/h and 40 km/h. Each test will be performed 5 times and the data collection will be displayed by tabulation and chart. The test results shown pinion gear with 30 teeth have less travelling time, less engine rotation and better fuel efficiency compare with pinion gear 15 teeth. Pinion gear 30 teeth have 8,9% better fuel consumption on 30 km/h speed and 4,7% better fuel consumption on 40 km/h.

Keywords: hybrid car, differetial ration, speed, final gear ratio, fuel consumption

1. PENDAHULUAN

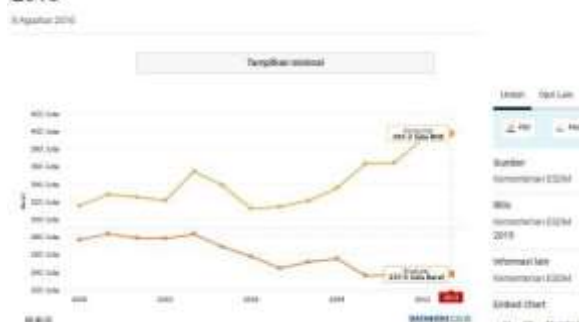
Mengemudikan kendaraan di daerah kemacetan akan mengharuskan kendaraan kita untuk bergerak dan berhenti berulang kali. Saat kendaraan sedang berhenti, mesin bensin tetap bekerja mengkonsumsi bahan bakar minyak tanpa menghasilkan nilai kerja yang memadai. Hal ini menyebabkan konsumsi bahan bakar menjadi boros, kurang efisien dan ikut andil menyebabkan pencemaran udara.

Data dari Kementerian ESDM tentang “Produksi dan Konsumsi BBM di Indonesia 2000-2013” menunjukkan bahwa produksi minyak mentah menurun dari 276.7 juta barrel di tahun 2000 menjadi 237.5 juta barrel di tahun 2013.

Sedangkan konsumsi pemakaian bahan bakar minyak di rentang waktu yang sama (2000-2013) mengalami kenaikan yaitu dari 315.3 juta

BOE (Barrel of Oil Equivalent) di tahun 2000 menjadi 397.2 juta BOE di tahun 2013(ESDM, 2016).

Produksi dan Konsumsi BBM di Indonesia 2000-2013

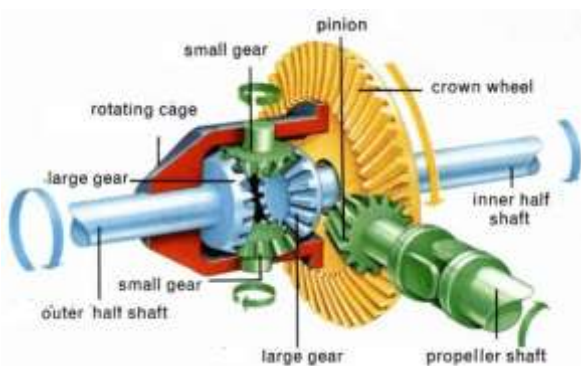


Gambar 1. Produksi dan konsumsi BBM tahun 2000-2013 (ESDM, 2016)

Mahalnya harga bahan bakar minyak dan menurunnya produksi minyak mentah, membuat produsen mobil berlomba-lomba membuat mobil hemat energi.

Salah satu mobil hemat energi yang sudah dikembangkan adalah mobil hibrida. Mobil hibrida menggunakan penggabungan tenaga mesin bensin dan motor listrik dari baterai untuk sumber tenaga penggerak. Dengan adanya penggabungan sumber tenaga ini diharapkan akan terjadi efisiensi pemakaian bahan bakar minyak.

Mesin bensin dan motor listrik dari baterai pada mobil hibrida menjadi sumber tenaga untuk menggerakkan mobil hibrida hingga mencapai kecepatan tertentu. Kecepatan yang dapat dicapai mobil tergantung dari sumber tenaga yang dihasilkan mesin mobil. Tenaga yang dihasilkan dari sumber tenaga akan diteruskan ke roda penggerak mempergunakan *differential* (Bahasa Inggris: *differential* ; yang berarti pembeda), atau sering dikenal dengan nama gardan (Pranoto, 2015a).



Gambar 2. Gardan (*differential*) mobil

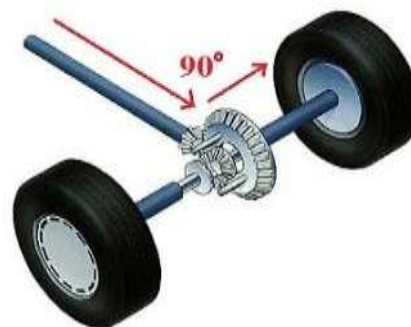
Selain sebagai penerus tenaga, gardan (*differential*) juga berfungsi merubah arah putaran sebesar 90°, sehingga mobil dapat bergerak maju dan mundur.

Salah satu komponen utama yang terdapat pada gardan (*differential*) adalah roda gigi. Roda gigi inilah yang berfungsi menyalurkan tenaga dari putaran mesin menjadi putaran roda.

Tenaga yang dihasilkan dari mesin bensin dan motor listrik dari baterai disalurkan ke *drive pinion gear* yang berada di gardan (*differential*). Kemudian tenaga ini disalurkan ke side gear yang terhubung langsung ke poros roda melalui *ring gear (crown gear)*. Akibatnya roda akan berputar yang akan menggerakkan mobil pada satu kecepatan tertentu. Kecepatan yang dihasilkan ditentukan oleh perbandingan jumlah gigi pada *drive pinion gear* dan *ring gear (crown gear)*. Perbandingan jumlah gigi pada *drive pinion gear* dan *ring gear (crown gear)* inilah yang nantinya akan menentukan perbandingan kecepatan putar antara poros propeler dan poros roda. Hasil perbandingan ini yang nantinya akan

memberikan nilai kecepatan tertentu pada saat mobil melaju.

Dalam penulisan ini, rasio roda gigi pada gardan (*differential*) memungkinkan untuk dimodifikasi. Karena di dalam gardan (*differential*) terdapat roda gigi sebagai penerus dan perubah arah tenaga, yang memungkinkan untuk diganti perbandingan roda giginya.



Gambar 3. Gardan (*differential*) mobil sebagai perubah arah putaran

2. LANDASAN TEORI

2.1 Mobil hibrida

Mobil hibrida merupakan kendaraan yang menggunakan dua jenis teknologi yang digunakan sebagai sumber tenaganya. Jika pada umumnya mobil hanya memiliki mesin bensin, mobil hibrida memiliki satu sumber mesin lain yakni motor listrik dari baterai sebagai sumber tenaganya.

Sumber tenaga ini memang tidak digunakan secara langsung, melainkan mesin bensin yang digunakan sebagai sumber daya utama dan motor listrik dari baterai digunakan sebagai salah satu sumber energi cadangan menyesuaikan situasi yang ada (Société de Technologie Michelin, 2003).

2.2 Prinsip kerja mobil hibrida: Full hibrida dan mobil hibrida standar

Prinsip kerja dari mobil hibrida adalah adanya motor listrik dengan sistem regeneratif isi ulang (*recharging*). Saat mobil berjalan normal, sebagian tenaga mesin akan disalurkan untuk mengisi ulang baterai apabila baterai kekurangan daya. Saat mobil melakukan pengereman, energi kinetik saat pengereman (*regenerative braking*) akan dimanfaatkan untuk mengisi ulang baterai yang sudah kekurangan daya. Saat mobil berjalan lambat atau berhenti, motor listrik akan menggantikan fungsi mesin konvensional sebagai sumber tenaga penggerak. Dengan sistem operasi seperti ini maka akan terjadi penghematan bahan bakar minyak (BBM) dan pengurangan emisi gas buang.



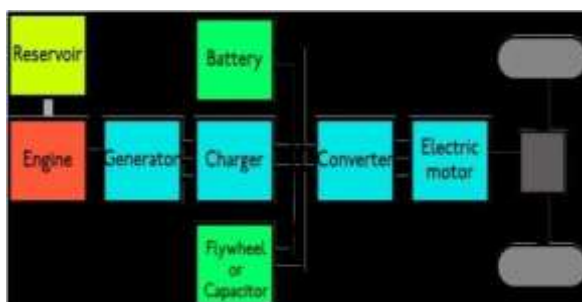
Gambar 4. Konsep mobil hibrida

2.3 Sistem Penyalur Tenaga Pada Mobil Hibrida

Sistem penyalur tenaga pada mobil hibrida dapat dikategorikan ke dalam 3 jenis yaitu:

A. Mobil Hibrida Jenis Seri

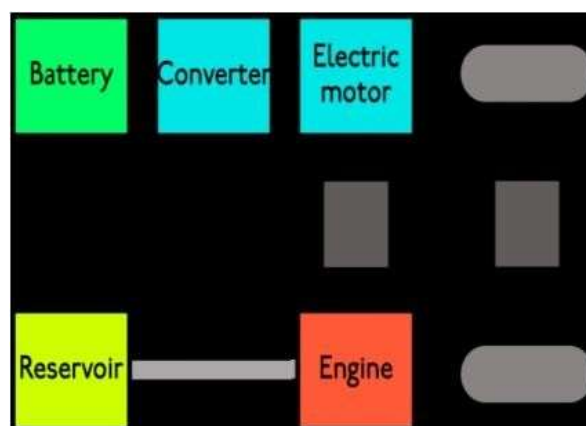
Pada mobil hibrida berpengerak seri, penggerak utama pada mobil adalah motor listrik. Mesin bensin bertindak sebagai generator yang berfungsi mengisi baterai yang memberikan tenaga untuk menggerakkan motor listrik sebagai penggerak utama (lihat gambar 5). Mobil hibrida berpengerak seri umumnya memiliki ukuran baterai dan motor listrik yang besar dan mesin berbahan bakar minyak berukuran lebih kecil (Vinay K M, 2009).



Gambar 5. Struktur mobil hibrida jenis seri

B. Mobil Hibrida Jenis Paralel

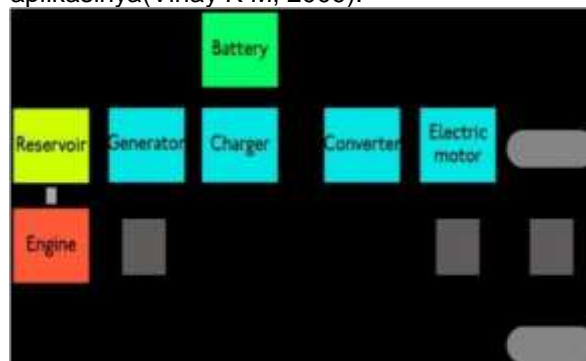
Pada mobil hibrida berpengerak paralel, sumber tenaga dari mesin berbahan bakar minyak dan motor listrik dihubungkan secara paralel melalui transmisi mekanis. Baik mesin berbahan bakar minyak maupun motor listrik dapat menggerakkan transmisi mekanis pada saat bersamaan karena masing-masing sumber penggerak terhubung ke transmisi mekanis secara independen, dan selanjutnya transmisi mekanis akan menggerakkan roda (Vinay K M, 2009).



Gambar 6. Struktur mobil hibrida jenis paralel

C. Mobil Hibrida Jenis Seri-Paralel

Pada mobil hibrida berpengerak seri-paralel, sistem penggerak poros roda merupakan kombinasi dari dua sistem penggerak roda. Sistem penggerak ini dapat berfungsi hanya menyalurkan tenaga dari motor listrik saja (mobil hibrida jenis seri), hanya menyalurkan tenaga dari mesin berbahan minyak (mesin berbahan bakar minyak konvensional), atau sebagai kombinasi dari motor listrik dan mesin berbahan bakar minyak (mobil hibrida jenis paralel). Mobil hibrida jenis kombinasi ini merupakan kendaraan yang sistem penyalur tenaganya paling kompleks dan paling tidak efisiensi untuk sebagian besar aplikasinya (Vinay K M, 2009).



Gambar 7. Struktur mobil hibrida jenis seri-paralel

2.4 Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap performa kecepatan mobil hibrida

Performa kecepatan pada mobil hibrida dipengaruhi oleh beberapa faktor:

1. Mesin (sumber tenaga)

Mesin merupakan sumber tenaga utama untuk menggerakkan kendaraan. Mesin mobil menghasilkan tenaga yang akan menggerakkan roda sehingga mobil akan bergerak dengan kecepatan tertentu. Semakin besar tenaga yang dihasilkan mesin akan semakin tinggi kecepatan yang dapat dicapai.

2. Berat kendaraan

Berat kendaraan juga menjadi faktor yang berpengaruh terhadap kecepatan mobil. Semakin berat kendaraan maka kecepatan yang dapat dicapai akan semakin rendah.

3. Diameter roda

Diameter roda juga akan mempengaruhi kecepatan mobil. Semakin besar diameter roda semakin tinggi kecepatan yang dapat dicapai.

4. Sistem penggerak roda

Sistem penggerak mobil terbagi dalam dua kategori, yaitu mobil berpenggerak 2 roda (2WD) dan mobil berpenggerak empat roda (4WD). Pada mobil berpenggerak dua roda, roda penggerak dapat berasal dari roda belakang atau roda depan. Sedangkan untuk mobil berpenggerak empat roda, semua roda berfungsi menjadi penggerak.

5. Rasio roda gigi akhir (final gear ratio)

Faktor terakhir yang sangat penting dalam performa kecepatan mobil hibrida adalah rasio roda gigi akhir (final gear ratio). Semakin rendah nilai rasio, putaran roda semakin tinggi, semakin tinggi nilai rasio putaran roda semakin rendah (Tips Otomotif, 2016) (Pristanto, 2016).

Dalam tulisan ini, penulis akan membahas tentang rasio roda gigi akhir (final gear ratio) yang terletak di dalam gardan (differential).

2.5 Gardan Mobil (Car Differential)

Differential atau yang biasa disebut gardan adalah salah satu komponen paling penting yang ada pada kendaraan bermotor khususnya kendaraan roda empat. Gardan atau differential ini adalah salah satu komponen yang masih termasuk bagian dari sistem penggerak kendaraan sehingga keberadaannya sangatlah diperlukan. Fungsi utama dari gardan ini adalah untuk meneruskan tenaga putar yang dihasilkan oleh mesin mobil menuju roda-roda penggerak yang sebelumnya tenaga putar ini dihubungkan ke sistem kopling - transmisi - batang propeller dan selanjutnya adalah gardan.

2.5.1 Fungsi Gardan Mobil (Car Differential)

Fungsi gardan (differential) adalah sebagai berikut:

1. Gardan sebagai pembeda putaran poros roda antara kiri dan kanan

Fungsi utama dari gardan atau differensial ini adalah sebagai pembeda gerak putar antara poros atau as roda bagian kiri dan bagian kanan kendaraan. Dengan adanya perbedaan putar inilah radius belok mobil menjadi lebih pendek sehingga mobil tidak perlu berputar lebih jauh ketika berbelok. Selain mempermudah mobil pada saat berbelok, dengan adanya perbedaan

putaran antara roda kiri dan kanan mobil membuat salah satu ban tidak mengalami slip yang hanya akan membuatnya cepat aus dan rusak.

2. Gardan sebagai penerus tenaga putar mesin menuju poros penggerak

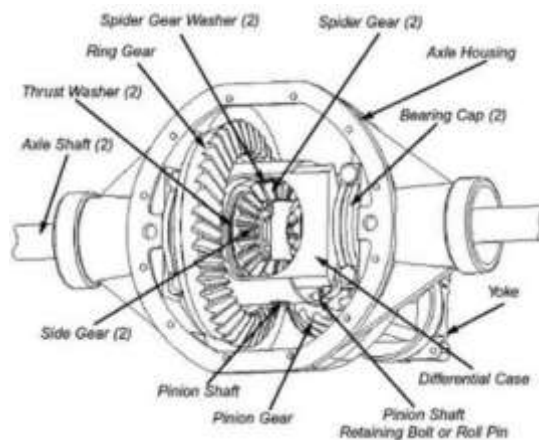
Gardan selain memiliki fungsi sebagai pembeda gerak antara poros roda bagian kiri dan kanan juga memiliki fungsi lainnya yakni sebagai penerus tenaga putar yang dihasilkan oleh mesin menuju poros roda penggerak, dalam hal ini adalah ban kendaraan.

3. Gardan mengubah arah putar sebesar 90 derajat

Dengan adanya gardan pada kendaraan ini, maka tenaga putar yang semula lurus dari mesin - transmisi - kopling akan diubah menjadi sebesar 90 derajat sehingga dapat memutar poros roda penggerak, sehingga mobil dapat bergerak maju dan mundur.

4. Meningkatkan tenaga putar / momen

Dengan adanya gardan ini maka tenaga putar yang dihasilkan oleh mesin bisa ditingkatkan lebih besar lagi dan selanjutnya tenaga ini akan disalurkan ke poros roda penggerak. Hal ini bisa anda lihat dimana gigi pinion gear yang ukurannya kecil ini memutar ring gear yang ukurannya lebih besar (Automotivexist, 2016).



Gambar 8. Penampang gardan (differential)

Laju Bergeraknya mobil disebut sebagai kecepatan. Definisi kecepatan adalah besarnya jarak yang ditempuh oleh benda tiap satuan waktu. Kecepatan adalah jenis besaran yang bergantung pada arah, sehingga kecepatan termasuk dalam besaran vektor. Untuk gerak satu dimensi, arah dari kecepatan dapat dinyatakan dengan tanda positif atau negatif. Satuan kecepatan dinyatakan dalam meter per detik (m/s) atau kilometer per jam (km/jam).

Rumus untuk kecepatan adalah:

Dimana: (1)

- v = kecepatan dalam m/s atau km/jam
- s = jarak tempuh
- t = waktu tempuh

Setiap merk unit atau pabrikan mengeluarkan spesifikasi tersendiri mengenai konsumsi bahan bakar kendaraannya. Biasanya ditunjukkan dalam kurva *performance engine* yang dikaitkan antara *engine horse power* dan *max torque* dengan konsumsi bahan bakar *ratio* (Hino, 2006). Sehingga rumus dasar konsumsi bahan bakar adalah(Pranoto, 2014) :

$$\frac{(\quad)(\quad)}{(\quad)} \quad (2)$$

Dimana:

- p = Spesific Gravity Diesel Oil (gr/ml)
- π = phi (3,14)
- fb = Konsumsi Bahan Bakar Minimal Dengan Beban Maksimal (g/kwh)
- A = Area Kabin (m²)
- V = Kecepatan Maksimal (km/jam)

Perhitungan rasio konsumsi bahan bakar secara aktual dapat ditentukan dengan persamaan (Wikihow, n.d). :

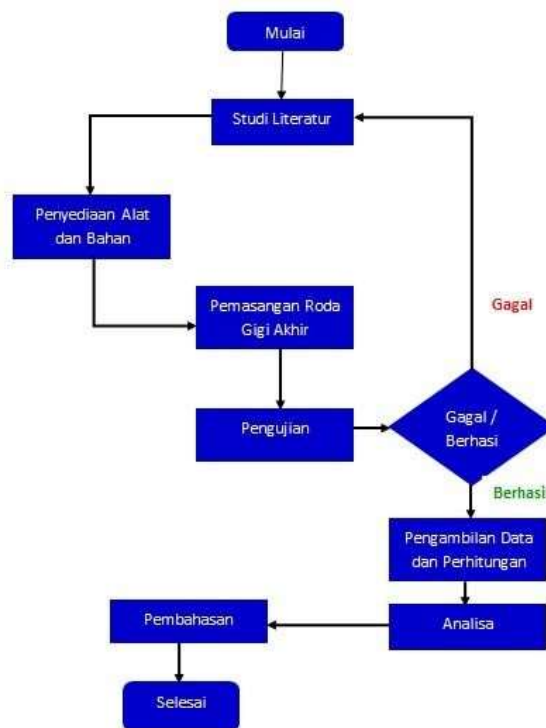
$$\frac{(\quad)}{(\quad)} \quad (3)$$

Dimana:

N : Nilai Rasio Konsumsi Bahan Bakar

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental sendiri adalah dengan melakukan percobaan terhadap kelompok-kelompok eksperimen. Kepada tiap kelompok eksperimen dikenakan perlakuan-perlakuan dengan kondisi-kondisi yang dapat dikontrol. Setelah Metode Penelitian eksperimental dilakukan maka bentuk penyajian data akan dilakukan dengan metode deskriptif. Metode penelitian deskriptif sendiri adalah berusaha memberikan dengan sistematis dan cermat fakta-fakta aktual dan sifat-sifat tertentu(Gesang, Christanyo, & Nyoman, 2014). Penelitian ini memiliki alur sebagai berikut :



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

A. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada Oktober 2018-Januari 2019.

B. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di area Gedung Olahraga (GOR), Kota Tegal, Jawa Tengah.

3.2. Studi Literatur

Studi literatur adalah pengumpulan data yang menunjang baik melalui media cetak (*text book, hand book*), *sofffile* berupa *e-book* atas karya ilmiah yang telah dilakukan sebelumnya, maupun media elektronik (internet). Adapun tema yang digali adalah analisa rasio diferensial terhadap kecepatan hybrid urban KMHE 2018.

3.3. Variabel Penelitian

Variabel penelitian : jarak tempuh, putaran mesin, berat kendaraan, rasio roda gigi akhir (*final gear ratio*).

3.4. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat	Fungsi
Mobil Hybrid	Obyek Penelitian
Meteran	Mengukur jarak tempuh

Stopwach	Mengukur waktu tempuh
Timbangan	Mengukur berat mobil
Obeng (+-)	Memasang aki mobil
Speedometer	Mengukur kecepatan
Gelas Ukur	Mengukur konsumsi bahan bakar

2. Bahan

Bahan	Fungsi
Bahan Bakar (Pertamax)	Mendukung unjuk kerja mesin
Roda gigi depan	15 gigi dan 30 gigi
Roda gigi belakang	38 gigi

3.5.Tahap Pengujian

Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam uji eksperimental mobil hybrid urban KMHE 2018. Alat pengukur waktu untuk mengukur waktu yang dibutuhkan mobil hybrid urban KMHE 2018 dalam menempuh jalur pengujian sepanjang 100 meter. Pengujian pertama dilakukan dengan rasio roda gigi akhir (*final gear ratio*) 2,53 (15 x 38). Mobil berada pada posisi awal di garis start. Mobil dinyalakan dan kemudian dijalankan melaju menempuh lintasan jalur pengujian sepanjang 2800 meter dengan kecepatan 30 km/jam. Ukur waktu yang dibutuhkan saat mobil mulai bergerak ($V = 0$) hingga mobil mencapai ujung lintasan pengujian sepanjang 2800 meter ($V = 30$ km/jam). Catat waktu tempuh saat mobil melewati garis akhir lintasan pengujian. Ulangi pengujian untuk tiap rasio roda gigi akhir (*final gear ratio*) sebanyak 5 kali untuk mendapatkan waktu tempuh rata-rata (Pristanto, 2016).

Lakukan pengujian dengan urutan pengujian yang sama untuk rasio roda gigi akhir (*final gear ratio*) 1,27 (30 x 38).

Catat semua hasil pengujian untuk mendapatkan waktu tempuh rata-rata setiap nilai rasio roda gigi akhir (*final gear ratio*) (Pranoto, 2015b).



Gambar 10. Persiapan mobil hibrida



Gambar 11. Roda gigi depan dengan jumlah gigi 11



Gambar 12. Roda gigi depan dengan jumlah gigi 30. Penerus daya dengan menggunakan rantai.



Gambar 13. Roda gigi belakang dengan jumlah gigi 38. Roda gigi belakang digabungkan dengan gardan untuk menggerakkan roda belakang kiri kanan.



Gambar 14. Mobil hibrida siap uji



Gambar 15. Pengujian mobil hibrida.

3.6. Pengambilan Data dan Perhitungan

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan data serta analisa secara teoritis dari waktu tempuh yang didapat dan putaran mesin yang diperlukan saat melintasi garis akhir dari beberapa variasi rasio roda gigi akhir (*final gear ratio*) yaitu 1,27 (30 x 38) dan 2,53 (15 x 38), pada kecepatan 30 km/jam dan 40 km/jam.

Sumber penelitian pada rasio roda gigi akhir (*final gear ratio*) terhadap kecepatan dan konsumsi bahan bakar mobil hybrid urban KMHE 2018 dapat diketahui melalui penentuan sumber data, yaitu :

- a. Sumber data primer yang penulis gunakan untuk mendapatkan hasil data yang valid di lapangan.
- b. Sumber data sekunder digunakan untuk membandingkan hasil penelitian yang telah diperoleh di lapangan dengan sumber dan teori yang ada.

3.7. Tahap Analisa

Metode analisis data untuk mengetahui waktu tempuh dan putaran roda gigi pinion setelah melewati garis akhir lintasan pengujian. Data dari masing-masing pengujian rasio roda gigi akhir ditampilkan dalam bentuk tabulasi. Setiap nilai

rasio roda gigi akhir dilakukan pengujian sebanyak 5 kali.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan mengukur dan mencatat beberapa parameter tetap dan paramater bebas. Pengukuran terhadap variabel bebas, yaitu: waktu tempuh dan putaran mesin kendaraan. Pengukuran terhadap variabel tetap, yaitu: kecepatan yang digunakan adalah 30 km/jam dan 40 km/jam, lintasan datar beraspal sepanjang 2800 m (4 lap @700 m), dan berat kendaraan uji ditambah pengemudi seberat 228 kg.

4.1 PENGUJIAN BERDASARKAN FORMULA YANG SUDAH BAKU

Pengujian ini digunakan untuk mendapatkan nilai rasio konsumsi bahan bakar sesuai dengan spesifikasi dari pabrik Honda yang kemudian dimasukkan ke dalam rumus sebagai pengujian. Untuk mendapatkan nilai pada pengujian ini digunakan rumus pada persamaan 2 yaitu:

$$\frac{\text{Waktu Tempuh}}{\text{Putaran Mesin}} = \text{Rasio}$$

= 38,99 km/l

= 38,99 m/ml

Untuk jarak tempuh 2800 meter maka akan dibutuhkan bahan bakar sebanyak 72 ml.

4.2 PENGUJIAN DENGAN METODE PRAKTIS

Untuk mengetahui nilai rata-rata aktual, maka dilakukan pengujian dengan metode praktis (nyata) dimana hasil pengujian dengan metode praktis akan dibandingkan dengan hasil pengujian berdasarkan formula. Hasil perbandingan pengujian ini akan dapat memberikan data pengaruh rasio roda gigi akhir terhadap kecepatan dan konsumsi bahan bakar.

Hasil-hasil pengujian uji rasio *final gear* diperlihatkan pada Tabel 1 hingga Tabel 8. Gambar 4 hingga Gambar 5 memperlihatkan grafik dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 1. Data Hasil Uji Waktu Tempuh Dan Konsumsi BBM Roda Gigi 15 x 38 Kecepatan Kendaraan 30 Km/ Jam

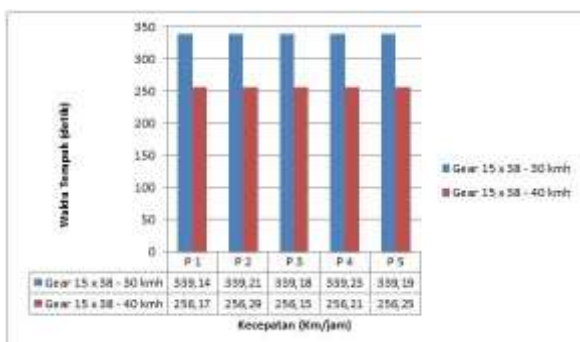
No	Uji	Jarak (m)	Waktu (dtk)	Konsumsi BBM (ml)
1	I	4 lap	339,14	75
2	II	4 lap	339,21	76
3	III	4 lap	339,18	75
4	IV	4 lap	339,23	76
5	V	4 lap	339,19	75
Rata-rata		4 lap	339,19	75,4

Catatan: 1 lap adalah 700 meter
Sumber : Penelitian di lapangan

Tabel 2. Data Hasil Uji Waktu Tempuh Dan Konsumsi BBM Roda Gigi 15 x 38 Kecepatan Kendaraan 40 Km/ Jam

No	Uji	Jarak (m)	Waktu (dtk)	Konsumsi BBM (ml)
1	I	4 lap	256,17	77
2	II	4 lap	256,29	78
3	III	4 lap	256,15	77
4	IV	4 lap	256,21	77
5	V	4 lap	256,25	78
Rata-rata		4 lap	256,21	77,4

Catatan: 1 lap adalah 700 meter
Sumber : Penelitian di lapangan



Gambar 16. Grafik Hasil Uji Waktu Tempuh Mobil Hibrida Kecepatan 30 Km/ Jam, gear 15x38

Tabel 3. Data Hasil Uji Putaran Gear Pinion dan Konsumsi BBM Roda Gigi 15 x 38 Kecepatan Kendaraan 30 Km/ Jam

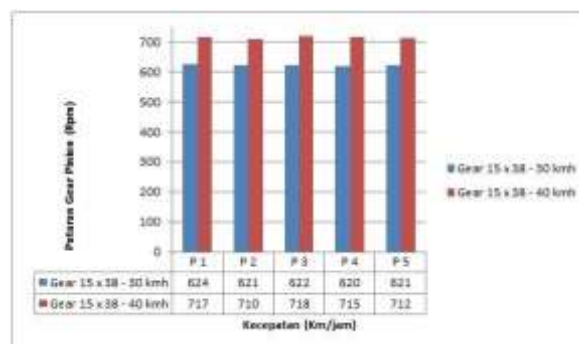
No	Uji	Jarak (m)	Putaran Pinion (Rpm)	Konsumsi BBM (ml)
1	I	4 lap	624	75
2	II	4 lap	621	76
3	III	4 lap	622	75
4	IV	4 lap	620	76
5	V	4 lap	621	75
Rata-rata		4 lap	621,6	75,4

Catatan: 1 lap adalah 700 meter
Sumber : Penelitian di lapangan

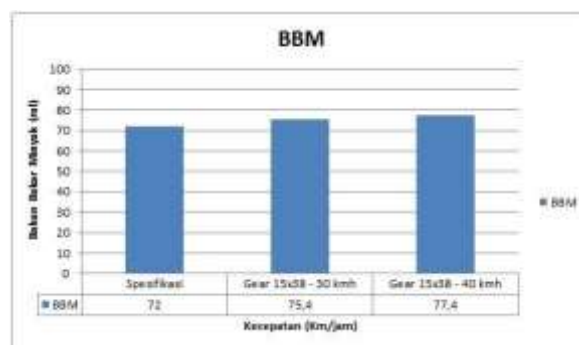
Tabel 4. Data Hasil Uji Putaran Gear Pinion Dan Konsumsi BBM Roda Gigi 15 x 38 Kecepatan Kendaraan 40 Km/ Jam

No	Uji	Jarak (m)	Putaran Pinion (Rpm)	Konsumsi BBM (ml)
1	I	4 lap	717	77
2	II	4 lap	710	78
3	III	4 lap	718	77
4	IV	4 lap	715	77
5	V	4 lap	712	78
Rata-rata		4 lap	714,4	77,4

Catatan: 1 lap adalah 700 meter
Sumber : Penelitian di lapangan



Gambar 17. Grafik Hasil Uji Putaran Roda Gigi Pinion Mobil Hibrida. Gear 15x38



Gambar 18. Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Mobil Hibrida, Gear 15x38

Tabel 5. Data Hasil Uji Waktu Tempuh Dan Konsumsi BBM Roda Gigi 30 x 38 Kecepatan Kendaraan 30 Km/ Jam

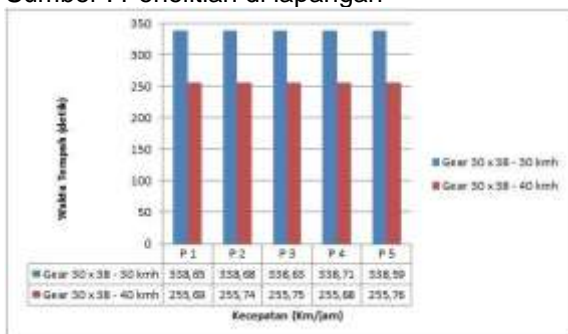
No	Uji	Jarak (m)	Waktu (dtk)	Konsumsi BBM (ml)
1	I	4 lap	338,65	66
2	II	4 lap	338,68	66
3	III	4 lap	338,63	65
4	IV	4 lap	338,71	66
5	V	4 lap	338,59	65
Rata-rata		4 lap	338,65	65,6

Catatan: 1 lap adalah 700 meter
Sumber : Penelitian di lapangan

Tabel 6. Data Hasil Uji Waktu Tempuh Dan Konsumsi BBM Roda Gigi 30 x 38 Kecepatan Kendaraan 40 Km/ Jam

No	Uji	Jarak (m)	Waktu (dtk)	Konsumsi BBM (ml)
1	I	4 lap	255,69	68
2	II	4 lap	255,74	69
3	III	4 lap	255,75	69
4	IV	4 lap	255,68	68
5	V	4 lap	255,76	69
Rata-rata		4 lap	255,72	68,6

Catatan: 1 lap adalah 700 meter
Sumber : Penelitian di lapangan



Gambar 19. Grafik Hasil Uji Waktu Tempuh Mobil Hibrida Kecepatan 30 Km/ Jam, gear 30x38

Tabel 7. Data Hasil Uji Putaran Gear Pinion Dan Konsumsi BBM Roda Gigi 30 x 38 Kecepatan Kendaraan 30 Km/ Jam

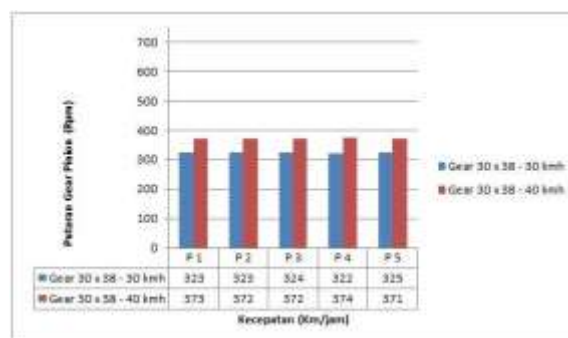
No	Uji	Jarak (m)	Putaran Gear Pinion (Rpm)	Konsumsi BBM (ml)
1	I	4 lap	323	66
2	II	4 lap	323	66
3	III	4 lap	324	65
4	IV	4 lap	322	66
5	V	4 lap	325	65
Rata-rata		4 lap	323,4	65,6

Catatan: 1 lap adalah 700 meter
Sumber : Penelitian di lapangan

Tabel 8. Data Hasil Uji Putaran Gear Pinion Dan Konsumsi BBM Roda Gigi 30 x 38 Kecepatan Kendaraan 40 Km/ Jam

No	Uji	Jarak (m)	Putaran gear Pinion (Rpm)	Konsumsi BBM (ml)
1	I	4 lap	373	68
2	II	4 lap	372	69
3	III	4 lap	372	69
4	IV	4 lap	374	68
5	V	4 lap	371	69
Rata-rata		4 lap	372,4	68,6

Catatan: 1 lap adalah 700 meter
Sumber : Penelitian di lapangan

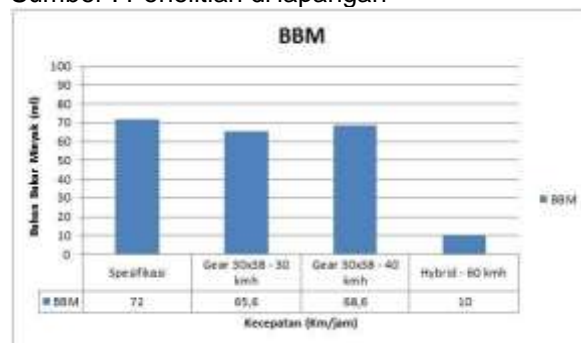


Gambar 20. Grafik Hasil Uji Putaran Roda Gigi Pinion Mobil Hibrida. Gear 30x38

Tabel 9. Data Hasil Uji Putaran Gear Pinion Dan Konsumsi BBM Roda Gigi 30 x 38 Kecepatan Kendaraan 60 Km/ Jam (Hibrida aktif)

No	Uji	Jarak (m)	Putaran gear Pinion (Rpm)	Konsumsi BBM (ml)
1	I	4 lap	423	10
2	II	4 lap	423	10
3	III	4 lap	423	10
4	IV	4 lap	423	10
5	V	4 lap	423	10
Rata-rata		4 lap	423	10

Catatan: 1 lap adalah 700 meter
Sumber : Penelitian di lapangan



Gambar 21. Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Mobil Hibrida, Gear 30x38

Tabel 1 dan Tabel 2 serta grafik pada gambar 16 dan gambar 17 adalah data waktu tempuh yang diperlukan pada pengujian mobil hibrida yang dijalankan pada lintasan beraspal sepanjang 2800 m dengan kecepatan 30 km/jam dan rasio roda gigi akhir 1, 27 (30 x 38) dan 2,53 (15 x 38). Dari tabel dan grafik tersebut terlihat bahwa pada P1 dengan rasio *final gear* 2,53 didapatkan waktu tempuh sebesar 339,14 detik dan 338,65 detik untuk rasio final gear 1,27. Pada P2 untuk rasio 2,53 didapatkan waktu 339,21 detik dan 338,68 detik untuk rasio 1,27. P3 untuk rasio 2,53 didapatkan waktu 339,18 detik dan 338,63 detik

untuk rasio 1,27. P4 untuk rasio 2,53 didapatkan waktu 339,23 detik dan 338,71 detik untuk rasio 1,27. P5 untuk rasio 2,53 didapatkan waktu 339,19 detik dan 338,59 detik untuk rasio 1,27. Dari 5 kali pengujian maka didapatkan hasil waktu tempuh rata-rata untuk rasio roda gigi akhir 2,53 adalah 339,19 detik dan waktu tempuh rata-rata untuk rasio roda gigi akhir 1,27 adalah 338,65 detik untuk kecepatan kendaraan 30 km/jam.

Tabel 3 dan Tabel 4 serta grafik pada gambar 18 dan gambar 19 adalah data waktu tempuh yang diperlukan pada pengujian mobil hibrida yang dijalankan pada lintasan beraspal sepanjang 2800 m dengan kecepatan 40 km/jam dan rasio roda gigi akhir 1, 27 (30 x 38) dan 2,53 (15 x 38). Dari tabel dan grafik tersebut terlihat bahwa pada P1 dengan rasio *final gear* 2,53 didapatkan waktu tempuh sebesar 256,17 detik dan 255,69 detik untuk rasio final gear 1,27.

Pada P2 untuk rasio 2,53 didapatkan waktu 256,29 detik dan 255,74 detik untuk rasio 1,27. P3 untuk rasio 2,53 didapatkan waktu 256,15 detik dan 255,75 detik untuk rasio 1,27. P4 untuk rasio 2,53 didapatkan waktu 256,21 detik dan 255,68 detik untuk rasio 1,27. P5 untuk rasio 2,53 didapatkan waktu 256,25 detik dan 255,76 detik untuk rasio 1,27.

Dari 5 kali pengujian maka didapatkan hasil waktu tempuh rata-rata untuk rasio roda gigi akhir 2,53 adalah 256,21 detik dan waktu tempuh rata-rata untuk rasio roda gigi akhir 1,27 adalah 255,72 detik untuk kecepatan kendaraan 40 km/jam.

Tabel 5 dan Tabel 6 serta grafik pada gambar 20 dan gambar 21 adalah data putaran roda gigi pinion yang didapatkan pada pengujian mobil hibrida yang dijalankan pada lintasan beraspal sepanjang 2800 m dengan kecepatan 30 km/jam dan rasio roda gigi akhir 1, 27 (30 x 38) dan 2,53 (15 x 38).

Dari tabel dan grafik tersebut terlihat bahwa pada P1 dengan rasio roda gigi akhir 2,53 diperoleh putaran roda gigi pinion sebesar 624 rpm dan 323 rpm untuk rasio roda gigi akhir 1,27. Pada P2 untuk rasio 2,53 diperoleh putaran roda gigi pinion sebesar 621 rpm dan 323 rpm untuk rasio 1,27. P3 untuk rasio 2,53 diperoleh putaran roda gigi pinion sebesar 622 rpm dan 324 rpm untuk rasio 1,27. P4 untuk rasio 2,53 diperoleh putaran roda gigi pinion sebesar 620 rpm dan 322 rpm untuk rasio 1,27. P5 untuk rasio 2,53 diperoleh putaran roda gigi pinion sebesar 621 rpm dan 325 rpm untuk rasio 1,27.

Dari 5 kali pengujian maka diperoleh hasil putaran roda gigi pinion rata-rata untuk rasio roda gigi akhir 2,53 adalah 621,6 rpm dan putaran roda gigi pinion rata-rata untuk rasio roda gigi akhir 1,27 adalah 323,43 rpm untuk kecepatan kendaraan 30 km/jam.

Tabel 7 dan Tabel 8 serta grafik pada gambar 22 dan gambar 23 adalah data putaran roda gigi pinion yang didapatkan pada pengujian mobil hibrida yang dijalankan pada lintasan beraspal sepanjang 2800 m dengan kecepatan 40 km/jam dan rasio roda gigi akhir 1, 27 (30 x 38) dan 2,53 (15 x 38).

Dari tabel dan grafik tersebut terlihat bahwa pada P1 dengan rasio roda gigi akhir 2,53 diperoleh putaran roda gigi pinion sebesar 717 rpm dan 373 rpm untuk rasio roda gigi akhir 1,27. Pada P2 untuk rasio 2,53 diperoleh putaran roda gigi pinion sebesar 710 rpm dan 372 rpm untuk rasio 1,27. P3 untuk rasio 2,53 diperoleh putaran roda gigi pinion sebesar 718 rpm dan 372 rpm untuk rasio 1,27. P4 untuk rasio 2,53 diperoleh putaran roda gigi pinion sebesar 715 rpm dan 374 rpm untuk rasio 1,27. P5 untuk rasio 2,53 diperoleh putaran roda gigi pinion sebesar 712 rpm dan 371 rpm untuk rasio 1,27.

Dari 5 kali pengujian maka diperoleh hasil putaran roda gigi pinion rata-rata untuk rasio roda gigi akhir 2,53 adalah 714,4 rpm dan putaran roda gigi pinion rata-rata untuk rasio roda gigi akhir 1,27 adalah 372,4 rpm untuk kecepatan kendaraan 40 km/jam.

Dari data pengujian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Pemakaian rasio roda gigi akhir 2,53 (15 x 38) menyebabkan konsumsi bahan bakar menjadi lebih boros, yaitu lebih boros 4,7% pada pemakaian rasio roda gigi akhir 2,53 pada kecepatan kendaraan 30 km/jam, dan lebih boros 7,5% pada pemakaian rasio roda gigi akhir 2,53 pada kecepatan kendaraan 40 km/jam.

Pemakaian rasio roda gigi akhir 1,27 (30x38) memberikan hasil yang baik yaitu terjadi penghematan konsumsi bahan bakar sebesar 8,9% pada kecepatan kendaraan 30 km/jam dan penghematan sebesar 4,7% pada kecepatan kendaraan 40 km/jam. Penghematan terbesar didapat dari pemakaian sistem hibrida yaitu rasio roda gigi akhir 1,27 dan motor listrik yang memberikan hasil penghematan sebesar 86,1%.

5. KESIMPULAN

Pada pengujian mobil hibrida ini terdapat beberapa parameter yang sama yaitu berat kendaraan uji dan pengemudi adalah 228 kg, jarak tempuh mobil hibrida adalah jalan beraspal sepanjang 2800 m (4lap @700 m), rasio roda gigi akhir yang digunakan adalah 15 x 38 dan 30 x 38, dan kecepatan pengujian yang digunakan adalah 30 km/jam dan 40 km/jam.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin besar rasio roda gigi akhir suatu kendaraan akan memerlukan waktu tempuh yang lebih lama untuk menempuh jarak lintasan beraspal sepanjang 2800 m, baik pada kecepatan 30 km/jam maupun pada

kecepatan 40 km/jam. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 17 dan gambar 19, dimana dengan kecepatan 30 Km/Jam diperlukan waktu tempuh rata-rata 339,19 detik untuk melintasi jarak lintasan beraspal sepanjang 2800 m, untuk rasio roda gigi akhir 2,53 dan diperlukan waktu tempuh rata-rata 256,21 detik untuk melintasi jarak lintasan beraspal sepanjang 2800 m, untuk rasio roda gigi akhir 2,53 dengan kecepatan 40 km/jam.

2. Semakin besar rasio roda gigi akhir suatu kendaraan akan memerlukan putaran roda gigi pinion yang lebih besar untuk menempuh jarak lintasan beraspal sepanjang 2800 m, baik pada kecepatan 30 km/jam maupun pada kecepatan 40 km/jam. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 21 dan gambar 23, dimana dengan kecepatan 30 Km/Jam diperlukan putaran roda gigi pinion rata-rata 621,6 rpm untuk melintasi jarak lintasan beraspal sepanjang 2800 m, untuk rasio roda gigi akhir 2,53 dan diperlukan putaran roda gigi pinion rata-rata 714,4 rpm untuk melintasi jarak lintasan lurus beraspal sepanjang 100 m, untuk rasio roda gigi akhir 2,53 dengan kecepatan 40 km/jam.
3. Semakin lama waktu tempuh yang diperlukan untuk melintasi lintasan beraspal sepanjang 2800 m, maka akan semakin banyak bahan bakar yang dibutuhkan. Demikian juga sebaliknya, semakin pendek waktu tempuh maka akan semakin sedikit bahan bakar yang dibutuhkan.
4. Semakin besar putaran mesin yang dibutuhkan untuk melintasi lintasan beraspal sepanjang 2800 m, maka akan semakin banyak bahan bakar yang dibutuhkan. Demikian juga sebaliknya, semakin kecil putaran mesin maka akan semakin sedikit bahan bakar yang dibutuhkan.
5. Pemakaian rasio roda gigi akhir 1,27 (30x38) memberikan hasil penghematan yang baik pada kendaraan uji, yaitu 8,9% pada kecepatan kendaraan 30 km/jam dan 4,7% pada kecepatan kendaraan 40 km/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Automotivexist. (2016). Pengertian Gardan Dan Fungsi Gardan Pada Mobil. Retrieved from <https://automotivexist.blogspot.com/2016/09/pengertian-gardan-dan-fungsi-gardan.html>
- ESDM, K. (2016). Produksi dan Konsumsi BBM di Indonesia 2000-2013. Retrieved from <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2016/08/08/produksi-dan-konsumsi-bbm-di-indonesia-2000-2013>
- Gesang, D., Christanyo, B., & Nyoman, I. (2014). Studi Eksperimen Kinerja Traksi Kendaraan Hybrid Sapujagad, 1(2).
- Pranoto, H. (2014). Perawatan Mesin.
- Pranoto, H. (2015a). Efisiensi Power Engine Truck Pergerakan Dinamis Dengan Mengubah Ratio Final Gear Pada Truck Kapasitas 30 Ton, 45–50.
- Pranoto, H. (2015b). Modifikasi Gear Ratio Differential Terhadap Perubahan Fuel Consumption Bus Antar Kota Kapasitas Angkut 55 Penumpang.
- Pristanto, M. E. (2016). ANALISIS PENGARUH VARIASI RASIO FINAL DRIVE TERHADAP DAYA DAN TORSI PADA SEPEDA MOTOR YAMAHA VIXION 2007. *Universitas Nusantara PGRI Kediri*, 1–11.
- Société de Technologie Michelin. (2003). The tyre Rolling resistance, 120.
- Tips Otomotif. (2016). Faktor yang Mempengaruhi Mobil kuat di Tanjakan.
- Vinay K M, I. R. (2009). Hybrid Electric Vehicles. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, Volume 50. Retrieved from <https://doi.org/10.1201/9781420054002.ch5>