

Perancangan Rasio Sistem Transmisi Kendaraan Penggerak Roda Belakang Untuk Meningkatkan Kinerja Traksi

IGAK Suriadi¹⁾, I Ketut Adi Atmika^{1)*}

¹⁾Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Gaya traksi yang terjadi pada bidang kontak roda penggerak dan jalan dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah: karakteristik torsi mesin, karakteristik kopling, rasio dan tingkat transmisi, rasio gardan, karakteristik propeller shaft, diameter efektif roda, karakteristik kontak roda dan jalan. Dari sekian banyak parameter yang mempengaruhi salah satu yang sangat besar pengaruhnya adalah rasio dan tingkat transmisi atau disebut rasio sistem transmisi. Besar kecilnya traksi untuk setiap tingkat gigi serta kecepatan kendaraan yang mampu dicapai dapat dikendalikan dengan mengatur atau merancang rasio dan jumlah tingkat kecepatan gigi transmisi, sehingga didapatkan kinerja traksi yang optimum. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan mengkaji kinerja traksi sistem transmisi kendaraan roda empat kondisi standar dengan penggerak roda belakang, memodifikasi/merancang sistem tersebut. Kemudian melakukan analisa kebutuhan gaya traksi yang diperlukan serta kemampuan traksi yang mampu dihasilkan sistem transmisi standar dan sistem transmisi hasil perancangan ketika melewati berbagai kondisi jalan. Metode penelitian yang dilakukan dimulai dengan pengujian/eksperimen, dimana pengujian dilakukan untuk menguji mesin kendaraan penggerak roda belakang pada *chassis dynamometer* untuk mendapatkan data besarnya daya di poros penggerak, torsi dan kecepatan yang mampu dihasilkan oleh kendaraan pada setiap interval kenaikan mesin pada tiap rasio gigi transmisi. Selanjutnya dari data-data yang terkumpul dilakukan modeling, simulasi, dan analisa dengan menggunakan sistem transmisi standar, sistem transmisi hasil perancangan dengan progresi geometri bebas terhadap kebutuhan traksi pada kendaraan ketika melintasi kondisi jalan tertentu. Sistem transmisi hasil rancangan menghasilkan traksi maksimum sebesar 12000 N sedangkan sistem transmisi standar sebesar 10500 N, dengan jarak antara kurva gigi yang berdekatan semakin dekat. Perancangan atau modifikasi ratio dengan 6 tingkat kecepatan menghasilkan kinerja traksi yang paling baik.

Kata kunci: Gaya traksi, rasio gigi, jumlah tingkat kecepatan, progresi geometri bebas

Abstract

Traction force that occurs in the contact area and the drive wheel is influenced by many factors such as: the characteristics of the engine torque, clutch characteristics, ratio and rate of transmission, axle ratio, and characteristics of the propeller shaft, the effective diameter of the wheels, the wheels and the road contact characteristics. Of the many parameters which affect one of the very big influence is the ratio and the level of transmission or the ratio transmission system. The traction for any level of gear and vehicle speed that can be achieved can be controlled by designing ratios and the number of levels of the transmission gear speed, so we get optimum traction performance. This study aims to examine and assess the performance of traction transmission system of vehicles with the standard conditions of rearwheel drive, modify/designing the system. Then do a needs analysis and the traction force necessary traction capabilities are able to produce a standard transmission systems and transmission system design results when passing through various road conditions. Research methodology begins with experimentation, where testing is done to test the engine rearwheel drive vehicle on the chassis dynamometer to obtain the magnitude of the driving shaft power, torque and speed that can be produced by the vehicle at each interval increment on each engine transmission gear ratios. Furthermore, from the data collected do modeling, simulation, and analysis using a standard transmission system, transmission system design results in geometric progression independent of the need for traction on a vehicle when passing certain road conditions. Transmission system design results generate maximum traction at 12000 N while the standard transmission system amounted to 10500 N, with the distance between adjacent tooth curves getting closer. The design or modification ratio with 6 levels of speed to produce the most good traction performance.

Keywords: Traction, gear ratio, amount level stage, rolling resistance

1. Pendahuluan

Kendaraan roda empat atau mobil adalah salah satu alat transportasi yang banyak digunakan untuk memudahkan hidup manusia. Kendaraan ini terutama yang mampu mengangkut penumpang dalam jumlah banyak biasanya

menggunakan sistem penggerak roda belakang untuk dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi penumpangnya.

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi mengakibatkan semakin selektifnya masyarakat memilih kendaraan dalam pemenuhan

*Korespondensi: Tel./Fax.: 62 8123785776 /62 361 703321

E-mail: tutadi2001@yahoo.com

©Teknik Mesin Universitas Udayana 2016

kebutuhannya. Maka produsen secara terus-menerus berusaha meningkatkan kualitas produknya agar bisa memenuhi keinginan konsumen dan bersaing di pasaran. Seperti yang kita lihat saat ini banyak kendaraan baru yang ditawarkan dengan keunggulan yang dimiliki masing-masing jenis kendaraan.

Performa otomotif adalah salah satu aspek penting dalam menentukan daya saing suatu produk otomotif. Performa dari suatu produk otomotif telah dihitung diatas kertas pada tahap perancangannya. Namun karena proses perancangan adalah proses yang iteratif maka diperlukan perhitungan performa berulang kali untuk melahirkan suatu produk otomotif yang berkualitas [1]. Salah satu performa yang penting adalah kemampuan kendaraan untuk melakukan percepatan, melawan hambatan angin, melawan hambatan rolling, melawan gaya tahanan dan kemungkinan untuk menarik suatu beban. Gaya yang timbul pada roda penggerak untuk melawan hambatan tersebut disebut dengan gaya dorong atau gaya traksi. Gaya traksi yang terjadi pada bidang kontak roda penggerak dan jalan dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah karakteristik torsi mesin, karakteristik kopling, ratio dan tingkat transmisi, ratio gardan, karakteristik propeller shaft, diameter efektif roda, karakteristik kontak roda dan jalan [2], [3]. Dari sekian banyak parameter yang mempengaruhi salah satu yang sangat besar pengaruhnya adalah rasio dan tingkat transmisi atau disebut rasio system transmisi. Besar kecilnya traksi untuk setiap tingkat gigi serta kecepatan kendaraan yang mampu dicapai dapat dikendalikan dengan mengatur atau merancang rasio dan jumlah tingkat kecepatan gigi transmisi, sehingga didapatkan kinerja traksi yang optimum. Rasio transmisi berpengaruh terhadap besarnya torsi yang dapat ditransmisikan, sedangkan jumlah tingkat kecepatannya berpengaruh terhadap kehalusan (*smoothness*) proses transmisi dan transformasi daya pada sistem transmisi tersebut [4], [5].

Pentingnya gaya traksi pada kendaraan roda dua maupun roda empat dalam mengatasi berbagai hambatan menjadi perhatian serius beberapa peneliti. Kebutuhan traksi untuk truk muatan berlebih pada jalur Denpasar-Gilimanuk digunakan paling banyak untuk mengatasi hambatan tahanan [6]. Analisa kebutuhan traksi kendaraan truk sampah di kota Denpasar diperlukan gaya 52000 N untuk mengatasi tahanan sebesar 24 derajat, sehingga layak dioperasikan [7]. Pada kendaraan roda dua, dilakukan analisa traksi dengan *Continuouse Variable Transmission System* [5], [8]. Ary Subagia, et.al, melakukan penelitian mengenai desain sudut belok roda belakang dengan pengendalian traksi kendaraan [9]. Sedangkan penerapan traksi untuk mengontrol yaw rate roda belakang dilakukan dengan pemodelan sudut *side slip* [10].

Dengan demikian kemampuan kendaraan khususnya dengan penggerak roda belakang untuk melakukan akselerasi, melalui tahanan, melawan gaya angin, serta melawan rolling resistance dapat dikendalikan melalui perancangan yang tepat terhadap rasio gigi dan jumlah tingkat kecepatan gigi transmisi.

2. Metode Penelitian

2.1. Formula Traksi dan hambatan

Karakteristik traksi pada kendaraan bermotor pada pokoknya meliputi kemampuan kendaraan untuk dipercepat, dan mengatasi hambatan-hambatan yang terjadi, diantaranya hambatan rolling (*rolling resistance*), hambatan tahanan, juga hambatan aerodinamis [1].

$$F = R_a + R_r + R_d + R_g + \frac{W}{g} \cdot a \quad (1)$$

dimana :

- F = total gaya traksi yang dibutuhkan
- R_a = hambatan aerodinamis
- R_r = Rolling resistance
- R_d = hambatan karena menarik beban
- R_g = hambatan tahanan.
- W = berat total kendaraan
- a = percepatan kendaraan

Untuk memindahkan daya (power) dari putaran mesin ke roda penggerak diperlukan suatu mekanisme tertentu. Mekanisme yang digunakan untuk memindahkan daya dari motor hingga ke roda penggerak tersebut dinamakan Sistem Transmisi Daya atau Sistem Drive Train.

Secara umum rangkaian mekanisme yang digunakan untuk memindahkan daya dari motor ke roda penggerak yang terdiri dari komponen kopling, gear box, poros propeler dan differensial

Dalam sistem drive train akan terjadi losses atau kerugian yang disebabkan oleh gesekan yang terjadi antar gigi pada roda gigi, gesekan pada bantalan, juga akibat tahanan minyak pelumas. Berikut ini adalah harga efisiensi yang biasa untuk beberapa komponen sistem drive train [1].

- ◆ Kopling : 99%
- ◆ Tiap pasangan roda gigi : 95-97 %
- ◆ Bantalan dan sambungan : 98-99%

Bila suatu sistem drive train dikarakteristikan dengan parameter-parameter efisiensi sistem drive train (η_t) dan perbandingan gigi reduksi (i), maka traksi pada roda penggerak dapat dirumuskan [6]:

$$F_k = \frac{716 \cdot P \cdot i_k \cdot i_d}{N \cdot r} \eta_t \quad (2)$$

dimana :

- F_k = gaya traksi pada tingkat ke- k (Kgf)
- P = daya mesin (Hp)
- N = putaran mesin (Rpm)
- r = jari-jari roda penggerak (m)

Atau persamaan 3 ditulis dalam bentuk lain [6] :

$$F_k = \frac{M_e(v) \cdot i_k \cdot i_d}{r} \eta_t \quad (4)$$

dimana :

F_k = gaya traksi pada tingkat ke- k (N)

M_e = torsi mesin untuk kecepatan v (Nm)

Kemudian hubungan antara kecepatan kendaraan dan kecepatan putaran mesin adalah [6] :

$$V = \frac{0,06(1-s) \cdot \pi \cdot D \cdot N}{i_d \times i_k} \quad (5)$$

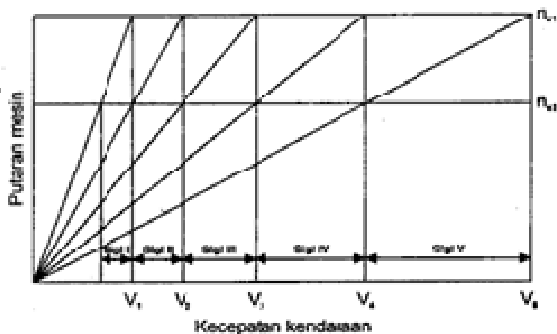
dimana :

V = Kecepatan kendaraan (km/jam)

s = Koefisien slip pada ban (2-5 %)

D = diameter roda (m)

Dalam perhitungan awal, ratio gigi antara yang tertinggi dan terendah dapat dicari dengan menggunakan hukum Progresi Geometri. Dasar dari metoda ini adalah batas kecepatan operasi dari mesin terendah (n_{e1}) dan tertinggi (n_{e2}) harus ditentukan lebih dahulu. Penetapan ini berdasarkan karakteristik torsi dari mesin, biasanya dipilih disekitar torsi maksimum mesin. Konsep dari metode progresi geometris, ditunjukkan seperti gambar 1[1]



Gambar 1. Pemilihan rasio gigi dengan Progresi Geometri [1]

2.2. Obyek dan Variabel Penelitian

Obyek penelitian ini adalah perancangan rasio sistem transmisi kendaraan dengan penggerak roda belakang. Untuk memudahkan menggambarkan arah penelitian, maka variable penelitian yang akan dilakukann adalah adalah putaran mesin (n_e) dan rasio sistem transmisi standar/modifikasi kendaraan (i) sebagai variable bebas, sedangkan variable terikatnya adalah torsi mesin (M_e) dan kinerja traksi untuk berbagai sistem transmisi yang dirancang (F), dimana kinerja secara lengkap ditunjukkan dengan grafik.

2.3. Rancangan Penelitian

Untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, proses pengumpulan data dilakukan dengan pengujian/eksperimen. Penelitian dilakukan dengan menguji mesin kendaraan penggerak roda belakang pada **chassis dinamometer** untuk mendapatkan data

besarnya daya di poros penggerak, torsi dan kecepatan yang mampu dihasilkan oleh kendaraan pada setiap interval kenaikan mesin pada tiap rasio gigi transmisi.

Selanjutnya dari data-data yang terkumpul dilakukan analisa dengan menggunakan sistem transmisi standar terhadap kebutuhan traksi pada kendaraan ketika melintasi kondisi jalan tertentu. Kemudian dilakukan analisa terhadap kemampuan traksi yang mampu dihasilkan sistem transmisi standar. Setelah didapatkan karakteristik traksi dengan menggunakan transmisi standar kemudian dilakukan perancangan/modifikasi terhadap sistem transmisi dengan menggunakan metode progresi geometri.

Perancangan dengan metode progresi geometri dilakukan dengan *carasistem perancangan/modifikasi progresi geometri bebas*. Maksud dari perancangan/modifikasi terbatas disini adalah dengan menggunakan rasio gigi awal dan rasio gigi akhir yang ada pada sistem transmisi standar. Sedangkan yang dimaksud dengan perancangan/modifikasi bebas adalah rasio gigi awal dan rasio gigi akhir dirancang sendiri. Sistem transmisi yang sudah termodifikasi selanjutnya digunakan untuk mendapatkan kinerja traksi yang optimum.

Diharapkan dengan melakukan perancangan/modifikasi pada sistem transmisi diperoleh kinerja traksi yang optimum. Analisa dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Matchad dan excel. Dari grafik kinerja traksi dengan transmisi standar dan tranmisi hasil perancangan/modifikasi dilakukan analisa perbandingan terhadap kinerja traksi yang dihasilkan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik Daya-Torsi Engine Kendaraan Model

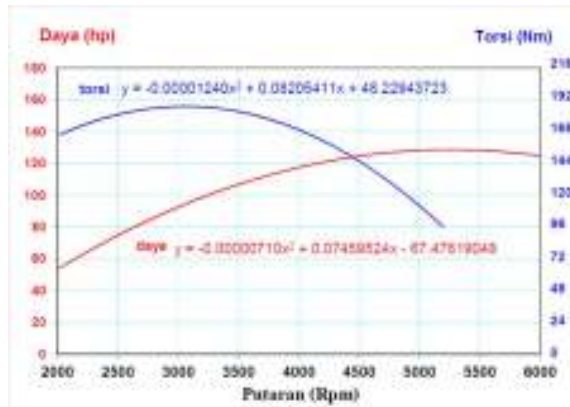
Untuk pemakaian pada kendaraan bermotor, karakteristik daya guna ideal dari sumber tenaga penggeraknya adalah dihasilkan tenaga yang konstan pada semua tingkat kecepatan. Dengan tersedianya tenaga yang konstan tersebut, pada kecepatan yang rendah akan tersedia torsi yang cukup besar, akan dipergunakan untuk menghasilkan traksi yang cukup pada ban untuk mempercepat kendaraan. Dengan bertambahnya kecepatan, torsi mesin akan menurun secara hiperbolis. Hal ini sesuai dengan kebutuhan traksi pada kendaraan, dimana pada kecepatan yang cukup tinggi, kebutuhan traksi tidak lagi besar.

Kendaraan yang diambil sebagai obyek yang ingin dirancang karakteristik traksi dan modifikasi jumlah dan rasio sistem transmisinya mempunyai spesifikasi sebagai berikut ;

- m : 1530 Kg
- L : 2750 mm
- L1 : 1320 mm

- h : 420 mm
- Pmax : 136 Hp / 5600 Rpm
- Torsi mak : 18,6 kg m / 4000 Rpm
- Transmisi : 5 tingkat kecepatan
- I; 3,928 II; 2,142 III; 1,397 IV; 1,000 V; 0,851
- Perbandingan akhir : 4,743
- Diameter Roda : 0,60 m

Kemudian hasil uji karakteristik daya torsi engine kendaraan model, dicuplikan seperti gambar 2.



Gambar 2. Karakteristik Daya-Torsi kendaraan model

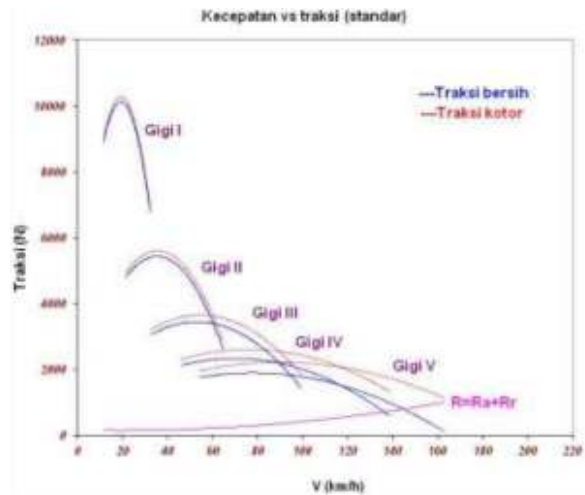
3.2. Karakteristik Traksi

Rasio dari roda gigi akhir (terendah) ditentukan oleh kecepatan maksimum kendaraan yang akan dirancang, sedangkan traksi maksimum menentukan besar rasio roda gigi awal (tertinggi). Kemudian rasio diantara kedua batas tersebut dibuat sedemikian rupa agar traksi yang dihasilkan kendaraan dapat mendekati karakteristik idealnya. Hasil perancangan rasio gigi untuk pemasangan 4, 5, dan 6 tingkat kecepatan ditunjukkan pada tabel 1.

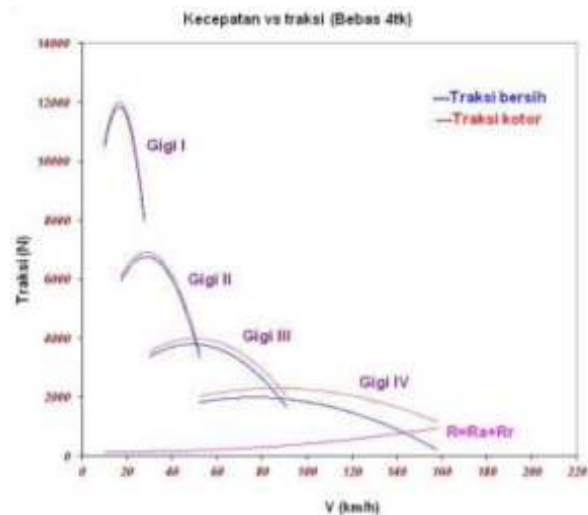
Tabel 1. Rasio Gigi Hasil Perancangan

Rasio	4 kecepatan	5 kecepatan	6 kecepatan
I	4.585	4.585	4.585
II	2.646	3.035	3.297
III	1.526	2.009	2.370
IV	0.881	1.330	1.704
V		0.881	1.225
VI			0.881

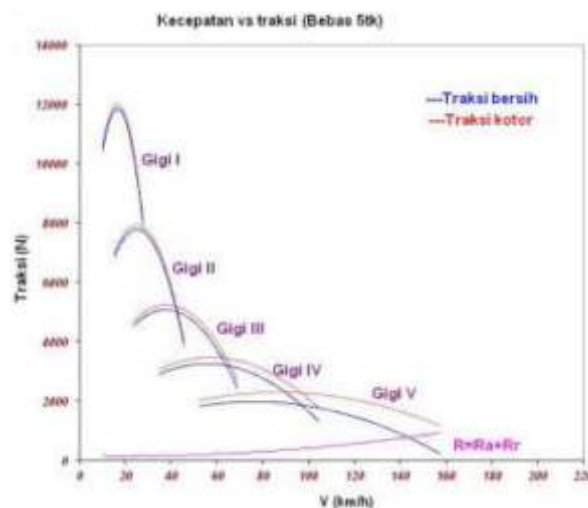
Hasil perhitungan traksi ditampilkan dalam bentuk grafik karakteristik traksi kondisi standar pada gambar 3, dan hasil modifikasi pada masing-masing tingkat kecepatan seperti pada gambar 4, gambar 5, dan gambar 6.



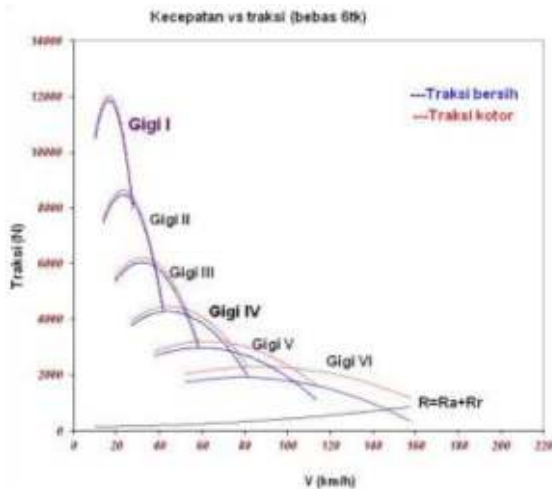
Gambar 3. Karakteristik traksi transmisi standar



Gambar 4. Karakteristik traksi rancangan 4 tingkat



Gambar 5. Karakteristik traksi rancangan 5 tingkat



Gambar 6. Karakteristik traksi rancangan 6 tingkat

3.3. Pembahasan

Sistem transmisi standar menghasilkan traksi maksimum sebesar 10500 N (gambar 3), dan jarak gigi I dan II cukup jauh ini mengisyaratkan ada traksi yang terbuang saat perpindahan tingkat kecepatan tersebut. Sedangkan sistem transmisi hasil rancangan menghasilkan traksi maksimum sebesar 12000 N untuk 4 tingkat kecepatan, 5 tingkat kecepatan, maupun 6 tingkat kecepatan (gambar 4, gambar 5, dan gambar 6). Karakteristik traksi sistem transmisi hasil perancangan/modifikasi, menunjukkan jarak antara kurva gigi yang berdekatan semakin dekat. Hal ini menunjukkan traksi yang terbuang waktu pemindahan gigi transmisi semakin kecil, atau dengan kata lain kinerja traksinya semakin baik. Perancangan rasio gigi dengan pemasangan 6 tingkat kecepatan (gambar 6), jarak antara kurva traksi sangat dekat dan mendekati kurva ideal traksi, berarti kinerja traksinya paling baik.

4. Simpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Transmisi standar menghasilkan traksi maksimum sebesar 10500 N, dan jarak gigi I dan II cukup jauh
- Sistem transmisi hasil rancangan menghasilkan traksi maksimum sebesar 12000 N dengan jarak antara kurva gigi yang berdekatan semakin dekat.
- Semakin banyak tingkat transmisi, semakin kecil traksi yang terbuang. Perancangan atau modifikasi ratio dengan 6 tingkat kecepatan menghasilkan kinerja traksi yang paling baik.

Daftar Pustaka

[1] Sutantra I Nyoman, "Teknologi Otomotif – Teori dan Aplikasinya", Guna Widya, Surabaya,

2001.

- [2] Sri Komaladewi AAIA., Suriadi IGAK., Adi Atmika I Ketut, "Geometric Progression Application In Design Transmission Gear Ratio", *International Conference on Sustainable Technology Development*, Denpasar-Bali, 2014.
- [3] Suriadi IGAK, Adi Atmika I Ketut., Dwi Budiana Made., "Perbaikan Performa Traksi dengan Modifikasi Rasio Gigi Transmisi", *Prosiding Konferensi Engineering Perhotelan V*, Denpasar, 2014.
- [4] Agus Sigit P., Sutantara I Nyoman, Iwan Fauzan, "Design and Performance of Gearless Variable Transmission Applied for Automotive", *Prosiding FISITA 2011*, Seoul-Korea Selatan, 2011.
- [5] Adi Atmika I Ketut., Ary Subagia IDG., "Karakteristik Traksi Sepeda Motor dengan Continuous Variable Transmission", *Prosiding Konferensi Engineering Perhotelan V*, Denpasar, 2014.
- [6] Adi Atmika I Ketut., Gatot Karohika I Made, Agus Dwi Adnyana I Kadek, "Analisa Kinerja Traksi Kendaraan Truk Muatan Berlebih (Studi Kasus Pada Jalur Denpasar-Gilimanuk)", *Prosiding Seminar Nasional Mesin dan Industri 8*, Jakarta, 2013.
- [7] Adi Atmika I Ketut., Ary Subagia IDG., Tjok Gede Tirta N., "Design on Direct Crushing Garbage in the Garbage Dump Truck (Case Study for Denpasar City, Bali, Indonesia)", *Inter* Adi Atmika I Ketut., Ary Subagia IDG., Dwi Budiana Made, 2008, "Variasi Berat Roller Sentrifugal Pada Continuous Variable Transmission terhadap Kinerja Traksi Sepeda Motor", *Jurnal Teknik Mesin CAKRAM*, Vol 2. No.2, 2014.
- [8] *National Conference on Renewable Energy and Environment (ICREE 2014)*, Kuta-Bali, 2014.
- [9] Ary Subagia IDG., Adi Atmika I Ketut., "Desain dan Simulasi Dinamik Sudut Belok Roda Belakang dengan Pengendalian Traksi Kendaraan", *Laporan Penelitian Riset Grant TPSPDP*, Universitas Udayana, Denpasar, 2004.
- [10] Kihong Park, "Determining Reference Yaw – Rate and Side Slip Angle for Use in Vehicle Dynamics Control Systems", *Proceeding FISITA World Automotive Congress (FISITA – 34)*, Beijing, 2012.