

PENGARUH VARIASI PUTARAN TERHADAP KENAIKAN TEMPERATUR DAN TEKANAN OLI TRANSMISI OTOMATIS CVT (*CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION*)

*The Effect Of Rotation Variations On The Increase In Temperature And Pressure Of Cvt Automatic
Transmission Oil (Continuously Variable Transmission)*

Anni Fatmawati¹, Rizky Sulvika Puspa Rinda², Gilbert Oktavianus³

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Dosen Prodi. Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Negeri Samarinda

³Jurusan Teknik Mesin, Mahasiswa Prodi. Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Negeri Samarinda
Jl.Dr.Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan, Samarinda Seberang, Kota Samarinda

e-mail: ¹anni140763@gmail.com, ²rinda.rizky@gmail.com, ³gilbert06@gmail.com

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 04/11/2025

Diterima dalam bentuk revisi:
10/11/2025

Diteima/publis: 13/11/2025

Kata Kunci

Transmisi CVT, Oli
transmisi, Rpm, Temperatur,
Tekanan

Abstrak

Dengan berkembangnya zaman, di mana jenis-jenis transmisi muncul serta memudahkan masyarakat kalangan umum dalam berkendara, terutama di tempat perkotaan yang padat penduduk, transmisi otomatis CVT merupakan sebuah pilihan yang tepat. Begitu juga dengan pelumasan yang tepat dapat membantu menjaga umur pakai transmisi. Salah satu oli yang dapat digunakan adalah Toyota TMO CVT T-IV. Proses penelitian pada transmisi dilakukan dengan tahapan, yaitu mengatur dengan variasi putaran 1000 Rpm, 1500 Rpm, dan 2000 Rpm dan dilakukan setiap 3 kali percobaan selama 5 menit. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan suhu pada variasi putaran untuk mencapai suhu kerja normal yaitu 40°C. Hasil penelitian peningkatan temperatur pada 1000 Rpm perlu mencapai 8.15°C atau 79.6%, 1500 Rpm sebesar 7.29°C atau sebesar 81.7%, dan 2000 Rpm sebesar 5.27°C atau 85.5%. Kemudian peningkatan oli untuk mencapai tekanan putaran idle pada 1000 Rpm sebesar 110 kPa atau 71.8%, 1500 Rpm sebesar 84 kPa atau 77.28% dan 2000 Rpm sebesar 59 kPa atau 84.4%.

Abstract

With the advancement of technology, various types of transmission systems have emerged, making driving more convenient for the general public, especially in densely populated urban areas. Among them, the automatic Continuously Variable Transmission (CVT) is considered an appropriate choice due to its smooth operation and efficiency. Proper lubrication also plays a crucial role in maintaining transmission durability. One of the recommended lubricants is Toyota TMO CVT T-IV oil. This study investigates the performance of the transmission system under different engine speeds of 1000 rpm, 1500 rpm, and 2000 rpm, each tested three times for a duration of five minutes. The main objective is to determine the temperature variation at each rotational speed in order to achieve the normal operating temperature of 40 °C. The results show that the temperature increased by 8.15 °C

(79.6%) at 1000 rpm, 7.29 °C (81.7%) at 1500 rpm, and 5.27 °C (85.5%) at 2000 rpm. Meanwhile, oil pressure required to reach idle rotation was 110 kPa (71.8%) at 1000 rpm, 84 kPa (77.28%) at 1500 rpm, and 59 kPa (84.4%) at 2000 rpm. These findings indicate that higher engine speeds allow faster achievement of stable operating conditions in CVT systems.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomotif modern terus mendorong peningkatan efisiensi, kenyamanan, dan keandalan sistem transmisi kendaraan. Salah satu inovasi penting dalam bidang ini adalah penggunaan Continuously Variable Transmission (CVT), yakni sistem transmisi otomatis yang mampu mengubah rasio gigi secara kontinu tanpa perpindahan gigi mekanis konvensional. Sistem ini memungkinkan mesin bekerja pada rentang putaran optimal untuk efisiensi bahan bakar yang lebih baik dan emisi yang lebih rendah dibandingkan transmisi otomatis tradisional [1], [2]. Penggunaan CVT semakin populer pada kendaraan penumpang karena karakteristik perpindahan daya yang halus, serta efisiensi energi yang meningkat pada kondisi lalu lintas perkotaan [3].

Meskipun memiliki keunggulan signifikan, kinerja CVT sangat dipengaruhi oleh kondisi termal dan hidrolis dalam sistem pelumasan. Suhu dan tekanan oli transmisi menjadi parameter utama yang menentukan efisiensi transmisi, umur pakai komponen, dan kenyamanan berkendara [4]. Oli transmisi tidak hanya berfungsi sebagai pelumas, tetapi juga sebagai media pendingin dan penghantar tenaga hidrolis untuk mengatur perubahan rasio puli. Ketika suhu oli meningkat melampaui batas kerja optimal, viskositas oli menurun, menyebabkan peningkatan gesekan internal dan penurunan efisiensi mekanis, bahkan berpotensi mempercepat degradasi belt dan pulley [5], [6].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa efisiensi sistem hidrolis transmisi otomatis sangat sensitif terhadap variasi suhu oli. Inaguma dan Yoshida (2013) menemukan bahwa efisiensi pompa hidrolis menurun pada suhu rendah maupun tinggi, dengan titik efisiensi optimum di sekitar 80

°C [2]. Selain itu, simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) oleh Wurm et al. (2017) menunjukkan distribusi suhu tinggi pada area sabuk CVT akibat gesekan dan deformasi elastis [1]. Fu et al. (2022) juga melaporkan bahwa kestabilan tekanan oli berperan penting dalam mempertahankan gaya penjepit (clamping pressure) pada sabuk baja CVT untuk mencegah slip dan keausan dini [3]. Penelitian lain oleh Tang et al. (2019) menegaskan bahwa tekanan oli yang tidak stabil dapat mengganggu keseimbangan hidrolis, menurunkan efisiensi, dan mempercepat kerusakan komponen transmisi [4].

Selain kondisi suhu dan tekanan, kecepatan putaran mesin (revolutions per minute atau RPM) juga merupakan faktor penting yang mempengaruhi karakteristik termal dan tekanan oli transmisi. Studi eksperimental menunjukkan bahwa peningkatan RPM meningkatkan tekanan hidrolis dan temperatur oli akibat peningkatan debit kerja pompa transmisi [3], [4]. Yan Qingdong, Li Jin & Wei Wei (2014) ini membahas bagaimana suhu oli kerja mempengaruhi performa konverter torsi hidrolis melalui simulasi CFD dan eksperimen, mencakup viskositas fluida dan efek termal [7]. Dalam konteks pelumasan jangka panjang, penelitian oleh Yang et al. (2022) memperlihatkan bahwa oli transmisi yang terdegradasi memiliki kemampuan pendinginan yang lebih rendah dibanding oli baru, yang pada akhirnya memperburuk kondisi termal sistem CVT [8]. Berbagai penelitian telah berupaya meningkatkan performa CVT melalui pengembangan fluida transmisi sintetis dan sistem pendinginan yang lebih efisien [9], [10]. Namun demikian, sebagian besar studi dilakukan secara simulatif atau dalam kondisi laboratorium dengan variabel yang dikontrol ketat, sementara penelitian

eksperimental pada kendaraan aktual dengan variasi putaran mesin masih terbatas [3]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan kenaikan temperatur serta tekanan oli transmisi pada tiga kondisi putaran mesin berbeda—1000 RPM, 1500 RPM, dan 2000 RPM—pada transmisi otomatis CVT kendaraan Toyota Alphard Gen 2 tahun 2008. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman empiris mengenai hubungan antara RPM, tekanan oli, dan temperatur transmisi, serta menjadi dasar pengembangan sistem pelumasan dan pendinginan yang lebih efisien dalam desain transmisi otomatis masa depan [11], [12].

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem transmisi otomatis Continuously Variable Transmission (CVT) bekerja berdasarkan prinsip perubahan diameter efektif antara dua puli yang dihubungkan oleh sabuk baja atau rantai logam. Rasio transmisi diatur secara kontinu melalui mekanisme hidrolis atau mekanis yang menggerakkan puli primer dan sekunder [13]. Efisiensi sistem tersebut sangat bergantung pada perilaku fluida transmisi – khususnya oli – yang berada di bawah kondisi tekanan dan suhu tinggi, di mana perubahan viskositas dan film pelumas dapat mempengaruhi kinerja secara signifikan [14]. Dalam operasi ekstrem, pelumasan yang kurang optimal dapat menyebabkan slip pada sabuk atau rantai, peningkatan gesekan internal, dan penurunan efisiensi mekanis dari sistem CVT [15].

Beberapa penelitian eksperimental dan numerik telah dilakukan untuk memahami fenomena termal dalam CVT. Wurm et al. (2017) melakukan simulasi perpindahan panas tiga dimensi pada CVT dan menemukan bahwa peningkatan suhu pada puli dan sabuk secara signifikan menurunkan gaya transmisi efektif [1]. Hasil yang serupa dilaporkan oleh Numerical Modeling of Heat Dissipation inside the Continuously Variable Transmission of a 400 cc Scooter, yang

menggunakan simulasi numerik pada CVT untuk mempelajari aliran panas dan distribusi suhu dalam rumah transmisi; studi tersebut menunjukkan bahwa suhu permukaan puli dan sabuk meningkat secara signifikan pada kondisi beban tinggi dan rasio gigi berubah-ubah, yang dapat mempengaruhi tegangan dan perilaku mekanis komponen sabuk [16]. Inaguma dan Yoshida (2013) meneliti karakteristik efisiensi pompa oli dan menunjukkan bahwa viskositas fluida menurun drastis di atas 100 °C, sehingga diperlukan pengendalian suhu pelumas yang efektif [2].

Selain itu, pendekatan desain sistem pendinginan untuk CVT juga semakin banyak dikaji. Sebagai contoh, studi oleh A Study on Effect of Various Design Parameters on Cooling of Clutch for a Continuously Variable Transmission (CVT) System of a Scooter (Karthikeyan, Gokhale & Bansode, 2014) menunjukkan bahwa modifikasi aliran udara dan jalur pendinginan dalam rumah CVT mampu menurunkan suhu komponen hingga skala signifikan [17]. Lebih lanjut, penelitian oleh Analysis and Optimization of Coupled Thermal Management Systems Used in Vehicles (Shu et al., 2019) mengangkat pentingnya integrasi sistem manajemen termal antara transmisi, mesin, dan sistem pendingin tambahan dalam kendaraan guna menjaga suhu sistem transmisi tetap dalam batas aman, yang pada akhirnya dapat meningkatkan efisiensi operasional [18].

Dalam konteks degradasi fluida, penelitian oleh Influence of oxidation of automatic transmission fluids (ATFs) and sliding distance on friction coefficients of a wet clutch in the running-in stage (Farfán-Cabrera et al., 2021) menunjukkan bahwa oksidasi Automatic Transmission Fluid (ATF) pada suhu tinggi mengakibatkan perubahan viskositas serta hilangnya aditif ZDDP, yang kemudian memengaruhi koefisien gesek dan kapasitas torsi kopling basah [19]. Selain itu, studi Cooling Performance of Fresh and Aged Automatic Transmission Fluids for Hybrid Electric Vehicles menyimpulkan bahwa fluida transmisi yang telah terdegradasi memiliki

kemampuan pendinginan yang lebih rendah dibanding fluida baru — yang berdampak pada peningkatan suhu kerja sistem hingga belasan derajat [8]. Di sisi lain, penelitian mengenai efisiensi pompa oli transmisi seperti Design of Gerotor Pump and Influence on Oil Supply System for Hybrid Transmission (2021) menyatakan bahwa desain pompa gerotor yang dioptimalkan memberikan pengaruh signifikan terhadap efisiensi aliran oli dan sistem suplai oli pada transmisi hibrida [20].

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian mesin ini menggunakan metode kuantitatif

Lokasi dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Samarinda, dari bulan Januari hingga Mei 2024. Pengujian dilakukan secara bertahap selama periode tersebut untuk melakukan penelitian Perbandingan Persentase Kenaikan Temperatur Dan Tekanan Oli Transmisi Pada 1000 Rpm, 1500 Rpm Dan 2000 Rpm Transmisi Toyota Alphard Gen 2 2008.

Alat dan Bahan

Alat :

1. Kunci pas ring
2. Kunci Shock
3. Scan tool

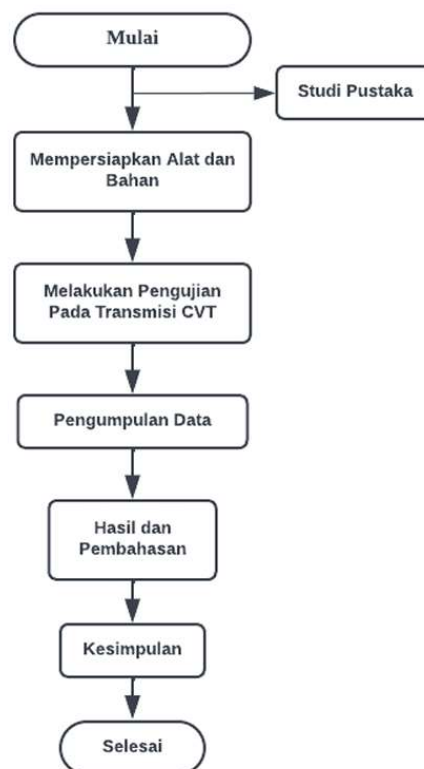
Bahan :

1. Oli transmisi Toyota TMO CVT T IV
2. Motor penggerak
3. Transmisi CVT Alphard

Tahap Penelitian

1. Tahap Persiapan Penelitian
 - a. Mempersiapkan alat dan bahan.
 - b. Teliti dan perhatikan bahwa peralatan dan perangkat percobaan semuanya berada dalam kondisi siap pakai.
 - c. Bahan yang digunakan adalah 1 unit transmisi CVT Toyota Alphard Gen 2 2008.

- d. Pastikan alat pengujian bekerja dengan baik.
 - e. Melakukan pemeriksaan pada transmisi sebelum melakukan pengambilan data.
2. Tahap Pelaksanaan
 - a. Hidupkan transmisi.
 - b. Setelah transmisi dihidupkan catat RPM di angka 1000, 1500, dan 2000 sesuai dengan yang ingin diujikan menggunakan scan tool
 - c. Catat hasil pengukuran temperatur dan tekanan oli ke dalam tabel pengujian.
 - d. Lakukan kembali pengujian di RPM yang sama sebanyak 3 kali dengan tujuan mendapatkan hasil yang akurat.
 - e. Kemudian dibahas sebagai data yang mendukung hasil dari penelitian yang telah dilakukan.
 - f. Kesimpulan, penulis menyimpulkan hasil penelitian sebagai bahan pertimbangan berhasil atau tidaknya penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alir Perbedaan Kenaikan Temperatur Dan Tekanan Oli Transmisi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

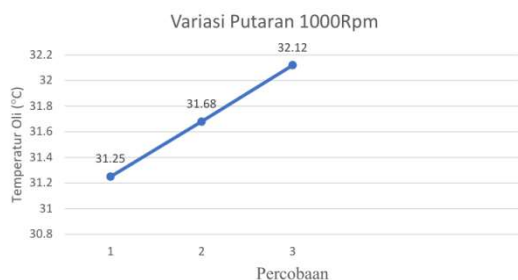
Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengana lisis perbandingan kenaikan nya temperatur dan tekanan oli transmisi CVT pada transmisi Toyota Alphard. Data ini dilakukan dengan pengujian terhadap perputaran transmisi di angka 1000, 1500 dan 2000 RPM.

Hasil penelitian dengan RPM 1000 menggunakan oli Toyota CVT T-IV

Tabel 1. Pengujian Dengan Variasi 1000 Rpm

Rpm	Waktu	Uji ke-	Press Oli (kPa)	Temp Oli (°C)
1000	5 menit	1	260	31,25
		2	270	31,68
		3	280	32,12
Rata-rata			270	31,85

Dari tabel 4.1 Pengujian Dengan Variasi Putaran 1000 Rpm, dapat diamati bahwa nilai rata-rata temperatur untuk semua percobaan adalah 31.85°C atau sebesar 20.3% sehingga perlu mencapai 8.15°C atau 79.6% lagi untuk mencapai temperatur kerja normal yaitu 40°C. Dan nilai rata-rata untuk tekanan oli adalah 270 kPa atau sebesar 28.9% sehingga untuk mencapai tekanan putaran idle yaitu 380kPa perlu mencapai 110 kPa lagi atau 71.8%. Hasil rata-rata ini merupakan percobaan variasi putaran 1000 Rpm yang dilakukan sebanyak 3 kali dengan waktu 5 menit untuk setiap percobaan.



Gambar 2. Grafik Temperatur Variasi Putaran 1000 Rpm

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa pengujian temperatur oli pada variasi putaran 1000 Rpm selama 5 menit melakukan 3 kali pengujian berdasarkan standar suhu kerja normal yaitu 40%, sehingga pada pengujian 1 diperlukan 8.75°C atau 78.1% lagi untuk mencapai suhu kerja normal, pada pengujian 2 perlu mencapai 8.32°C atau 79.2% lagi, dan pengujian 3 perlu mencapai 7.88°C atau 80.3% untuk mencapai suhu kerja normal.



Gambar 3. Grafik Tekanan Oli Variasi Putaran 1000 Rpm

Pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa pengujian tekanan oli pada variasi putaran 1000 Rpm selama 5 menit melakukan 3 kali pengujian berdasarkan tekanan putaran idle yaitu 380 kPa, sehingga pada pengujian 1 diperlukan 120 kPa atau 68.4% untuk mencapai tekanan putaran idle, pada pengujian 2 memerlukan 110 kPa lagi atau 71.8%, dan pengujian 3 perlu mencapai 100 kPa atau 73.6% lagi untuk mencapai tekanan putaran idle.

Hasil penelitian dengan RPM 1500 menggunakan oli Toyota CVT T-IV

Tabel 2. Pengujian Dengan Variasi 1500 Rpm

Rpm	Waktu	Uji ke-	Press Oli (kPa)	Temp Oli (°C)
1500	5 Menit	1	286	32,29
		2	296	32,72
		3	308	33,14
Rata-rata			296	32,71

Dari tabel 4.2 Pengujian Dengan Variasi Putaran 1500 Rpm, dapat diamati bahwa nilai rata-rata temperatur untuk semua percobaan adalah 32.71°C atau sebesar 18.2% sehingga perlu mencapai 7.29°C atau 81.7% lagi untuk mencapai temperatur kerja normal yaitu 40°C. Dan nilai rata-rata untuk tekanan oli adalah 296 kPa atau sebesar 22.71% sehingga untuk mencapai tekanan putaran idle yaitu 380kPa perlu mencapai 84 kPa lagi atau 77.8%. Hasil rata-rata ini merupakan percobaan variasi putaran 1500 Rpm yang dilakukan sebanyak 3 kali dengan waktu 5 menit untuk setiap percobaan.



Gambar 4. Grafik Temperatur Oli Variasi 1500 Rpm

Pada gambar 4 menunjukkan bahwa pengujian temperatur oli pada variasi putaran 1500 Rpm selama 5 menit melakukan 3 kali pengujian berdasarkan standar suhu kerja normal yaitu 40%, sehingga pada pengujian 1 diperlukan 7.71°C atau 80.7% lagi untuk mencapai suhu kerja normal, pada pengujian 2 perlu mencapai 7.29°C atau 81.7% lagi, dan pengujian 3 perlu mencapai 6.86°C atau 82.28% untuk mencapai suhu kerja normal.



Gambar 5. Grafik Tekanan Oli Variasi 1500 Rpm

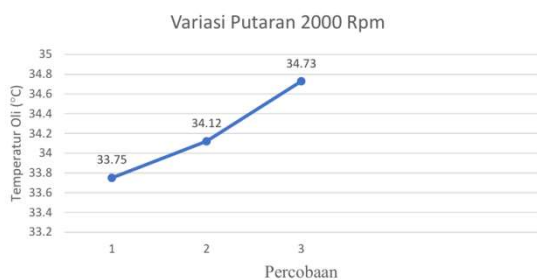
Pada gambar 5 menunjukkan bahwa pengujian tekanan oli pada variasi putaran 1500 Rpm selama 5 menit melakukan 3 kali pengujian berdasarkan tekanan putaran idle yaitu 380 kPa, sehingga pada pengujian 1 diperlukan 95 kPa atau 75% untuk mencapai tekanan putaran idle, pada pengujian 2 memerlukan 84 kPa lagi atau 77.8%, dan pengujian 3 perlu mencapai 72 kPa atau 81% lagi untuk mencapai tekanan putaran.

Hasil penelitian dengan RPM 2000 menggunakan oli Toyota CVT T-IV

Tabel 3. Pengujian Dengan Variasi 2000 Rpm

Rpm	Waktu	Uji ke-	Press Oli (kPa)	Temp Oli (°C)
200	5 Menit	1	310	33,75
		2	321	34,12
		3	334	34,73
Rata-rata			321	34,20

Dari tabel 3 Pengujian Dengan Variasi Putaran 2000 Rpm, dapat diamati bahwa nilai rata-rata temperatur untuk semua percobaan adalah 34.20°C atau sebesar 14.5% sehingga perlu mencapai 5.8°C atau 85.5% lagi untuk mencapai temperatur kerja normal yaitu 40°C. Dan nilai rata-rata untuk tekanan oli adalah 321 kPa atau sebesar 15.5% sehingga untuk mencapai tekanan putaran idle yaitu 380kPa perlu mencapai 59 kPa lagi atau 84.4%. Hasil rata-rata ini merupakan percobaan variasi putaran 2000 Rpm yang dilakukan sebanyak 3 kali dengan waktu 5 menit untuk setiap percobaan.



Gambar 6 Grafik Temperatur Oli Variasi 2000 Rpm

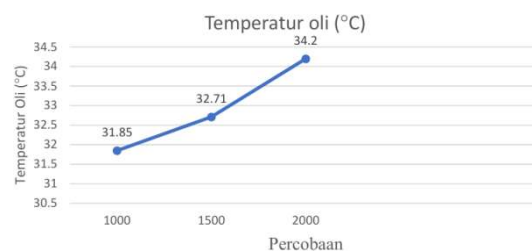
Pada gambar 6 menunjukkan bahwa pengujian temperatur oli pada variasi putaran 2000 Rpm selama 5 menit melakukan 3 kali pengujian berdasarkan standar suhu kerja normal yaitu 40%, sehingga pada pengujian 1 diperlukan 6.25°C atau 84.3% lagi untuk mencapai suhu kerja normal, pada pengujian 2 perlu mencapai 5.88°C atau 85.3% lagi, dan pengujian 3 perlu mencapai 5.27°C atau 86.8% untuk mencapai suhu kerja normal.



Gambar 7. Grafik Tekanan Oli Variasi 2000 Rpm

Pada gambar 7 menunjukkan bahwa pengujian tekanan oli pada variasi putaran 2000 Rpm selama 5 menit melakukan 3 kali pengujian berdasarkan tekanan putaran idle yaitu 380 kPa, sehingga pada pengujian 1 diperlukan 70 kPa atau 81.5% untuk mencapai tekanan putaran idle, pada pengujian 2 memerlukan 59 kPa lagi atau 84.4%, dan pengujian 3 perlu mencapai 46 kPa atau 87.8% lagi untuk mencapai tekanan putaran.

Temperatur Transmisi Variasi Putaran 1000, 1500 dan 2000



Gambar 8. Grafik Rata-rata Temperatur Oli

Dari gambar 4.7 Grafik Rata-rata temperatur oli, menunjukkan gabungan dari setiap variasi putaran dengan hasil rata-rata temperatur pada masing-masing putaran. Dari grafik di atas dapat dilihat terjadinya perbedaan peningkatan suhu transmisi dari 1000 Rpm atau 79.6% ke 1500 Rpm atau 81.7% sebanyak 2.1%, kemudian putaran 1500 atau 81.7% Rpm ke 2000 Rpm atau 85.5% sebanyak 3.6%. Kemudian perbedaan peningkatan tekanan oli transmisi dari 1000 Rpm atau 71.8% ke 1500 Rpm atau 77.8% sebesar 6% kemudian dari 1500 Rpm atau 87.8% ke 2000 Rpm atau 87.8% sebanyak 3.4%. Kemudian rata-rata peningkatan tekanan oli pada 3x pengujian di variasi putaran 1000 Rpm sebesar 2.6%, 1500 Rpm sebesar 3% dan 2000 Rpm sebesar 3.15%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan sebanyak 3 kali, dan dalam waktu 5 menit di setiap percobaan dengan rotasi putaran engine 1000 RPM, 1500 RPM, dan 2000 RPM. Hasil Pengujian temperatur pertama dengan Rpm 1000, didapati untuk mencapai temperatur kerja normal transmisi yaitu 40°C adalah 8.15°C atau 79.6%. Hasil Pengujian temperatur kedua dengan Rpm 1500, didapati untuk mencapai temperatur kerja normal transmisi yaitu 40°C adalah 7.29°C atau 81.7%. Hasil Pengujian temperatur ketiga dengan Rpm 2000, didapati untuk mencapai temperatur kerja

normal transmisi yaitu 40°C adalah 5.8°C atau 85.5%. Hasil pengujian pertama tekanan oli pada transmisi dengan Rpm 1000, didapati untuk mencapai tekanan putaran idle transmisi yaitu 380 kPa adalah 110 kPa atau 71.8%. Hasil pengujian kedua tekanan oli pada transmisi dengan Rpm 1500, didapati untuk mencapai tekanan putaran idle transmisi yaitu 380 kPa adalah 84 kPa atau 77.8%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Wurm, M. Fitl, M. Gumpesberger, E. Väisänen, and C. Hochenauer, "Advanced heat transfer analysis of continuously variable transmissions (CVT)," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 114, pp. 545–553, 2017.
- [2] Y. Inaguma and N. Yoshida, "Mathematical analysis of influence of oil temperature on efficiencies in hydraulic pumps for automatic transmissions," *SAE Int. J. Passeng. Cars-Mechanical Syst.*, vol. 6, no. 2013-01-0820, pp. 786–797, 2013.
- [3] B. Fu, T. Zhu, J. Liu, and X. Hu, "Research on Clamping Force Control of CVT for Electric Vehicles Based on Slip Characteristics," *Sensors*, vol. 22, no. 6, p. 2131, 2022.
- [4] H. Tang, K. Zreik, H. Ohtani, T. D'Anna, J. E. Murtagh, and T. Wellmann, "Efficiency Evaluation of Lower Viscosity ATF in a Planetary Automatic Transmission for Improved Fuel Economy," SAE Technical Paper, 2019.
- [5] P. Krawiec, L. Rózański, D. Czarnecka-Komorowska, and Ł. Warguła, "Evaluation of the Thermal Stability and Surface Characteristics of Thermoplastic Polyurethane V-Belt," *Mater. 2020, Vol. 13, Page 1502*, vol. 13, no. 7, p. 1502, Mar. 2020, doi: 10.3390/MA13071502.
- [6] J. Pei, Y. Tian, H. Hou, Y. Tao, M. Wu, and L. Wang, "Lubrication Reliability and Evolution Laws of Gear Transmission Considering Uncertainty Parameters," *Lubricants*, vol. 13, no. 9, p. 392, 2025.
- [7] Q. Yan, J. Li, and W. E. I. Wei, "Research on effect of working oil temperature for hydraulic torque converter performance using CFD and test," *Jixie Gongcheng Xuebao/Chinese J. Mech. Eng.*, vol. 50, no. 12, pp. 118–125, 2014.
- [8] N. Rivera, J. L. Viesca, A. García, J. I. Prado, L. Lugo, and A. H. Battez, "Cooling Performance of Fresh and Aged Automatic Transmission Fluids for Hybrid Electric Vehicles," *Appl. Sci. 2022, Vol. 12, Page 8911*, vol. 12, no. 17, p. 8911, Sep. 2022, doi: 10.3390/APP12178911.
- [9] S. Y. Cha, D. Whitticar, A. Gajanayake, and M. Ikeda, "Development of Next-Generation Continuously Variable Transmission Fluid Technology," *SAE Tech. Pap.*, vol. 9, Sep. 2012, doi: 10.4271/2012-01-1670.
- [10] K. Narita, "Lubricants for Metal Belt Continuously Variable Transmissions," *Lubr. 2014, Vol. 2, Pages 11-20*, vol. 2, no. 1, pp. 11–20, Feb. 2014, doi: 10.3390/LUBRICANTS2010011.
- [11] J. Sun *et al.*, "Study on the Influence of Rotational Speed and Pad Temperature of Pumped-Storage Set on Oil Mist Leakage of Thrust Bearing," *Sustain. 2023, Vol. 15, Page 6242*, vol. 15, no. 7, p. 6242, Apr. 2023, doi: 10.3390/SU15076242.
- [12] S. Yan, G. Li, S. Tian, and Q. Zheng, "Research on the relationship between transmission efficiency and input torque of manual transmission," *Mech. Ind.*, vol. 20, no. 6, p. 611, 2019.
- [13] I. Arango and S. Muñoz Alzate, "Numerical design method for CVT supported in standard variable speed rubber V-belts," *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 18, p. 6238, 2020.
- [14] B. LotfizadehDehkordi, P. J. Shiller, and G. L. Doll, "Pressure-and temperature-dependent viscosity measurements of lubricants with polymeric viscosity modifiers," *Front. Mech. Eng.*, vol. 5, p. 18, 2019.
- [15] Y. Isozaki, K. Okubo, T. Fujii, K. Sakagami, and T. Yagasaki, "Power Transmission of CVT Using a Metal V-belt under Fluctuating Torque," *Trans. Soc. Automot. Eng. Japan*, vol. 49, no. 6, 2018.
- [16] H. Hui-Hui, T. Chien-Hsiung, and H. Wei-Ta, "Numerical Modeling of Heat Dissipation inside the Continuously Variable Transmission of a 400cc Scooter," SAE Technical Paper, 2017.

- [17] N. Karthikeyan, A. Gokhale, and N. Bansode, “A Study on Effect of Various Design Parameters on Cooling of Clutch for a Continuously Variable Transmission (CVT) System of a Scooter,” *SAE Tech. Pap.*, vol. 2014-October, Oct. 2014, doi: 10.4271/2014-01-2595.
- [18] G. Shu, C. Hu, H. Tian, X. Li, Z. Yu, and M. Wang, “Analysis and optimization of coupled thermal management systems used in vehicles,” *Energies*, vol. 12, no. 7, p. 1265, 2019.
- [19] L. I. Farfan-Cabrera, E. A. Gallardo-Hernández, M. Vite-Torres, and J. G. Godínez-Salcedo, “Influence of oxidation of automatic transmission fluids (ATFs) and sliding distance on friction coefficients of a wet clutch in the running-in stage,” *FRICT. 2020 92*, vol. 9, no. 2, pp. 401–414, Oct. 2020, doi: 10.1007/S40544-020-0406-Z.
- [20] M. Huang, C. Shi, Y. Zhu, J. Zhang, and F. Zhang, “Design of gerotor pump and influence on oil supply system for hybrid transmission,” *Energies*, vol. 14, no. 18, p. 5649, 2021.