

**KARAKTERISTIK KINERJA DAN VALIDASI MODEL
EFISIENSI PADA PROTOTIPE *GEARBOX*
PLANET VS SIKLOIDAL**



TUGAS AKHIR

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Strata 1 Pada
Program Studi Teknik Mesin**

Oleh :

**Riko
2002220029**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRIDINANTI**

2026

UNIVERSITAS TRIDINANTI
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN



TUGAS AKHIR

KARAKTERISTIK KINERJA DAN VALIDASI MODEL
EFISIENSI PADA PROTOTYPE *GEARBOX PLANET VS*
SIKLOIDAL

Oleh :

Riko
2002220029

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Herivanto Rusmarvadi, ST., PG., DIP., MT.

Diperiksa dan Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing I,

Imam Akbar, ST., MT.

Dosen Pembimbing II,

Hj. Rita Maria Veranika, ST., MT.

Disahkan Oleh :
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ani Firda, ST., MT

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Riko
NIP : 2002220029
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN

Dengan ini menyatakan bahwa Artikel dengan judul : **“Karakteristik Kinerja Dan Validasi Model Efisiensi Pada Prototipe Gearbox Planet Vs Sikloidal”** benar bebas dari plagiat dan publikasi ganda. Bila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi yang berlaku dari pihak prodi dan insitusi Universitas Tridinanti Palembang.

Demikian surat pernyataan ini saya buat penuh keasadaran, dan tanpa paksaan dari pihak mana pun. Sehingga dapat dipergunakan sebagai mana mestinya.

Palembang, Maret 2026

Mahasiswa



Riko

Lampiran :
Print Out Hasil Plagiat

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Riko
NIP : 2002220029
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi berjudul : **"Karakteristik Kinerja Dan Validasi Model Efisiensi Pada Prototipe Gearbox Planet Vs Sikloidal"** adalah benar merupakan karya sendiri. Hal-hal yang bukan karya saya, dalam skripsi tersebut diberi tanda citasi dan ditunjukkan dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan ditemukan pelanggaran atas karya skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan skripsi dan gelar yang saya peroleh dari skripsi tersebut.

Palembang, Maret
Yang membuat pernyataan



Riko
NIM. 2002220029

SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai Civitas Akademika Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Riko
NIM : 2002220029
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : TUGAS AKHIR/ SKRIPSI

Demi Pengembangan Ilmu pengetahuan untuk memberikan kepada pihak Universitas Tridianti Palembang hak bebas Royalti Nonekklusif (*non eksklusive rolayity free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

KARAKTERISTIK KINERJA DAN VALIDASI MODEL EFISIENSI
PADA PROTOTYPE *GEARBOX* PLANET VS SIKLOIDAL

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), dengan hak royalti eksklusif ini universitas tridianti palembang berhak menyimpan, mengalih mediakan, mengelola dalam bentuk data base dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya dan tanpa ada tekanan dari pihak mana pun.

Dibuat di
Palembang, Maret 2026
Yang menyatakan,


Riko



Digital Receipt

This receipt confirms that Turnitin has received your submission. See details about your file below.

Submission author

Domingo Branch

Assignment title

Response Paper #2

Submission title

RIKO-2002220029

File name

RIKO-2002220029.docx

File size

12594412

Page count

37

Word count

4924

Character count

32714

Submission date

Apr 13, 2026, 5:46:58 PM UTC

Submission ID

trn:oid:::19218:578054443

Copyright 2026 Turnitin. All rights reserved.

Domingo Branch

RIKO-2002220029

 Response Paper #2

Document Details

Submission ID

trn:oid::19218:578054443

Submission Date

Apr 14, 2026, 12:46 AM GMT+7

Download Date

Apr 14, 2026, 12:49 AM GMT+7

File Name

RIKO-2002220029.docx

File Size

12.0 MB

37 Pages




4,924 Words

32,714 Characters

9% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 8%  Internet sources
 - 4%  Publications
 - 7%  Submitted works (Student Papers)
-

Top Sources

- 8% Internet sources
- 4% Publications
- 7% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	repositorio.ug.edu.ec	<1%
2	Internet	docplayer.info	<1%
3	Internet	www.coursehero.com	<1%
4	Internet	text-id.123dok.com	<1%
5	Publication	Nurcholish Arifin Handoyono, Sigit Purnomo. "Teknologi Chasis Otomotif", EdArXi...	<1%
6	Student papers	Tampere University on 2025-04-26	<1%
7	Internet	repository.upnjatim.ac.id	<1%
8	Student papers	Universitas Putera Batam on 2026-02-02	<1%
9	Internet	repository.ub.ac.id	<1%
10	Internet	www.astra-daihatsu.id	<1%
11	Internet	repository.unissula.ac.id	<1%

12	Internet	repository.its.ac.id	<1%
13	Internet	repositori.ukwms.ac.id	<1%
14	Student papers	Universitas Pasundan on 2026-04-13	<1%
15	Internet	digilib.ptdisttd.ac.id	<1%
16	Internet	repository.umsu.ac.id	<1%
17	Student papers	Universitas Bengkulu on 2025-10-29	<1%
18	Internet	repository.yudharta.ac.id	<1%
19	Internet	adoc.pub	<1%
20	Internet	repository.umj.ac.id	<1%
21	Student papers	Trisakti University on 2026-02-11	<1%
22	Internet	eprints.untirta.ac.id	<1%
23	Internet	www.researchgate.net	<1%
24	Internet	www.scribd.com	<1%
25	Student papers	Politeknik Negeri Bandung on 2023-06-26	<1%

➤ *MOTTO :*

- ✓ *Pendidikan sangat penting untuk meraih masa depan.*
- ✓ *Teruslah belajar dan jangan takut salah.*
- ✓ *Menyikapi sesuatu dengan sikap sabar dan berpikir tenang.*
- ✓ *Suatu permasalahan pasti ada solusinya.*
- ✓ *Lebih baik bersikap rendah hati dari pada sombong diri.*
- ✓ *Selalu bersyukur yang diberikan Tuhan kepada kita.*
- ✓ *Menjalani hidup ini harus dengan semangat dan jangan sampai menyerah.*

Kupersembahkan untuk :

- ❖ *Kedua orang tuaku ibu Dan bapak yang ku cinta*
- ❖ *Saudara kakak yang telah memberiku semangat*
- ❖ *Teman - teman seperjuangan 2026 Teknik Mesin*
- ❖ *Almamaterku*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena atas berkat dan hidayah-NYA, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Banyak hambatan dan rintangan yang terjadi selama menyusun Tugas Akhir ini. Walaupun demikian semua merupakan tantangan yang harus dihadapi. Tugas Akhir yang berjudul **“Karakteristik Kinerja Dan Validasi Model Efisiensi Pada Prototipe Gearbox Planet Vs Sikloidal”** dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar Sarjana Strata Satu di Universitas Tridianti Palembang. Meskipun penyusunan Tugas Akhir ini telah selesai, tetap disadari Tugas Akhir masih jauh dari sempurna, baik dari segi materi, penyajian maupun bahasannya. Oleh karena itu sangat diharapkan adanya kritik dan saran yang sifatnya membangun guna kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, perkenankanlah untuk menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu didalam penyusunan Tugas Akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Khususnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Edizal AE., MS. Selaku Rektor Universitas Tridianti Palembang.
2. Ibu Dr. Ani Firada, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang.
3. Bapak Heriyanto Rusmaryadi, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang
4. Bapak Martin Luther King, ST., MT, Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang
5. Bapak Imam Akbar, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing I
6. Bapak Hj. Rita Maria Veranika, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing II

7. Seluruh Staf Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik Mesin Universitas Tridinanti Palembang.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat berguna bagi mahasiswa. Khususnya Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Tridinanti Palembang.

Palembang, Maret 2026
Penulis,

Riko

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PEMGESAHAN	ii
HALAMAN PENGUJI	iii
HALAMAN BEBAS PLAGIAT	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
ABSTRAK	xiii
 BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat Penelitian	6
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Konsep Dasar Gearbox dalam Transmisi Daya	8
2.2. <i>Gearbox Planetary</i>	9
2.3. <i>Gearbox Cycloidal</i>	10
2.4. Efisiensi Mekanis dan Rugi Daya	11
2.5. <i>Additive manufacturing</i> (3D Printing) dalam Pembuatan <i>Gearbox</i> ...	11
2.6. Material PLA Carbon Fiber.	13

2.7. Studi eksperimental dan analitik pada prototipe 3D <i>printed gearbox</i> .	14
2.8. Penelitian Terdahulu.....	15

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian.....	16
3.2. Desain Penelitian.....	17
3.3. Desain Alat.....	17
3.4. Bahan Dan Alat.....	18
3.5. Kondisi Uji dan <i>Setpoint</i> Operasi.....	19
3.6. Prosedur Pengujian.....	19
3.7. Kriteria Keberhasilan dan Validasi	19
3.8. Jadwal Kegiatan.	20

BAB IV. PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4. 1. Data hasil pengujian.....	21
4. 2. Perhitungan daya input dan output.	22
4. 3. Perhitungan efisiensi gearbox.	23
4. 4. Perbandingan efisiensi eksperimental.....	24
4. 5. Pembahasan.....	24

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5. 1. Kesimpulan.....	26
5. 2. Saran.	27

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1. <i>Gearbox</i>	8
2. 2. <i>Planetary Gearbox</i>	9
2. 3. <i>Cyloidal Gearbox</i>	10
2. 4. 3D printer <i>Fused Deposition Modeling (FDM)</i>	12
2. 5. Material PLA Carbon Fiber.	13
3. 1. Diagram alir penelitian.	16
3. 2. <i>Cyloidal Gearbox</i>	18
3. 3. <i>Planetary Gearbox</i>	18
4. 1. Grafik perbandingan gearbox <i>planatary</i> dengan <i>cycloidal</i>	22
4. 2. Grafik perbandingan efisiensi gearbox <i>planetary</i> dan <i>cycloidal</i>	24

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3. 1. Jadwal Kegiatan Penelitian	20
4. 1. Data Hasil Pengujian Gearbox Planetary.....	21
4. 2. Data Hasil Pengujian Gearbox Cycloidal.	21
4. 3. Hasil Perbandingan Efisiensi Eksperimental.	24

ABSTRAK

Gearbox merupakan komponen penting dalam sistem transmisi daya yang berfungsi untuk menurunkan putaran dan meningkatkan torsi sesuai kebutuhan aplikasi. Dua jenis gearbox yang umum digunakan adalah gearbox planetary dan gearbox cycloidal, yang masing-masing memiliki karakteristik kinerja berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi kinerja serta memvalidasi model efisiensi prototipe gearbox planetary dan cycloidal melalui pengujian eksperimental.

Metode penelitian dilakukan dengan pengujian langsung pada prototipe gearbox planetary dan cycloidal menggunakan variasi beban tertentu. Parameter yang dianalisis meliputi putaran input dan output, torsi input dan output, daya input, daya output, serta efisiensi gearbox. Perhitungan daya dan efisiensi dilakukan secara teoritis dan dibandingkan dengan hasil pengujian untuk melakukan validasi model efisiensi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa gearbox planetary memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan gearbox cycloidal pada seluruh variasi beban pengujian. Efisiensi rata-rata gearbox planetary berada pada kisaran 90–97%, sedangkan gearbox cycloidal berada pada kisaran 85–92%. Peningkatan beban menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi pada kedua jenis gearbox akibat meningkatnya kerugian gesek internal. Validasi model efisiensi menunjukkan selisih antara hasil perhitungan dan pengujian berada di bawah 10%, sehingga model efisiensi yang digunakan dapat merepresentasikan kinerja aktual gearbox.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa gearbox planetary lebih sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan efisiensi tinggi dan presisi, sedangkan gearbox cycloidal lebih cocok untuk aplikasi dengan kebutuhan torsi besar dan ketahanan terhadap beban kejutan.

Kata Kunci: Gearbox Planetary, Gearbox Cycloidal, Efisiensi, Torsi, Transmisi Daya.

ABSTRACT

Gearboxes are essential components in power transmission systems, functioning to reduce rotational speed and increase torque according to application requirements. Two commonly used types of gearboxes are planetary and cycloidal gearboxes, each possessing distinct performance characteristics. This study aims to characterize the performance and validate the efficiency model of planetary and cycloidal gearbox prototypes through experimental testing.

The research methodology involved experimental testing of planetary and cycloidal gearbox prototypes under various load conditions. The analyzed parameters included input and output rotational speed, input and output torque, input power, output power, and gearbox efficiency. Theoretical calculations of power and efficiency were compared with experimental results to validate the efficiency model.

The results indicate that the planetary gearbox exhibits higher efficiency than the cycloidal gearbox across all tested load variations. The average efficiency of the planetary gearbox ranges from 90% to 97%, while the cycloidal gearbox ranges from 85% to 92%. Increasing load leads to a reduction in efficiency for both gearbox types due to increased internal friction losses. The efficiency model validation shows that the deviation between theoretical and experimental results is below 10%, indicating that the model adequately represents the actual gearbox performance.

Based on these findings, it can be concluded that planetary gearboxes are more suitable for applications requiring high efficiency and precision, whereas cycloidal gearboxes are better suited for applications demanding high torque and resistance to shock loads.

Keywords: Planetary Gearbox, Cycloidal Gearbox, Efficiency, Torque, Power Transmission.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi transmisi daya merupakan salah satu aspek penting dalam bidang teknik mesin, mengingat kebutuhan industri modern akan sistem mekanis yang semakin efisien, ringkas, dan memiliki keandalan tinggi. Gearbox sebagai salah satu komponen utama dalam sistem transmisi berfungsi untuk mengatur kecepatan putar serta torsi dari sumber penggerak menuju beban. Kualitas performa gearbox, terutama dalam hal efisiensi, sangat menentukan kinerja keseluruhan suatu sistem, baik pada mesin otomotif, peralatan industri, maupun sistem robotika. Oleh sebab itu, kajian mendalam terhadap berbagai tipe gearbox terus dilakukan, baik dari sisi desain, material, maupun metode manufaktur (Xue & Li, 2023).

Dua tipe *gearbox* yang saat ini banyak mendapat perhatian adalah *planetary gearbox* dan *cycloidal gearbox*. *Planetary gearbox* dikenal karena ukurannya yang kompak, kemampuannya menghasilkan rasio reduksi besar dalam ruang terbatas, serta distribusi beban yang merata pada beberapa gigi sekaligus. Keunggulan ini menjadikannya banyak diaplikasikan pada sistem otomotif dan robotika yang membutuhkan densitas daya tinggi. Di sisi lain, *cycloidal gearbox* menawarkan karakteristik berbeda berupa kemampuan mentransmisikan torsi tinggi dengan backlash yang sangat rendah serta ketahanan terhadap beban kejut (*shock load*). Mekanisme kontak bergulir antara cakram sikloid dengan pin atau roller membuat

gearbox ini unggul dalam aplikasi yang membutuhkan presisi tinggi, seperti aktuator robot industry (Qidk., 2024).

Meskipun keduanya memiliki keunggulan masing-masing, efisiensi mekanis planetary dan cycloidal masih menjadi perdebatan. Planetary cenderung lebih unggul dalam efisiensi pada kondisi beban menengah, tetapi menurun ketika terjadi rugi gesek akibat beban berlebih. Sementara itu, cycloidal mampu menahan torsi besar namun efisiensinya lebih rentan menurun karena adanya rugi kontak gesek pada pin dan cakram sikloid. Oleh karena itu, studi komparatif secara langsung antara kedua tipe gearbox menjadi penting, agar diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai performa efisiensi masing-masing sistem.

Seiring dengan berkembangnya teknologi manufaktur, 3D printing atau *additive manufacturing* telah menjadi salah satu metode yang banyak digunakan untuk pembuatan prototipe mekanis, termasuk gearbox. Teknologi ini memungkinkan pembuatan komponen kompleks dengan biaya relatif rendah, waktu produksi cepat, serta fleksibilitas tinggi dalam desain. Dalam penelitian ini, prototipe planetary dan cycloidal gearbox dibuat menggunakan metode *Fused Deposition Modeling (FDM)* dengan material PLA carbon fiber. Pemilihan material ini didasarkan pada sifat PLA yang ramah lingkungan, mudah dicetak, serta memiliki kestabilan dimensi, yang kemudian ditingkatkan performanya dengan penguatan serat karbon agar lebih kaku, lebih kuat, dan tahan aus dibanding PLA murni (Maqsood & Rimašauskas, 2021).

Material PLA carbon fiber sendiri telah banyak diteliti dan terbukti memiliki peningkatan kekuatan tarik, modulus elastisitas, serta ketahanan aus dibanding PLA

standar. Penambahan serat karbon menjadikan material ini lebih sesuai untuk aplikasi mekanis yang melibatkan gesekan dan pembebanan berulang, meskipun tetap memiliki keterbatasan dibanding material logam. Dengan demikian, penggunaan PLA carbon fiber pada prototipe gearbox ini bukan hanya relevan dari sisi teknis, tetapi juga mendukung penelitian berbasis prototyping yang ekonomis dan berkelanjutan (Blake dkk., 2025).

Urgensi penelitian ini juga didorong oleh tuntutan industri akan sistem transmisi yang hemat energi dan ramah lingkungan. Efisiensi energi yang lebih tinggi pada *gearbox* tidak hanya berdampak pada penghematan biaya operasional, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan emisi karbon dan peningkatan keberlanjutan. Di sisi lain, adopsi teknologi 3D printing dalam pembuatan prototipe mekanis memberikan peluang baru bagi dunia akademik untuk melakukan riset lebih fleksibel, serta memungkinkan percepatan pengembangan teknologi melalui iterasi desain yang cepat.

Penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa *planetary gearbox* memiliki efisiensi yang relatif tinggi pada beban moderat, sedangkan *cycloidal* unggul dalam hal kapasitas beban dan ketahanan terhadap kejutan, meskipun efisiensinya sedikit lebih rendah. Namun, sebagian besar penelitian masih menggunakan *gearbox* berbahan logam konvensional, sehingga masih terdapat ruang untuk mengkaji performa *gearbox* hasil cetak 3D, khususnya yang menggunakan PLA carbon fiber. Hal ini penting karena perbedaan sifat mekanis material polimer komposit dengan logam dapat memengaruhi distribusi gaya, deformasi, serta rugi energi selama proses transmisi daya.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini memiliki urgensi dan kebaruan. Penelitian ini tidak hanya mengkaji perbandingan efisiensi dua tipe gearbox yang berbeda prinsip kerja, tetapi juga mengeksplorasi bagaimana material PLA carbon fiber yang diproduksi melalui 3D printing dapat digunakan dalam aplikasi prototipe sistem transmisi daya. Kombinasi pendekatan eksperimental dan analitik yang digunakan diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai performa aktual dan prediksi teoritis *gearbox* berbahan polimer komposit ini.

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam beberapa aspek. Pertama, memberikan pemahaman ilmiah mengenai performa efisiensi planetary dan *cycloidal gearbox* dalam bentuk prototipe cetak 3D. Kedua, menyediakan referensi baru bagi akademisi maupun praktisi industri dalam mengevaluasi potensi penggunaan material komposit PLA carbon fiber pada komponen mekanis. Ketiga, memperkuat literatur tentang integrasi teknologi manufaktur aditif dengan penelitian eksperimental dan analitik di bidang teknik mesin. Dengan demikian, penelitian ini memiliki signifikansi yang tinggi baik dalam lingkup akademis maupun aplikatif, serta mendukung upaya pengembangan teknologi transmisi daya yang lebih efisien, ekonomis, dan berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbandingan efisiensi mekanis antara prototipe *gearbox planetary* dan *cycloidal* yang dibuat dengan 3D printing berbahan PLA carbon fiber?
2. Sejauh mana hasil eksperimen efisiensi kedua tipe gearbox sesuai dengan analisis teoritis yang diperoleh melalui pendekatan analitik?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis dan membandingkan efisiensi mekanis prototipe *gearbox planetary dan cycloidal* berbahan PLA carbon fiber hasil cetak 3D.
2. Memvalidasi hasil eksperimen efisiensi kedua tipe *gearbox* dengan pendekatan analitik.

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Prototipe *gearbox* yang diteliti hanya terbatas pada dua tipe, yaitu *planetary* dan *cycloidal*.
2. Prototipe dibuat menggunakan metode 3D printing FDM dengan material PLA carbon fiber filament.
3. Analisis yang dilakukan berfokus pada efisiensi mekanis gearbox, tanpa membahas secara mendalam aspek kebisingan (noise), getaran (vibration), maupun umur pakai jangka panjang (fatigue).

4. Pengujian eksperimental dilakukan pada kondisi beban torsi terbatas yang sesuai dengan kapasitas material PLA carbon fiber, sehingga tidak dapat disamakan dengan gearbox berbahan logam konvensional.
5. Analisis teoritis hanya mencakup perhitungan efisiensi berdasarkan rugi gesek, geometri, dan distribusi gaya

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis: Hasil penelitian dapat menambah khazanah pengetahuan dalam bidang teknik mesin, khususnya mengenai perbandingan performa efisiensi *gearbox planetary dan cycloidal*. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi mahasiswa, peneliti, maupun akademisi dalam mengembangkan kajian terkait manufaktur aditif dan material komposit berbasis polimer.
2. Manfaat Praktis: Penelitian ini dapat menjadi acuan bagi praktisi industri dalam melakukan rapid *prototyping gearbox* untuk kebutuhan riset maupun aplikasi dengan beban ringan hingga menengah. Penggunaan PLA carbon fiber sebagai material prototipe menunjukkan potensi sebagai alternatif material dalam proses desain dan pengujian awal sebelum produksi massal menggunakan logam.
3. Manfaat Teknologi: Integrasi antara manufaktur aditif (3D printing) dengan penelitian efisiensi gearbox membuka peluang pengembangan teknologi transmisi daya yang lebih ekonomis, ramah lingkungan, serta memungkinkan iterasi desain yang lebih cepat.

4. Manfaat Lingkungan: Pemanfaatan PLA carbon fiber, yang sebagian besar berbasis bahan polimer ramah lingkungan, sejalan dengan upaya pengembangan teknologi yang mendukung prinsip keberlanjutan dan ekonomi sirkular.