

Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology (JAMETECH)

Journal homepage: <https://ojs2.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

Evaluasi Kinerja dan Efektivitas CVT sebagai Sistem Transmisi pada Kendaraan Buggy 2WD

I Wayan Agus Rantia Dana^{1*}, I Made Anom Adiaksa¹, I Wayan Suma Wibawa¹ dan I Made Bagus Panji Aditya¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung, 80364, Indonesia

*Email: rantiadana@pnb.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi kendaraan ringan nonkonvensional, seperti mobil buggy, menuntut sistem pemindah daya yang efisien untuk mendukung mobilitas di kawasan industri yang padat. Salah satu teknologi yang diandalkan adalah *continuously variable transmission* (cvt). Namun, efektivitas penyaluran tenaga sering terhambat oleh ketidaksinkronan antara putaran mesin (rpm mesin) dan putaran roda (rpm roda) akibat faktor beban dan kehilangan energi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif hubungan antara rpm mesin terhadap performa roda pada kendaraan buggy dengan variasi beban 3 kg hingga 8 kg. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan beban menyebabkan penurunan rpm roda secara signifikan pada seluruh rentang putaran mesin, sebagai contoh, pada rpm mesin 8000, rpm roda turun dari 515 rpm (beban 3 kg) menjadi 225 rpm (beban 8 kg). Sebaliknya, torsi roda mengalami peningkatan linear seiring bertambahnya beban, mencapai nilai tertinggi 15,8 nm pada beban 8 kg. Analisis efektivitas menunjukkan bahwa daya (*power*) yang dihasilkan cenderung meningkat seiring bertambahnya beban, dengan efektivitas tertinggi dicapai pada operasional rpm mesin rendah (5500 rpm) saat beban puncak. Hasil ini memberikan kontribusi ilmiah dalam memahami perilaku mekanis cvt serta menjadi referensi teknis untuk optimasi penyetelan sistem transmisi pada kendaraan ringan guna mencapai keseimbangan antara torsi dan efisiensi daya.

Kata kunci: mobil buggy, cvt, rpm roda, torsi roda, efektivitas daya

Abstract: The development of non-conventional light vehicle technology, such as the buggy car, demands efficient and reliable power transfer systems to support mobility in congested industrial areas. One of the primary technologies utilized is the *continuously variable transmission* (cvt), which offers the advantage of changing transmission ratios continuously without the interruptions found in conventional gear shifting. However, in its application, an imbalance often occurs between the engine speed (rpm engine) and the wheel speed (rpm wheel) due to load factors and power losses. This study aims to comprehensively analyze the correlation between rpm engine and wheel performance on a buggy vehicle under varying loads ranging from 3 kg to 8 kg. Experimental results indicate that increasing the load leads to a significant decrease in wheel rpm across all engine speed ranges; for instance, at 8000 rpm engine, the wheel rpm dropped from approximately 515 rpm (3 kg load) to 225 rpm (8 kg load). Conversely, wheel torque exhibited a linear increase as the load rose, reaching a peak value of 15.8 nm at an 8 kg load. Effectiveness analysis shows that the output power (hp) tends to increase with the load, with the highest effectiveness achieved during lower engine speed operations (5500 rpm) at peak load. These findings provide a scientific contribution to understanding the mechanical behavior of cvts and serve as a technical reference for optimizing transmission tuning in light vehicles to achieve a balance between torque and power efficiency.

Keywords: buggy car, cvt, rpm wheel, wheel torque, power effectiveness

Penerbit @ P3M Politeknik Negeri Bali

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi kendaraan bermotor saat ini mengalami kemajuan pesat, terutama pada kategori kendaraan ringan nonkonvensional seperti mobil buggy. Inovasi ini menuntut adanya sistem pemindah daya yang tidak hanya mampu menyalurkan tenaga secara efisien, tetapi juga memiliki tingkat keandalan tinggi dalam berbagai kondisi operasional [1]. Secara fungsional, mobil

buggy dirancang sebagai kendaraan kompak berkapasitas satu hingga empat penumpang yang mengedepankan mobilitas efisien. Dimensinya yang ringkas menjadikan kendaraan ini solusi transportasi ideal bagi area dengan ruang gerak terbatas, seperti kawasan industri atau area wisata dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi [2].

Dalam ekosistem kendaraan buggy, performa sistem transmisi memegang peranan krusial sebagai komponen utama yang mengelola penyaluran energi dari mesin menuju

roda penggerak. Keberhasilan penyaluran tenaga tersebut sangat bergantung pada korelasi antara putaran mesin (RPM mesin) dan putaran roda (RPM roda). Hubungan ini memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik performa kendaraan, khususnya dalam menentukan efektivitas akselerasi, pencapaian kecepatan maksimum, serta ketangguhan kendaraan saat menghadapi variasi kondisi medan yang dinamis [3]. Oleh karena itu, diperlukan teknologi transmisi yang mampu menjembatani kebutuhan torsi mesin dengan beban dinamis di roda secara fleksibel.

Untuk menjawab tantangan tersebut, teknologi Continuously Variable Transmission (CVT) menjadi opsi yang sangat relevan dan dianggap sebagai desain sistem transmisi ideal. Meskipun teknologi ini sudah digunakan sejak awal abad ke-20 pada mesin perkakas dan industri, CVT tetap menjadi pilihan utama karena kemampuannya mengubah rasio transmisi secara kontinu tanpa jeda perpindahan gigi konvensional [4]. Karakteristik transmisi rasio tak terbatas ini memungkinkan sistem secara otomatis memilih perbandingan gigi paling tepat untuk mengoptimalkan efisiensi energi serta kinerja kendaraan pada setiap kondisi pembebanan yang diberikan [5]. Selain fleksibilitas rasionya, CVT menawarkan berbagai keunggulan kompetitif dibandingkan unit transmisi manual maupun otomatis konvensional. Penggunaan CVT pada kendaraan ringan seperti buggy terbukti mampu menekan biaya produksi dan memberikan bobot kendaraan yang lebih ringan karena konstruksinya yang lebih sederhana. Dari sisi operasional, teknologi ini jauh lebih hemat bahan bakar dan memberikan kenyamanan berkendara melalui perubahan kecepatan yang halus tanpa hentakan (*shift shock*) [6]. Lebih jauh lagi, sistem ini mampu memberikan efek pengereman mesin (*engine brake*) yang lebih linear, yang sangat krusial bagi aspek keselamatan kendaraan saat beroperasi di medan industri yang bervariasi.

Namun, dalam penerapannya pada mobil buggy, peningkatan RPM mesinseringkali tidak diikuti oleh kenaikan RPM roda secara proporsional. Kondisi ini dipengaruhi oleh faktor kehilangan energi (*power losses*) yang terjadi pada sistem transmisi akibat gesekan antara sabuk (*belt*) dan puli (*pulley*), serta adanya fenomena selip pada mekanisme CVT [7]. Perbedaan putaran yang tidak sinkron ini menyebabkan efisiensi penyaluran tenaga menurun drastis, sehingga energi yang dihasilkan mesin terbuang menjadi panas. Hal ini berdampak langsung pada penurunan responsivitas akselerasi dan ketidakmampuan kendaraan dalam mempertahankan performa optimal saat membawa beban penuh.

Permasalahan efisiensi ini juga berpotensi menyebabkan konsumsi bahan bakar menjadi kurang ekonomis akibat mesin dipaksa bekerja di luar rentang operasi optimalnya secara terus-menerus. Dampak negatif lainnya adalah keausan dini pada komponen mekanis akibat panas berlebih yang dihasilkan dari perbedaan kecepatan putar yang tidak stabil antara input dan output transmisi [8]. Meskipun penelitian mengenai rasio transmisi pada kendaraan komersial telah banyak dilakukan, kajian yang secara mendalam mengevaluasi hubungan RPM mesin dan RPM roda pada kendaraan spesifik seperti buggy masih tergolong terbatas, terutama dalam konteks penggunaan di area industri.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis secara komprehensif pengaruh putaran mesin terhadap putaran roda pada kendaraan buggy dengan sistem transmisi CVT. Kajian ini difokuskan pada karakteristik penyaluran daya melalui sistem transmisi dalam kondisi variasi beban dan fluktuasi putaran mesin untuk mengukur efisiensi daya yang ditransmisikan [9]. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam memahami perilaku mekanis sistem pemindah daya nonkonvensional, serta menjadi referensi teknis dalam perancangan dan penyetalan transmisi agar efisiensi penyaluran tenaga dan performa kendaraan dapat ditingkatkan secara optimal.

1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana efektivitas daya (*Power/Effectiveness*) yang dihasilkan oleh sistem transmisi CVT saat menghadapi beban puncak pada variasi putaran mesin yang berbeda?
2. Berapakah efisiensi penyaluran tenaga yang optimal (keseimbangan antara RPM dan Torsi) agar mobil buggy tetap memiliki performa terbaik di kawasan industri yang padat?

1.3. Tujuan

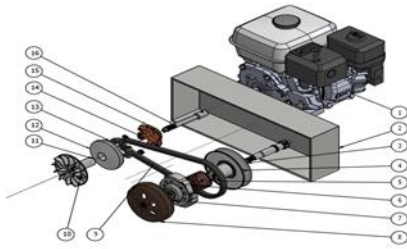
Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengevaluasi tingkat efektivitas daya (*Power*) yang dihasilkan oleh sistem transmisi CVT pada berbagai rentang RPM untuk menentukan performa optimal saat menghadapi beban puncak.
2. Mengidentifikasi karakteristik peningkatan torsi roda (*Wheel Torque*) secara linear seiring dengan penambahan beban operasional pada sistem transmisi CVT.

2. Metode dan Bahan

Metode penelitian yang diterapkan dalam studi ini adalah pendekatan eksperimental dengan menganalisis data yang disajikan dalam bentuk grafik. Grafik hasil pengujian selanjutnya dianalisis menggunakan metode deskriptif. Analisis deskriptif merupakan metode penelitian yang bertujuan untuk memberikan gambaran atau uraian mengenai karakteristik data berdasarkan hasil pengolahan data secara apa adanya, tanpa melakukan generalisasi atau penarikan kesimpulan yang bersifat umum [10]. Analisis deskriptif, yang juga dikenal sebagai analisis deduktif, merupakan bagian dari statistika yang mempelajari teknik pengumpulan serta penyajian data agar dapat dipahami dengan lebih mudah. Metode ini bertujuan untuk menjelaskan suatu keadaan, gejala, atau permasalahan berdasarkan kumpulan data yang tersedia, tanpa melakukan generalisasi terhadap populasi yang lebih luas. Analisis dilakukan terhadap perubahan putaran roda belakang akibat variasi beban yang diberikan, serta terhadap torsi yang mampu ditransmisikan dan didistribusikan ke roda belakang melalui sistem CVT. Rencana pemasangan cvt ditunjukkan pada gambar 1.

2.1 Desain



Gambar 1. Rencana pemasangan cvt

Keterangan gambar:

- 1) Mesin
- 2) Kotak CVT
- 3) Poros – Pulley Belakang
- 4) Pulley Belakang
- 5) CVT Spring
- 6) Clutch
- 7) Clutch Nut
- 8) CVT Clutch Bowl
- 9) V Belt
- 10) Pulley depan CVT
- 11) Boshing Pulley
- 12) Rollar Base
- 13) Roller
- 14) Piece Slide
- 15) Cup roller
- 16) Poros ke Mesin

Kendaraan *buggy* 2WD ini dirancang untuk mobilitas yang tangkas dengan bobot kosong hanya 100 kg, didukung oleh konfigurasi *wheelbase* 120 cm dan *wheel track* 80 cm, serta penggunaan roda berdiameter 40 cm. Performa kendaraan bersumber dari mesin General 4-tak OHV silinder tunggal berkapasitas 163 cc dengan pendingin udara. Unit mesin tersebut mampu mengasilkan daya maksimum 5,5 HP pada 3600 RPM. Penyaluran tenaga dioptimalkan oleh sistem transmisi *Dry Multiple Variable Speed* milik Vario 110 yang menggunakan *V-Belt Double Cog* seri KVB. Melalui integrasi puli primer 115 mm, puli sekunder 135 mm, serta enam buah *roller* 13 gram. Penerapan transmisi CVT pada penelitian ini menggunakan sistem penggerak roda belakang. Model CVT dipilih karena tidak memanfaatkan roda gigi konvensional, sehingga dapat memberikan kemudahan dalam pengoperasian kendaraan. Selain itu, sistem ini memiliki keunggulan dalam menyalurkan tenaga mesin secara adaptif sehingga memudahkan penyesuaian terhadap beban pada roda [11]. Kendaraan *buggy* yang dikembangkan diharapkan dapat berfungsi sebagai kendaraan operasional segala medan, yang dapat diaplikasikan untuk berbagai keperluan melalui penambahan perangkat atau alat pendukung sesuai kebutuhan.

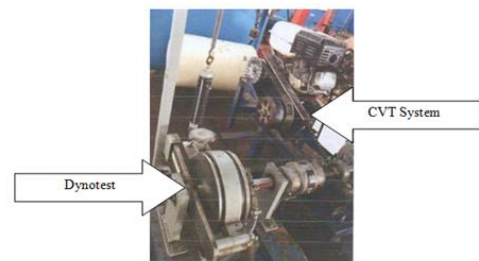
2.2 Instrumen Penelitian

Daya merupakan besaran yang menyatakan kerja yang dilakukan dalam satuan waktu tertentu. Pada mesin, daya dihasilkan melalui gerakan piston yang bergerak bolak-balik di dalam silinder sebagai bagian dari proses konversi energi menjadi tenaga mekanis [12]. Di dalam silinder mesin terjadi proses konversi energi primer, yakni transformasi energi kimia dari bahan bakar menjadi energi

termal melalui pembakaran, yang kemudian diubah menjadi energi mekanik melalui gerak translasi piston [13]. Efisiensi proses ini sangat bergantung pada sistem pengapian yang memastikan pembakaran berlangsung secara kontinu dan stabil. Ketidaktepatan waktu pengapian (*ignition timing*), seperti keterlambatan beberapa derajat pada langkah kerja, dapat menyebabkan penurunan tekanan puncak silinder yang berujung pada merosotnya output daya mesin. Secara spesifik, daya indikatif merupakan parameter kunci yang menunjukkan total energi yang dihasilkan per satuan waktu di dalam ruang bakar untuk mengatasi seluruh beban operasional dan hambatan mekanis pada sistem [14]. Selama proses operasi, mesin terdiri atas berbagai komponen yang saling terintegrasi dan bekerja secara simultan sehingga membentuk suatu kesatuan sistem yang kompak. Daya indikatif yang dihasilkan mesin tidak hanya digunakan untuk menghasilkan tenaga keluaran, tetapi juga berperan dalam mengatasi beban internal yang berasal dari komponen-komponen penyusun mesin tersebut [15]. Beberapa komponen tersebut antara lain pompa air pada sistem pendingin, pompa oli pada sistem pelumasan, kipas radiator, serta komponen pendukung lainnya yang dikenal sebagai aksesoris mesin. Aksesoris ini dikategorikan sebagai beban parasitik karena menyerap sebagian daya dari daya indikatif yang dihasilkan mesin.

Penelitian ini menggunakan *Chassis Dyno* sebagai instrumen utama untuk mengukur output daya dan torsi pada roda. Selain itu, tachometer diaplikasikan untuk memantau putaran mesin (RPM) secara akurat. Metodologi penelitian menetapkan putaran mesin (rentang 5500–8000 RPM) dan pembebanan roda belakang (3–8 kg) sebagai variabel bebas. Sementara itu, torsi dan daya yang dihasilkan pada roda belakang berperan sebagai variabel terikat. Penggunaan metode *Chassis Dyno* dipilih secara spesifik guna mengevaluasi kinerja mekanis sistem transmisi CVT dalam menyalurkan tenaga secara langsung.

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sistem penggerak kendaraan ke alat *dynotest*. Mekanisme penerusan daya menggunakan sistem rantai dan sproket dengan rasio 14:34. Sistem rantai ini dipilih untuk mempermudah penerapannya pada kendaraan *buggy*. Sproket dengan jumlah gigi 14 dipasang pada sisi keluaran (*output*) CVT, sedangkan sproket dengan jumlah gigi 34 dipasang pada poros roda belakang. Pengujian dengan *dynotest* dapat dilihat pada gambar 2.



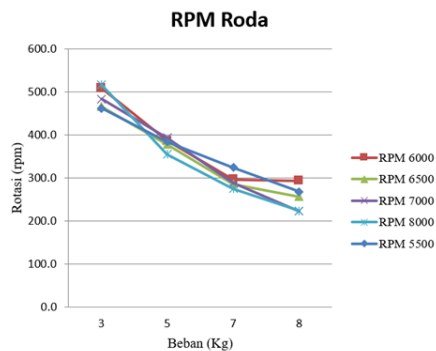
Gambar 2. Pengujian dengan *dynotest*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Rotasi Roda Belakang

Pengujian dilakukan secara berulang guna memperoleh data yang lebih akurat dan kredibel. Proses pengambilan data difokuskan pada kecepatan rotasi yang dihasilkan pada roda belakang, serta torsi yang muncul sesuai variasi beban yang

diberikan, sehingga daya yang ditransmisikan ke roda belakang kendaraan buggy dapat dihitung secara tepat. Siklus rotasi memiliki hubungan yang erat dengan pembebanan pada roda belakang, di mana peningkatan beban menyebabkan penurunan jumlah siklus rotasi, dan sebaliknya [16]. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembebanan pada pengujian ini berpengaruh signifikan terhadap siklus rotasi yang dihasilkan. Semakin besar beban yang diterapkan, semakin rendah jumlah siklus rotasi yang terjadi. Hubungan antara beban dan rotasi menunjukkan korelasi linier, di mana peningkatan beban menyebabkan penurunan rotasi, sedangkan penurunan beban akan meningkatkan jumlah rotasi yang dihasilkan.



Gambar 3. Grafik putaran roda belakang (rpm)

Gambar 3 memperlihatkan hasil pengukuran rotasi yang terjadi pada roda belakang sebagai respons terhadap variasi kecepatan mesin dan besarnya beban yang diterapkan. Pada putaran mesin sebesar 5500 rpm, rotasi roda belakang menunjukkan kecenderungan menurun dari 426,4 rpm menjadi 268 rpm seiring dengan meningkatnya beban yang diberikan. Pada pembebanan 3 kg, roda belakang mampu mencapai rotasi maksimum sebesar 426,4 rpm. Namun, ketika beban dinaikkan menjadi 5 kg, rotasi mengalami penurunan menjadi 384,8 rpm. Penurunan ini semakin terlihat pada beban 7 kg, di mana roda belakang hanya menghasilkan putaran sebesar 324,6 rpm. Pada kondisi beban tertinggi, yaitu 8 kg, rotasi roda belakang turun secara signifikan hingga mencapai 268,4 rpm. Hasil tersebut mengindikasikan adanya hubungan berbanding terbalik antara besarnya beban dan rotasi roda belakang, di mana peningkatan beban menyebabkan penurunan kemampuan sistem dalam mempertahankan kecepatan putaran.

Pada putaran mesin sebesar 6000 rpm, rotasi roda belakang mengalami penurunan dari 466 rpm menjadi 283,6 rpm seiring dengan peningkatan beban yang diterapkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa pembebanan yang lebih besar menyebabkan berkurangnya kemampuan roda belakang dalam mempertahankan kecepatan rotasi, akibat meningkatnya kebutuhan torsi untuk mengatasi gaya resistif yang bekerja pada sistem. Dengan demikian, semakin tinggi beban yang diberikan, semakin rendah rotasi roda yang dihasilkan meskipun mesin beroperasi pada putaran yang relatif tinggi. Secara rinci, pada beban 3 kg roda belakang mampu berputar hingga 509,2 rpm. Ketika beban ditingkatkan menjadi 5 kg, rotasi menurun menjadi 386,6 rpm. Selanjutnya, pada beban 7 kg roda hanya menghasilkan rotasi sebesar 297 rpm, dan pada beban maksimum 8 kg rotasi turun hingga 283,6 rpm.

Sementara itu, pada kecepatan mesin 6500 rpm, pola penurunan rotasi roda belakang juga terlihat jelas, di mana

rotasi menurun dari 466 rpm menjadi 256,6 rpm seiring dengan bertambahnya beban. Pada beban 3 kg, roda belakang berputar hingga 466 rpm, kemudian menurun menjadi 378,6 rpm pada beban 5 kg. Penurunan lebih lanjut terjadi pada beban 7 kg dengan rotasi sebesar 285,6 rpm, dan pada beban 8 kg roda hanya mampu berputar hingga 256,6 rpm. Hasil ini menegaskan adanya hubungan berbanding terbalik antara beban dan rotasi roda belakang, di mana peningkatan beban menyebabkan penurunan rotasi akibat meningkatnya torsi yang dibutuhkan untuk mempertahankan putaran serta berkurangnya daya efektif yang dapat ditransmisikan ke roda.

Pada kecepatan mesin sebesar 7000 rpm, rotasi roda belakang mengalami penurunan dari 483,6 rpm menjadi 222,8 rpm seiring dengan peningkatan beban yang diterapkan. Pada pembebanan 3 kg, roda belakang mampu menghasilkan putaran maksimum hingga 483,6 rpm. Namun, ketika beban dinaikkan menjadi 5 kg, rotasi menurun menjadi 394 rpm. Penurunan rotasi semakin signifikan pada beban 7 kg, di mana roda belakang hanya berputar hingga 289,4 rpm. Pada beban tertinggi, yaitu 8 kg, rotasi roda belakang turun drastis hingga mencapai 222,6 rpm. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan beban memberikan pengaruh langsung terhadap penurunan kecepatan rotasi roda belakang, yang mengindikasikan adanya kebutuhan torsi yang lebih besar untuk mengatasi gaya resistif pada sistem transmisi.

Pada kecepatan mesin sebesar 8000 rpm, rotasi roda belakang mengalami penurunan dari 516,6 rpm menjadi 223,8 rpm seiring dengan peningkatan beban yang diterapkan. Pada pembebanan 3 kg, roda belakang mampu menghasilkan putaran maksimum hingga 516,6 rpm. Namun, ketika beban ditingkatkan menjadi 5 kg, rotasi roda menurun menjadi 354,4 rpm. Penurunan rotasi berlanjut pada beban 7 kg, di mana roda belakang hanya berputar hingga 275 rpm. Pada beban tertinggi, yaitu 8 kg, rotasi roda belakang turun secara signifikan hingga mencapai 223,8 rpm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diberikan, semakin rendah rotasi roda belakang yang dihasilkan, yang mengindikasikan meningkatnya kebutuhan torsi serta adanya pengaruh gaya resistif terhadap kinerja sistem transmisi pada putaran mesin tinggi.

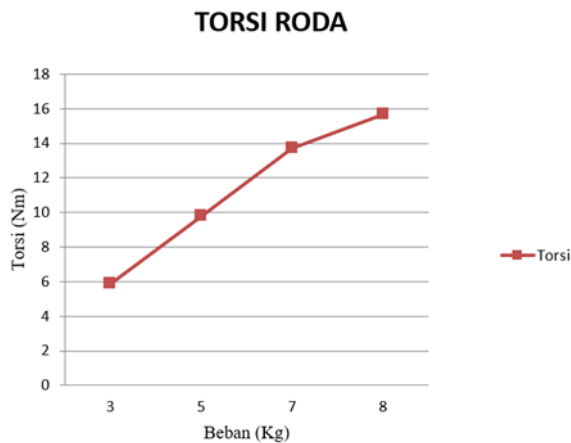
Penurunan rotasi roda belakang memiliki keterkaitan erat dengan peningkatan beban yang diberikan pada sistem [17]. Semakin besar beban yang diterapkan, semakin besar pula torsi yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya resistif, sehingga putaran roda cenderung menurun. Kondisi ini menyebabkan daya efektif yang ditransmisikan melalui sistem penggerak menjadi berkurang, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan kecepatan operasional kendaraan buggy. Dengan demikian, peningkatan beban tidak hanya memengaruhi rotasi roda belakang, tetapi juga kinerja keseluruhan sistem transmisi dan kemampuan kendaraan dalam mempertahankan kecepatan pada berbagai kondisi pembebanan

3.2. Torsi Roda Belakang

Berdasarkan hasil analisis teoritis serta pengujian empiris terhadap parameter daya dan torsi, dapat disimpulkan bahwa peningkatan kecepatan mesin berbanding lurus dengan besarnya daya yang dihasilkan oleh kendaraan. Semakin tinggi putaran mesin, semakin besar energi mekanik yang dapat dikonversikan menjadi daya untuk mendukung kinerja kendaraan [18]. Hasil pengujian pada

roda belakang menunjukkan terjadinya penurunan daya dan torsi setelah diberikan variasi pembebanan. Beban yang diterapkan pada roda belakang menyebabkan meningkatnya gaya resistif yang harus dilawan oleh sistem penggerak, sehingga putaran mesin (rpm) mengalami penurunan. Kondisi ini berdampak langsung pada menurunnya kemampuan mesin dalam mempertahankan output torsi serta daya yang ditransmisikan menuju roda belakang. Ketika beban pada roda belakang meningkat, rotasi roda cenderung mengalami penurunan. Namun, untuk mempertahankan kemampuan penggerak, kecepatan mesin perlu ditingkatkan agar roda belakang tetap dapat berputar. Torsi yang dihitung pada roda belakang merupakan respons langsung terhadap pembebanan yang diberikan, di mana semakin besar beban, semakin besar pula torsi yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya resistif dan menjaga kinerja sistem penggerak. Perhitungan torsi dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa parameter utama, yaitu besarnya beban yang diberikan (dalam satuan kg), percepatan gravitasi, serta radius patahan cakram pada alat dynotest yang digunakan.

Variasi beban yang diterapkan dalam pengujian meliputi 3 kg, 5 kg, 7 kg, dan 8 kg. Radius patahan cakram dynotest diketahui sebesar 20 cm. Nilai torsi yang dihasilkan dari perhitungan tersebut kemudian disajikan sesuai dengan gambar 4.



Gambar 4. Grafik torsi roda belakang

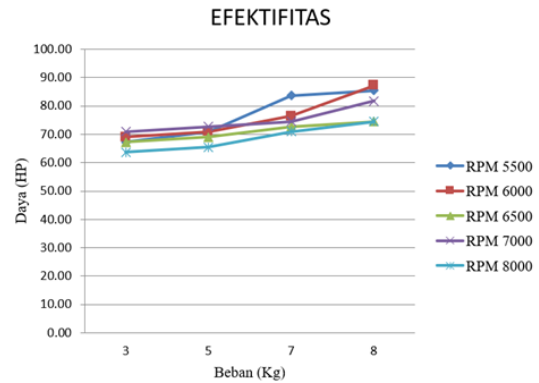
Hubungan antara beban dan torsi bersifat berbanding lurus, di mana peningkatan beban akan menghasilkan torsi yang semakin besar [19]. Sebaliknya, hubungan antara torsi dan rotasi roda menunjukkan kecenderungan berbanding terbalik, sehingga semakin besar torsi yang dihasilkan akibat pembebanan, semakin rendah rotasi roda yang terjadi. Secara kuantitatif, pada pembebanan 3 kg diperoleh torsi sebesar 5,88 Nm. Ketika beban ditingkatkan menjadi 5 kg, torsi yang dihasilkan meningkat menjadi 9,8 Nm. Selanjutnya, pada beban 7 kg torsi mencapai 13,72 Nm. Nilai torsi terbesar diperoleh pada pembebanan 8 kg, yaitu sebesar 15,68 Nm.

3.3. Efektivitas

Efektivitas dapat diartikan sebagai tingkat keaktifan, kegunaan, serta kesesuaian suatu aktivitas dalam melaksanakan tugas untuk mencapai target yang telah ditetapkan. Secara umum, efektivitas menitikberatkan pada pencapaian hasil yang diharapkan, dan sering dikaitkan dengan konsep efisiensi, meskipun keduanya memiliki perbedaan mendasar [20]. Efektivitas menggambarkan

sejauh mana suatu pekerjaan dapat menghasilkan output sesuai dengan tujuan yang direncanakan.

Dalam penelitian ini, efektivitas diperoleh dari rasio antara daya yang dihasilkan oleh mesin penggerak dengan daya yang diteruskan ke roda belakang melalui sistem CVT. Nilai efektivitas tersebut juga dipengaruhi oleh besarnya beban yang diberikan pada roda belakang, karena pembebanan akan memengaruhi kemampuan transmisi dalam menyalurkan daya secara optimal. Efektivitas sistem CVT sebagai sumber penyalur daya selanjutnya ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik efektivitas

Efektivitas daya didefinisikan sebagai besarnya daya yang mampu ditransmisikan dari penggerak utama menuju objek yang digerakkan[20]. Dalam konteks ini, efektivitas sangat dipengaruhi oleh beban yang diberikan pada objek yang dipindahkan, karena pembebanan akan menentukan seberapa optimal sistem mampu menyalurkan daya.

Pada penelitian ini, efektivitas yang dianalisis adalah efektivitas sistem CVT dalam mentransmisikan daya dari mesin penggerak ke roda belakang. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa efektivitas daya yang ditransmisikan pada putaran mesin 5500 rpm sebesar 70,6%, pada 6000 rpm sebesar 72,1%, pada 6500 rpm sebesar 67,1%, pada 7000 rpm sebesar 66%, dan pada 8000 rpm sebesar 64,3%. Secara keseluruhan, efektivitas rata-rata daya yang ditransmisikan oleh sistem CVT adalah sebesar 68%. Hal ini berarti bahwa dari total daya mesin penggerak sebesar 5,5 hp, daya yang berhasil diteruskan ke roda belakang hanya sekitar 3,74 hp, sedangkan sisanya mengalami kehilangan daya akibat gesekan, slip, serta faktor mekanis lainnya dalam sistem transmisi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian sistem CVT yang digunakan sebagai penerus daya dari mesin penggerak ke roda belakang kendaraan buggy, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Efektivitas Daya pada Beban Puncak Analisis efektivitas daya (Power/Effectiveness) menunjukkan fenomena teknis yang signifikan di mana operasional pada putaran mesin rendah (RPM_mesin 5500) justru memberikan tingkat efektivitas tertinggi saat diberikan beban puncak (8 kg) dibandingkan dengan putaran mesin tinggi (RPM_mesin 8000). Hal ini mengindikasikan bahwa pada kondisi beban berat, penggunaan RPM tinggi memicu kerugian daya (power losses) yang lebih besar akibat peningkatan suhu dan potensi selip pada sabuk transmisi (V-belt). Sebaliknya, pada RPM rendah, sistem CVT mampu

menjaga cengkaman dan penyaluran tenaga yang lebih stabil, sehingga menghasilkan efektivitas kerja yang lebih optimal untuk mendorong beban maksimal.

2. Efisiensi penyaluran tenaga yang paling optimal pada mobil buggy dicapai melalui keseimbangan antara torsi tinggi dan putaran mesin menengah. Data menunjukkan bahwa Wheel Torque mengalami peningkatan linear hingga mencapai puncaknya sebesar 15,8 Nm pada beban 8 kg, sementara Wheel RPM cenderung menurun drastis saat beban bertambah. Performa terbaik diperoleh dengan melakukan penyetelan (tuning) transmisi yang berfokus pada penguatan torsi di rentang putaran 5500 RPM hingga 6500 RPM. Keseimbangan ini memastikan kendaraan tetap memiliki daya dorong yang kuat untuk bermanuver dengan beban muatan, namun tetap mempertahankan efisiensi konsumsi energi dan meminimalkan keausan komponen mekanis.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi dan ucapan terima kasih kepada rekan sejawat, teknisi, serta mahasiswa yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama proses pengambilan data penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bali atas dukungan fasilitas yang diberikan, baik dalam pelaksanaan pengambilan data, pengolahan data, maupun kesempatan untuk mempublikasikan hasil penelitian dalam bentuk karya ilmiah.

Daftar Pustaka

- [1] F. P. Diharja, Mochammad Arif Irfa'i, and Mohammad Munib Rosadi, "Analisis Pengaruh Variasi Diameter Driven Pulley Terhadap Output Kecepatan Putar dan Torsi Akhir pada Trainer Transmisi Toyota Kijang Innova E 2.0 M/T," *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 21, no. 1, pp. 32–41, 2022, doi: 10.55893/jt.vol21no1.193.
- [2] E. Edison and D. Delwita, "Perancangan Rangka Body Mobil Buggy Untuk Satu Orang Penumpang," *Rang. Tek. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 2–5, 2019, doi: 10.31869/rtj.v2i2.1433.
- [3] A. Awaluddin, Syafri, K. Anuar, and Nazaruddin, "Analisis Kinerja Sistem Transmisi Pada Mobil Hemat Energi Tipe Hybrid," *Semin. Nas. ITENAS*, pp. 35–41, 2018.
- [4] D. W. Ge, S. Ariyono, and D. T. T. Mon, "A Review on Continuously Variable Transmissions Control," *Natl. Conf. Mech. Eng. Res.*, vol. 9501, no. May, pp. 543–554, 2010.
- [5] R. Fischer, F. Küçükay, G. Jürgens, R. Najork, and B. Pollak, *The automotive transmission book*. Springer Berlin Heidelberg, 2015. doi: 10.1007/978-3-319-05263-2.
- [6] E. C. Yos Nofendri, "Pengaruh Berat Roller Terhadap Performa Mesin Yamaha Mio Soul 110 Cc Yang Menggunakan Jenis Transmisi Otomatis (CVT)," *J. Kaji. Tek. Mesin*, vol. vol 5 no1, pp. 58–65., 2020, doi: <https://doi.org/10.52447/jktm.v5i1.3991>.
- [7] James Domu Siburian, "Analisa slip transmisi pulley dan v-belt pada beban tertentu dengan menggunakan motor," *Tek. Mesin, Univ. Islam Riau*, pp. 1–85, 2019, [Online]. Available: <https://repository.uir.ac.id/1895/1/143310632.pdf>
- [8] A. Kot, W. Grzegozek, and W. Szczypiński-Sala, "The analysis of an influence of rubber V-belt physical properties on CVT efficiency," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 421, no. 2, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/421/2/022017.
- [9] R. Rasyad and I. N. Sutantra, "Analisis dan Studi Eksperimen Perbandingan Transmisi Manual dengan Transmisi CVT pada Mobil Honda Jazz 2018, Berdasarkan Karakteristik Traksi dan Efisiensi Transmisi," *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 1, 2019, doi: 10.12962/j23373539.v8i1.42492.
- [10] C. M. Zellatifanny and B. Mudjiyanto, "Tipe Penelitian Deskriptif Obat Generik," *J. Diakom*, vol. 1, no. 2, pp. 83–90, 2018.
- [11] N. A. Handoyono and S. Purnomo, "Teknologi Chasis Otomotif," *Insa. Cendekia Mandiri*, pp. 42–44, 2020.
- [12] Ahmad Yani, "Analisis Putaran Mesin Diesel 16 Silinder Menggunakan Alat Dynamometer Terhadap Torsi Mesin, Daya Mesin Dan Komsumsi Bahan Bakar," *Anal. Putaran Mesin Diesel 16 Silinder Menggunakan Alat Dynamom. Terhadap Torsi Mesin, Daya Mesin Dan Komsumsi Bahan Bakar*, vol. 2, no. 10, pp. 162–174, 2022.
- [13] R. C. Hartantrie, I. Gede Eka Lesmana, A. T. Riyadi K, R. Abdu Rahman, and A. Nugroho, *Motor Bakar Pada Mesin Hanverst Energi*. 2022. [Online]. Available: www.penerbitwidina.com
- [14] Willard W. Pulkrabek, *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, 2nd Ed*. 2004.
- [15] JHON B.HEYWOOD, "John Heywood - Internal Combustion Engine Fundamentals-McGraw-Hill Education (2018)," 2018.
- [16] A. M. M. Daniel, "Desain Dan Implementasi Sistem Konversi Motor Bensin Menjadi Motor Listrik Padakendaraan Roda Dua," *Desain Dan Implementasi Sist. Konversi Mot. Bensin Menjadi Mot. List. Pada Kendaraan Roda Dua*, pp. 1–79, 2023, [Online]. Available: <https://dspace.uir.ac.id/handle/123456789/47771.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [17] T. A. Pambudi, G. E. Pramono, and D. Yuliaji, "Analisa Sistem Roda Gigi Diferensial Penggerak Roda Belakang Kendaraan Mobil Listrik (Iksha)," *Almikanika*, vol. 1, no. 1, pp. 27–34, 2019, doi: 10.32832/almikanika.v1i1.2009.
- [18] L. D. Yuono and E. Budiyanto, "Pengaruh perubahan sudut camshaft terhadap performa mesin sepeda motor sebagai upaya efisiensi energi," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 78–86, 2020, doi: 10.24127/trb.v9i1.1162.
- [19] A. Wahid Ibrahim, T. Wahyu Widodo, and T. Wahyu Supardi, "Sistem Kontrol Torsi pada Motor DC," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 6, no. 1, p. 93, 2016, doi: 10.22146/ijeis.10775.
- [20] D. R. Wibowo, "Upaya Peningkatan Efektivitas Mesin Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dan Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Mesin Toyo T235 Grinding," *J.*

Ilm. Tek. dan Manaj. Ind., pp. 1–75, 2023.