

**PENYELIDIKAN KEAUSAN RODA GIGI LURUS
BAHAN POLIMER PADA SISTEM TRANSMISI**

SKRIPSI

OLEH:

**ROS IRMA MANULLANG
198130147**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 6/5/24

Access From (repository.uma.ac.id)6/5/24

HALAMAN JUDUL

PENYELIDIKAN KEAUSAN RODA GIGI LURUS BAHAN POLIMER PADA SISTEM TRANSMISI

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

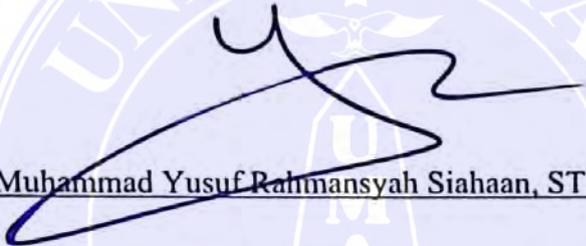
ROS IRMA MANULLANG
198130147

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Penyelidikan Keausan Roda Gigi Lurus
Bahan Polimer Pada Sistem Transmisi
Nama Mahasiswa : Ros Irma Manullang
NIM : 198130147
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


(Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST, MT)


(Dr. Eng. Supriatno, ST., MT)


(Dr. Eng. Supriatno, ST., MT.)

Ka. Prodi

Tanggal Lulus:

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 24 April 2024



Ros Irma Manullang

198130147

HALAMAN PERSETUJUAN PERNYATAAN PUBLIKASI SKRIPSI

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ros Irma Manullang
NPM : 198130147
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas skripsi saya yang berjudul: Penyelidikan Keausan Roda Gigi Lurus Bahan Polimer Pada Sistem Transmisi, beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik Hak Cipta.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 24 April 2024
Yang menyatakan

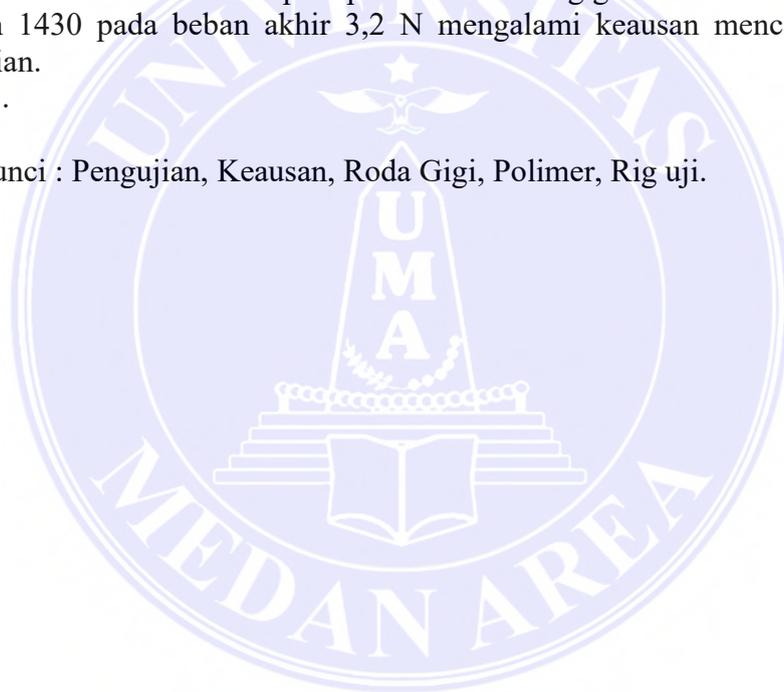


(Ros Irma Manullang)

ABSTRAK

Mekanisme yang melibatkan roda gigi telah ada selama ribuan tahun dan masih sangat dibutuhkan hingga saat ini. Roda gigi adalah bagian dari mesin yang berputar yang berguna untuk mentransmisikan daya. Keausan terjadi apabila dua buah benda saling kontak dan saling bergesekan. Rig uji roda gigi adalah alat uji untuk menguji keausan roda gigi. Dengan alat ini keausan antara dua roda gigi dapat diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keausan roda gigi melalui studi literatur, membuat spesimen roda gigi lurus bahan polimer, menguji keausan roda gigi serta menganalisis pengaruh putaran dan beban yang bervariasi. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *eksperiment*. Dari pengujian tersebut didapatkan hasil bahwa putaran mesin dan pembebanan yang bervariasi memiliki pengaruh besar terhadap keausan roda gigi lurus bahan polimer, Hasil analisis pengaruh beban terhadap roda gigi adalah semakin besar beban yang diberikan maka semakin aus pula pada kedua roda gigi lurus bahan polimer. Hasil putaran 1430 pada beban akhir 3,2 N mengalami keausan mencapai 5% pada pengujian.

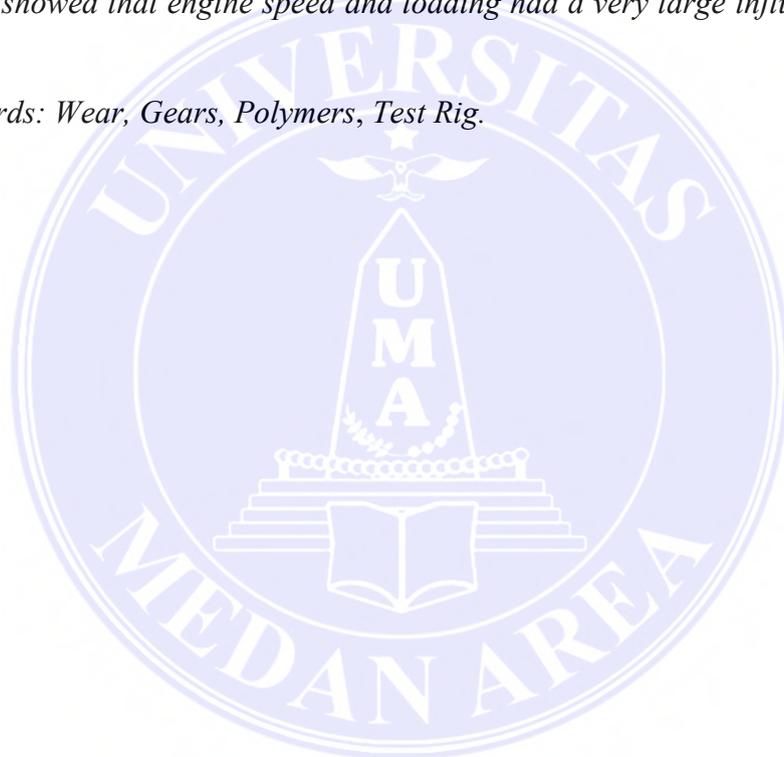
Kata kunci : Pengujian, Keausan, Roda Gigi, Polimer, Rig uji.



ABSTRACT

Gears are rotating machine parts that are useful for transmitting power. Gears have teeth that contact other gears. Wear occurs when two objects touch and rub against each other. The gear testing machine is a test tool for testing gear wear. With this tool the wear between two gears can be determined. Gears experience wear due to friction between small particles and the applied load, resulting in rapid wear of the gears. Polymers are basic molecules consisting of a large number of simple molecular units arranged repeatedly. Polymers are defined as macromolecules built by the repetition of small and simple chemical units equivalent to monomers. The aim of this research is to determine the wear value of straight gears made of polymer. The method used in this research is a gear wear test using a motor in the Medan Area University laboratory. From these tests, the results showed that engine speed and loading had a very large influence on tooth wear.

Keywords: Wear, Gears, Polymers, Test Rig.

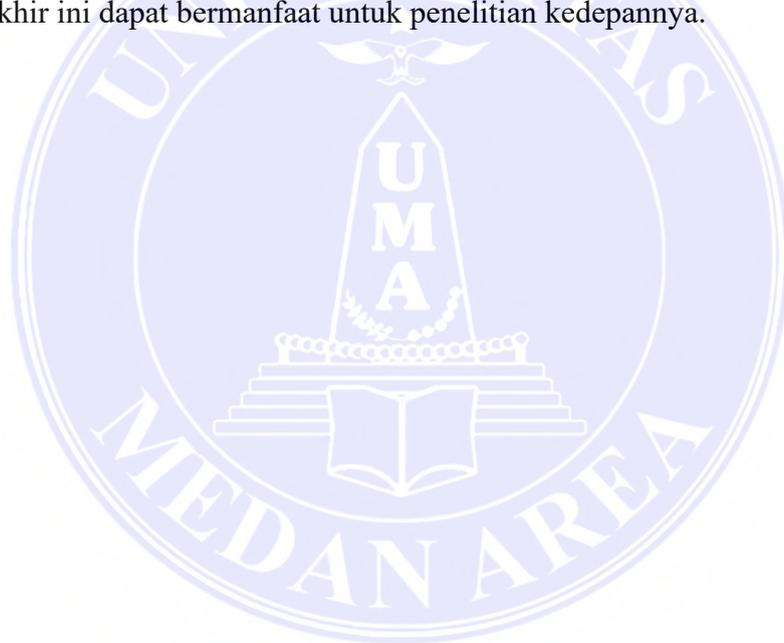


RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Medan, pada tanggal 16 Juli 2001 dari pasangan Bapak Lamdor Simanullang dan Ibu Sanggul Simatupang. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis bertempat tinggal di Jl. Platina 3 Lingkungan 13 Titi Papan, Kecamatan Medan Deli, Kabupaten Kota Medan, Sumatera Utara.

Pada tahun 2007 penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 066661 Medan. Selanjutnya pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 33 Medan. Kemudian pada tahun 2016 melanjutkan Pendidikan di SMA Negeri 19 Medan. Pada tahun 2019 penulis terdaftar menjadi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Penulis melaksanakan program magang di PT. GANDA SARIBU UTAMA yang beralamat di Jl. Medan Binjai Km 12,5 No. 33 Puji Mulyo, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara selama enam bulan. Selama berada di bangku kuliah, penulis aktif mengikuti perkuliahan. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk penelitian kedepannya.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang menjadi tugas akhir agar memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Medan Area dengan judul "*Penyelidikan Keausan Roda Gigi Lurus Bahan Polimer Pada Sistem Transmisi*" dengan tepat waktu.

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M,Eng, M.Sc., selaku rektor Universitas Medan Area. Bapak Dr. Eng. Supriatno, S.T, M.T, selaku Dekan fakultas teknik Universitas Medan Area. Bapak Dr. Iswandi, ST, MT, selaku selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area, Bapak Muhammad Yusuf Rahmansyah, ST., MT., selaku Dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing penulis dalam penulisan skripsi ini. Lamdor Simanullang dan Sanggul Simatupang selaku Orang tua penulis, beserta keluarga yang memberikan dukungan dan doa dalam penulisan skripsi ini. Dan terimakasih juga kepada Fajar Insafdi Situmeang yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat.

Medan, 24 April 2024

Penulis



Ros Irma Manullang

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PERNYATAAN PUBLIKASI.....	iv
SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesis Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Roda Gigi	5
2.2 Klasifikasi Roda Gigi.....	8
2.3 Macam-macam Roda Gigi	9
2.4 Roda Gigi Lurus.....	16
2.5 Polimer	19
2.6 Poros.....	20
2.7 Daya Penggerak	22
2.8 Sistem Transmisi.....	23
2.9 Keausan Roda Gigi	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	32
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	32
3.2 Bahan dan Alat.....	33
3.3 Metode Penelitian	36
3.4 Populasi Dan Sampel	37
3.5 Diagram Alir Penelitian	39
3.6 Pengujian dan Pengambilan Data.....	40
3.7 Prosedur Pengujian Mesin Uji roda Gigi	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Hasil Identifikasi Keausan	42
4.2 Hasil Pembuatan Roda Gigi Lurus.....	42
4.3 Pengujian Roda Gigi Lurus Menggunakan Beban.....	46
4.4 Analisis Pengaruh beban terhadap keausan roda gigi lurus	49
4.5 Pengujian Roda Gigi Lurus Tanpa Beban.....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	59



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian	32
Tabel 4.1. Tabel temuan keausan pada roda gigi	42
Tabel 4.2. Pengukuran Roda Gigi	44
Tabel 4.3. Data nilai pengujian dengan beban bervariasi	48
Tabel 4.4. Hasil data pengujian Gear roda gigi tanpa pembebanan	51
Tabel 4.5. Hasil data pengujian Pinion roda gigi tanpa pembebanan	52

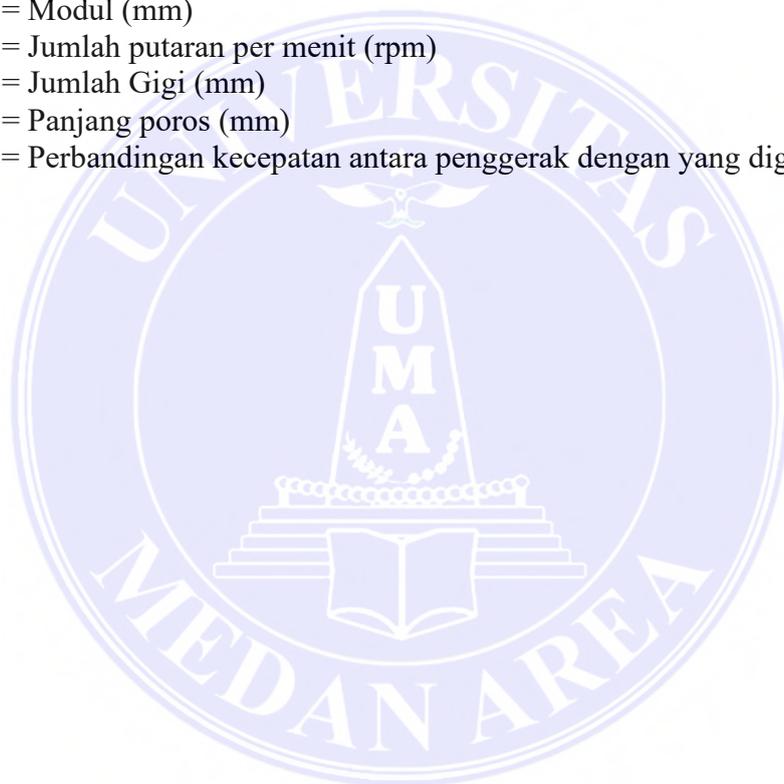


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Roda Gigi Lurus	10
Gambar 2.2. Batang Gigi dan Pinion	10
Gambar 2.3. Roda Gigi Dalam	10
Gambar 2.4. Roda Gigi Miring	12
Gambar 2.5. Roda Gigi Miring Silang	12
Gambar 2.6. Roda Gigi Miring Ganda	13
Gambar 2.7. Roda Gigi Kerucut Lurus	13
Gambar 2.8. Roda Gigi Kerucut Spiral	14
Gambar 2.9. Roda Gigi Permukaan	14
Gambar 2.10. Roda Gigi Cacing Silindris	15
Gambar 2.11. Roda Gigi Cacing Selubung Ganda	16
Gambar 2.12. Bagian – Bagian Roda Gigi	17
Gambar 2.13. Keausan Adhesif	26
Gambar 2.14. Keausan Abrasif	27
Gambar 2.15. Keausan Kimia	27
Gambar 2.16. Keausan Lelah	28
Gambar 3.1. Polimer Mc Blue	33
Gambar 3.2. Rig Roda Gigi	33
Gambar 3.3. Laptop	34
Gambar 3.4. Kertas Milimeter	35
Gambar 3.5. <i>Scanner</i>	35
Gambar 3.6. Mikroskop	36
Gambar 3.7. Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 4.1. Roda Gigi Lurus Polimer	45
Gambar 4.2. Hasil Scan Roda Gigi Lurus Polimer	45
Gambar 4.3. Roda Gigi Lurus Diuji	46
Gambar 4.4. Timbangan beban yang diberikan	47
Gambar 4.5. Scan roda gigi sebelum diuji	47
Gambar 4.6. Scan roda gigi sesudah diuji	47
Gambar 4.7. Grafik beban dengan putaran	49
Gambar 4.8. Hasil Scan Roda Gigi Setelah Di Uji	50
Gambar 4.9. Grafik data hasil uji keausan dengan variasi beban	50
Gambar 4.10. Grafik Pengujian Dengan Akumulasi Keausan (mm)	54
Gambar 4.11. Grafik Pengujian Dengan Akumulasi Keausan (%)	55

DAFTAR NOTASI

A_0	= Luas awal (mm)
A_1	= Luas akhir (mm)
D_g	= Diameter lingkaran kaki (mm)
D_k	= Diameter lingkaran kepala (mm)
d	= Diameter poros (mm)
D_a	= Diameter <i>pitch</i> /luar (mm)
D_f	= Diameter Dalam (mm)
D_p	= Diameter <i>pitch</i> (mm)
H	= Tinggi Gigi (mm)
m	= Modul (mm)
N	= Jumlah putaran per menit (rpm)
z	= Jumlah Gigi (mm)
l	= Panjang poros (mm)
(i)	= Perbandingan kecepatan antara penggerak dengan yang digerakkan (m/s)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Mekanisme yang melibatkan roda gigi telah ada selama ribuan tahun dan masih sangat dibutuhkan hingga saat ini. Dengan pertumbuhan dan kemajuan teknologi yang pesat, orang terus mengembangkan teknologi baru yang lebih modern dan bekerja secara otomatis. Roda gigi merupakan bagian integral dari pertumbuhan dan peningkatan industri permesinan, terutama karena roda gigi memainkan peran penting dalam alat dan mesin yang menggunakannya.

Roda gigi terdiri dari benda logam atau non-logam yang berbentuk bulat dan pipih dengan pinggir bergerigi. Sangat membantu untuk beralih dari satu roda gigi ke gigi lain. Roda gigi akan terus berputar selama waktu yang lama karena pekerjaan terus menerus. Keausan adalah masalah bagi komponen mesin yang selalu beroperasi dan saling bergesekan (Pradika et al., 2019). Pengujian keausan dan kelelahan roda gigi lurus bahan polimer ini juga dilatar belakangi oleh kerana belum adanya pengujian kelelahan roda gigi bahan polimer di Universitas Medan Area. Dengan diujinya roda gigi polimer ini, diharapkan pengujian ini bisa menambah pengetahuan bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area. Sehingga mahasiswa bisa menjadikan hasil pengujian sebagai referensi bagi peneliti berikutnya di Universitas Medan Area.

Keausan adalah kerusakan permukaan yang disebabkan oleh gerakan dengan zat lain menyebabkan mengurangnya ketebalan permukaan roda gigi (Siregar et al., 2019). Definisi lain tentang keausan adalah kehilangan bagian

permukaan yang saling berinteraksi akibat gerak relatif pada permukaan. Keausan dapat terjadi pada suatu material karena berbagai mekanisme dan dapat dipengaruhi oleh berbagai parameter, termasuk bahan, lingkungan, kondisi operasi, dan geometri permukaan benda yang mengalami keausan..

Dua kategori mekanisme keausan terdiri dari perilaku mekanis bahan dan perilaku kimia bahan. Sebagai komponen yang selalu bergerak secara terus-menerus kerusakan pada roda gigi didominasi oleh faktor keausan (Ningsih, 2016). Kerusakan atau keausan pada roda gigi biasanya diibaratkan sebagai berkurangnya material yang diakibatkan interaksi antara dua permukaan yang bergesekan.

Dengan latar belakang ini maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul : **Penyelidikan Keausan Roda Gigi Lurus Bahan Polimer Pada Sistem Transmisi.**

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang masalah, subjek penelitian ini mencakup:

1. Bagaimana cara memilih spesimen roda gigi bahan polimer pada sistem transmisi?
2. Bagaimana cara menguji keausan yang terjadi pada roda gigi lurus bahan polimer pada sistem transmisi?
3. Bagaimana cara mengevaluasi keausan roda gigi lurus bahan polimer terhadap pembebanan yang bervariasi?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi keausan pada roda gigi lurus bahan polimer melalui studi literatur.
2. Membuat spesimen roda gigi lurus bahan polimer untuk pengujian keausan.
3. Menguji keausan pada roda gigi lurus bahan polimer dengan variasi beban.
4. Menganalisis pengaruh beban yang bervariasi terhadap roda gigi lurus bahan polimer.

1.4 Hipotesis Penelitian

- a. Keausan roda gigi disebabkan oleh material roda gigi yang tidak sesuai dan perawatan yang tidak terjaga.
- b. Pembuatan roda gigi dilakukan dengan memperhitungkan ukuran dan bahan yang akan di buat.
- c. Untuk menguji keausan roda gigi maka diberikan beban yang berbeda, semakin besar beban yang diberikan maka semakin aus roda gigi polimer di bandingkan roda gigi bahan baja tersebut.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini berkenaan memberikan manfaat ilmiah dan manfaat praktis. Yakni:

1.5.1 Manfaat Ilmiah

- a. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca tentang keausan pada roda gigi lurus bahan polimer.
- b. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada

pembaca mengenai pengaruh beban terhadap putaran yang dihasilkan dan keausan yang ditimbulkan.

- c. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sumber referensi bagi peneliti yang sejenis berikutnya, khusus dalam pembuatan dan pengujian roda gigi bahan polimer.

1.5.2 Manfaat Praktis

- a. Roda gigi bahan polimer ini dibuat untuk mengetahui hasil keausan dan kelelahan dari uji roda gigi lurus bahan polimer.
- b. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan tentang tanda-tanda terjadinya keausan yang terjadi pada roda gigi lurus bahan polimer.
- c. Harapannya roda gigi lurus bahan polimer ini mampu memberikan ketahanan yang lebih baik dibandingkan dengan roda gigi bahan yang lain.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Roda Gigi

Peran roda gigi dalam sebuah kendaraan maupun dunia industri sangat penting dalam menghubungkan atau meneruskan putaran daya yang dihasilkan dari proses energi kinetik menjadi energi mekanik. Didalam aplikasi penggunaan transmisi roda gigi sering dijumpai suatu masalah yaitu keausan roda gigi (Bagus Setya Raharja, Sufiyanto, 2018). Roda gigi atau *gear* adalah elemen mesin yang digunakan untuk mentransmisikan daya dan mengubah putaran poros pada mesin. Roda gigi meneruskan daya dari penggerak (semisal motor listrik) melalui kontak antar gigi-gigi pada *gear* dengan gigi-gigi pada pinion. Roda gigi juga digunakan untuk mengubah arah sumbu putar dan mengubah gerak rotasi menjadi translasi (Banjarmasin, n.d.). Roda gigi memainkan peranan penting dalam menjalankan peralatan yang menunjang kehidupan manusia.

Selain itu roda gigi juga memiliki beberapa kelebihan jika di bandingkan dengan alat transmisi lainnya, yaitu:

- a) Sistem Transmisinya lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan daya yang besar.
- b) Sistem yang kompak sehingga konstruksinya sederhana.
- c) Kemampuan menerima beban lebih tinggi.
- d) Efisiensi pemindahan dayanya tinggi Karena faktor terjadinya slip sangat kecil.
- e) Kecepatan transmisi roda gigi dapat di tentukan sehingga dapat di

gunakan dengan pengukuranyang kecil dan daya yang besar.

Roda gigi harus mempunyai perbandingan kecepatan sudut tetap antara dua poros. Disamping itu tedapat pula roda gigi yang perbandingan kecepatan sudut nya dapat berfariasi. Adapula roda gigi dengan putaran yang terputus putus dalam teori, roda gigi pada umumnya di anggap sebagai benda kaku yang hampir tidak mengalami perubahan bentuk dalam jangka waktu lama.

2.1.1 Fungsi Roda Gigi

Secara umum fungsi roda gigi yaitu untuk meneruskan gaya dari poros penggerak ke poros yang digerakkan, mengubah putaran tinggi ke putaran rendah atau sebaliknya, dapat juga memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain, seperti yang digunakan pada pompa roda gigi.

Roda gigi memiliki berbagai peranan dan fungsi penting sebagai komponen part presisi pada mesin, di antaranya:

1. Mengatur kecepatan putaran.

Roda gigi dapat mengatur kecepatan putar suatu daya, contohnya seperti yang terdapat pada mesin motor. Cara roda gigi mengatur daya tersebut yaitu dengan memberi rasio roda gigi tertentu. Dalam motor elektrik yang memiliki rpm 1400 contohnya, kita dapat menaikkan atau mengurangi rpm motor tersebut dengan memasang roda gigi dengan rasio 1:2.

2. Mentransmisikan Daya.

Fungsi kedua yang terdapat pada roda gigi yaitu dapat mentransmisikan daya dengan gigi-gigi yang saling berhubungan tanpa mengakibatkan selip. Contohnya seperti yang terdapat pada mesin bubut. Motor yang terdapat pada mesin bubut tidak mungkin langsung menjadi poros utama untuk menggerakkan cekam. Oleh

sebab itulah diperlukan roda gigi untuk mentransmisikan dari motor ke poros dalam menggerakkan cekam. (Alfauzy, 2019).

3. Mengubah Torsi

Roda gigi juga berfungsi sebagai peredam gaya torsi yang dihasilkan oleh mesin. Ketika tenaga yang dihasilkan oleh mesin tiba-tiba berubah, misalnya saat kendaraan melintasi hambatan atau saat mengemudi dalam medan yang sulit, gigi roda dapat mengurangi tekanan yang ditransmisikan ke sistem transmisi, sehingga mengurangi risiko kerusakan pada komponen lainnya.

4. Mengubah Arah Gaya

Selain dapat mengatur kecepatan hingga mengubah torsi, keberadaan roda gigi dapat juga mengubah arah daya, contohnya seperti yang terdapat pada pintu bendungan atau waduk. Dengan adanya roda gigi, kita dapat mengubah gerak putar pintu menjadi naik dan turun disaat kita memutar *handle* pintunya (Alfauzy, 2019).

Roda gigi dikelompokkan menjadi tiga kelompok, sesuai kedudukan yang diambil oleh poros yang dipergunakan dalam industri, yaitu posisi poros yang satu terhadap poros yang lain. Penggunaan roda gigi dapat digolongkan sesuai kedudukan yang diambil oleh poros yang satu terhadap poros yang lain. Penggunaan roda gigi ada tiga golongan yaitu;

1) Poros sejajar satu sama lain. Roda gigi yang dipergunakan bentuk dasarnya adalah dua buah silinder yang saling bersinggungan menurut sebuah garis lukis. Roda gigi yang dipergunakan dapat sejajar dengan garis lukis silinder, atau membuat sudut dengan garis lukis.

2) Poros saling memotong. Roda gigi yang dipergunakan adalah roda gigi kerucut dengan puncak gabungan yang saling menyinggung menurut sebuah

garis lukis. Gigi ini dapat lurus, garis lukis gigi saling berpotongan di puncak kerucut.

3) Poros saling menyilang, gigi yang dipergunakan berbentuk roda ulir (Hantoro & Tiwan, 2006).

2.2 Klasifikasi Roda Gigi

Roda gigi digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat. Roda gigi memiliki gigi di sekelilingnya, sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi-gigi kedua roda yang saling berkait. Roda gigi sering digunakan karena dapat meneruskan putaran dan daya yang lebih bervariasi dan lebih kompak daripada menggunakan alat transmisi yang lainnya. Roda gigi juga memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan alat transmisi lainnya, yaitu:

1. Sistem transmisinya lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan daya yang besar
2. Sistem yang kompak sehingga konstruksinya sederhana
3. Kemampuan menerima beban lebih tinggi
4. Efisiensi pemindahan dayanya tinggi karena faktor terjadinya slip sangat kecil
5. Kecepatan transmisi roda gigi dapat ditentukan sehingga dapat digunakan dengan pengukuran yang kecil dan daya yang besar. Roda gigi harus mempunyai perbandingan kecepatan sudut tetap antara dua poros. Ada pula roda gigi dengan putaran yang terputus-putus.

Dalam teori, roda gigi pada umumnya dianggap sebagai benda kaku yang hampir tidak mengalami perubahan bentuk dalam jangka waktu lama. Roda gigi diklasifikasikan sebagai berikut:

2.2.1 Menurut Letak Poros

Roda gigi dengan poros sejajar adalah roda gigi dimana giginya berjajar pada dua bidang silinder (disebut “bidang jarak bagi”); kedua bidang silinder tersebut bersinggungan dan yang satu menggelinding pada yang lain dengan sumbu tetap sejajar. Roda gigi lurus merupakan roda gigi paling dasar dengan jalur gigi yang sejajar poros (Sularso, 2004).

2.2.2 Menurut Arah Putaran

Menurut arah Putarannya, roda gigi dapat di bedakan atas:

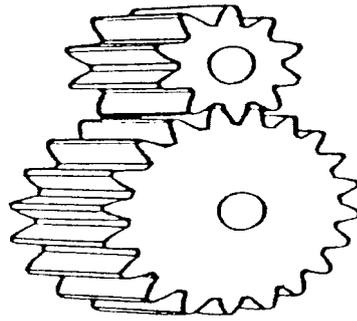
- a) Roda gigi luar; arah putarannya berlawanan.
- b) Roda gigi dalam dan pinion; arah putaran sama (Sularso, 2004).

2.3 Macam-macam Roda Gigi

a. Roda Gigi Lurus

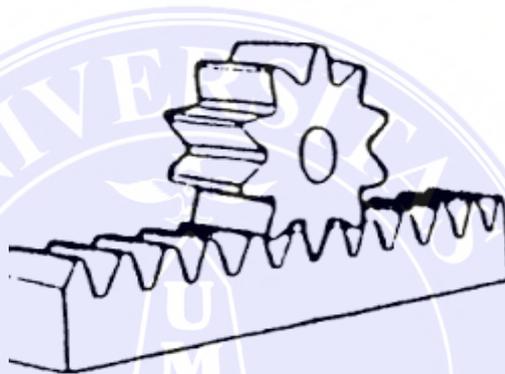
Roda gigi lurus adalah jenis roda gigi yang dapat mentransmisikan daya dan putaran antara dua poros yang sejajar. Roda gigi ini merupakan yang paling dasar dengan jalur gigi yang sejajar dengan poros, ciri ciri roda gigi lurus adalah :

1. Daya yang di transmisikan $< 25.000 \text{ Hp}$
2. Putaran yang di tarnsmisikan $< 100,000 \text{ rpm}$
3. Kecepatan keliling $< 200 \text{ m/s}$
4. Rasio kecepatan yang di gunakan
 - a) Untuk 1 tingkat $(i) < 8$
 - b) Untuk 2 tingkat $(i) < 45$
 - c) Untuk 3 tingkat $(i) < 200$



Gambar 2.1. Roda Gigi Lurus

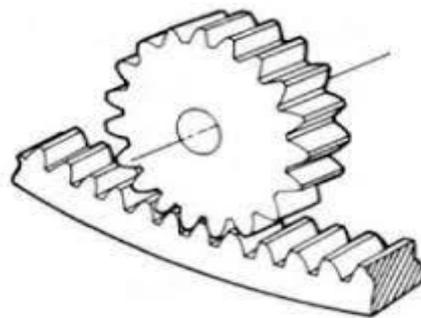
b. Batang Gigi dan Pinion



Gambar 2.2. Batang Gigi dan Pinion

Merupakan dasar profil pahat pembuat gigi. Pasangan antara batang gigi dan pinion digunakan untuk merubah gerak putar menjadi gerak lurus atau sebaliknya (Sularso, 2004).

c. Roda Gigi Dalam



Gambar 2.3. Roda Gigi Dalam

Roda gigi ini dipakai jika diinginkan alat transmisi dengan ukuran kecil dengan perbandingan reduksi besar, karena pinyon terletak di dalam roda gigi.

Kekurangan roda gigi lurus :

- Roda gigi lurus hanya dapat digunakan untuk mentransmisikan daya atau putaran antara dua poros yang posisinya sejajar atau parallel.
- Jumlah gigi tidak bisa dipilih sekehendak hati karena harus memiliki beberapa sifat yaitu tidak mengalami pemotongan bawah dan luncuran spesifik dapat ditetapkan pada harga-harga yang baik.
- Tidak dapat digunakan untuk transmisi daya jarak jauh.

d. Roda Gigi Miring

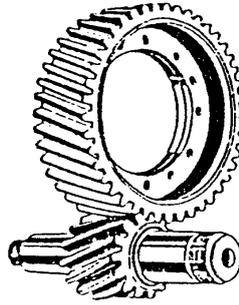
Roda gigi miring kriteria nya hamper sama dengan roda gigi lurus, tetapi dalam pengoperasiannya roda gigi miring lebih lembut dan tingkat kebisingannya rendah dengan berkontak leboh dari satu.

Roda gigi miring ini memiliki jalur gigi yang berbentuk ulir silindris yang mempunyai jarak bagi. Jumlah pasangan gigi yang saling membuat kontak serentak (perbandingan kontak) adalah lebih besar dari pada roda gigi lurus sehingga pemindahan momen atau putaran melalui gigi-gigi tersebut dapat berlangsung lebih halus.. Roda gigi miring memiliki kerja lebih halus karena sudut miring yang besar sehingga menambah panjang garis kontak roda gigi.

Ciri-ciri roda gigi miring adalah:

1. Arah gigi membentuk sudut terhadap sumbu poros.
2. Distribusi beban sepanjang garis kontak tidak unifrom
3. Kemampuan pembebanan lebih besar dari pada roda gigi lurus
4. Gaya aksial lebih besar sehingga memerlukan bantalan aksial dan roda

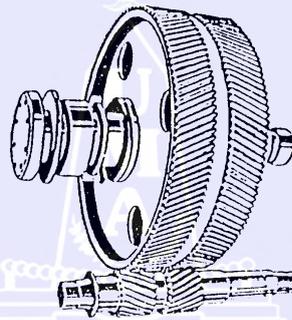
gigi yang kokoh



Gambar 2.4. Roda Gigi Miring

e. Roda Gigi Miring Silang

Roda gigi miring silang mempunyai perbandingan bidang kontak yang besar sehingga cocok mentransmisikan putaran tinggi (Sularso, 2004).



Gambar 2.5. Roda Gigi Miring Silang

f. Roda Gigi Miring Ganda

Pada roda gigi ini gaya aksial yang timbul pada gigi mempunyai alur berbentuk alur V yang akan saling memindahkan. Dengan roda gigi ini reduksi, kecepatan keliling dan daya diteruskan dan diperbesar tetapi pada pembuatannya agak sukar (Sularso, 2004).



Gambar 2.6. Roda Gigi Miring Ganda

Kekurangan roda gigi miring :

- Sudut helix yang menimbulkan beban frustit (beban aksial terhadap poros) sehingga harus memakai bantalan.

g. Roda Gigi Kerucut Lurus

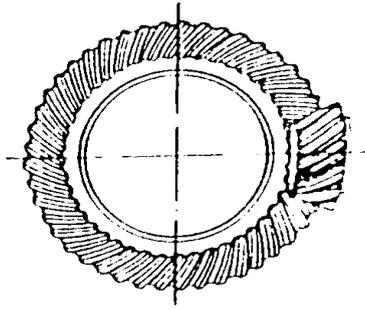
Roda gigi kerucut lurus adalah roda gigi yang paling mudah dan paling sering digunakan/dipakai, tetapi sangat berisik karena perbandingan kontak yang kecil. Konstruksinya juga tidak memungkinkan pemasangan bantalan pada kedua ujung porosnya (Sularso, 2004).



Gambar 2.7. Roda Gigi Kerucut Lurus

h. Roda Gigi Kerucut Spiral

Pada roda gigi ini memiliki perbandingan kontak yang terjadi lebih besar dan dapat meneruskan putaran tinggi dengan beban besar. Sudut poros kedua gigi kerucut ini biasanya dibuat 90° .



Gambar 2.8. Roda Gigi Kerucut Spiral

Kekurangan roda gigi kerucut :

- Suara yang dihasilkan sangat berisik sehingga hanya dapat dipakai dimana tingkat kebisingan adalah suatu pertimbangan.
- Profil roda gigi kerucut biasa tidak dapat menghasilkan perbandingan kecepatan sudut yang tetap secara tepat.

i. Roda Gigi Permukaan

Roda gigi ini merupakan roda gigi dengan poros berpotongan yang bagian permukaannya rata. Contoh penggunaannya pada *grab winch*, *hand winch*, kerekan.



Gambar 2.9. Roda Gigi Permukaan

Roda Gigi Cacing

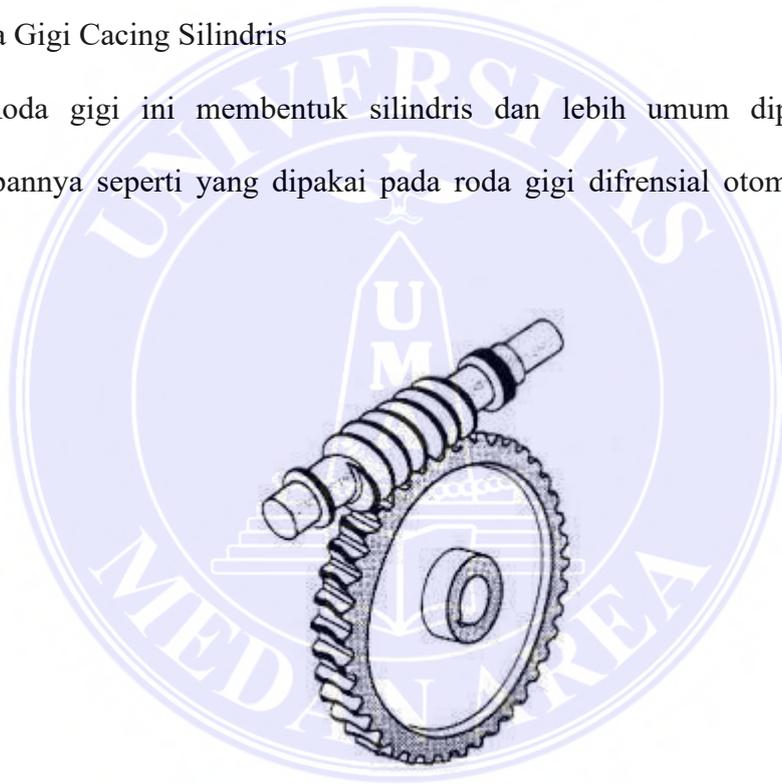
Ciri-ciri roda gigi cacing adalah :

1. Kedua sumbu saling bersilang dengan jarak sebesar a , biasanya sudut yang dibentuk kedua sumbu sebesar 90° .

2. Kerjanya halus dan hampir tidak bunyi
3. Umumnya arah transmisi tidak dapat di balik untuk menaikkan putaran dari roda cacing ke cacing (mengunci sendiri)
4. Kapasitas beban yang besar dimungkinkan karena kontak bebarapa gigi (biasanya 2 sampai 4)
5. Roda gigi cacing efisiensinya sangat rendah, terutama jika sudut kisarnya kecil.

j. Roda Gigi Cacing Silindris

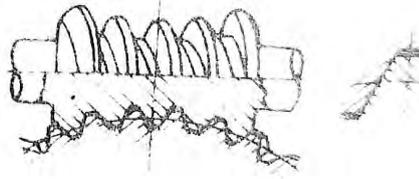
Roda gigi ini membentuk silindris dan lebih umum dipakai. Contoh penerapannya seperti yang dipakai pada roda gigi difrensial otomobil (Sularso, 2004).



Gambar 2.10. Roda Gigi Cacing Silindris

k. Roda Gigi Cacing Globoid (Selubung Ganda)

Mempunyai perbandingan kontak yang lebih besar, dipakai untuk beban yang lebih besar. Contoh penerapannya seperti yang dipakai pada roda gigi difrensial otomobil (Sularso, 2004).



(k) Roda gigi cacing globoid

Gambar 2.11. Roda Gigi Cacing Selubung Ganda

Kekurangan roda gigi cacing :

- Pada roda gigi cacing, antara cacing dan rodanya terjadi gesekan besar sehingga menimbulkan banyak panas. Itulah sebabnya mengapa kapasitas transmisi roda gigi cacing dibatasi oleh jumlah panas yang ditimbulkan.
- Biasanya arah transmisi tidak dapat dibalik untuk menaikkan putaran dari roda cacing ke cacing karena putaran yang berbalik dari roda cacing akan dihentikan.
- efisiensi roda gigi cacing rendah terutama jika sudut kisarnya kecil.

2.4 Roda Gigi Lurus

Roda gigi lurus (*spur gear*) merupakan salah satu jenis roda gigi yang paling mendasar yang dipakai untuk memindahkan gerakan putar antara poros-poros yang sejajar, yang biasanya berbentuk silindris, dan gigi-giginya adalah lurus dan sejajar dengan sumbu putaran (Joseph Edward Shigley and Larry D. Mitchell, 2020).

Dalam teori roda gigi pada umumnya dianut anggapan bahwa roda gigi merupakan benda kaku yang hampir tidak mengalami perubahan bentuk untuk jangka waktu lama. Namun pada apa yang disebut transmisi harmonis, dipergunakan gabungan roda gigi yang bekerja dengan deformasi elastis dan tanpa deformasi. Roda gigi lurus merupakan roda gigi paling dasar dengan jalur gigi

yang sejajar poros.

2.1.4 Nama – Nama Bagian Roda Gigi

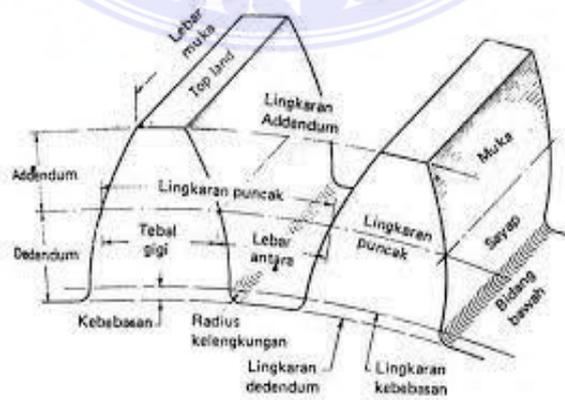
Nama-nama bagian utama roda gigi diberikan dalam gambar. Adapun ukurannya dinyatakan dengan diameter lingkaran jarak bagi, yaitu lingkaran khayal yang mengglanding tanpa slip. Ukuran gigi dinyatakan dengan “jarak bagi lingkaran”, yaitu jarak sepanjang lingkaran jarak bagi antara profil dua gigi yang berdekatan (Joseph Edward Shigley and Larry D. Mitchell, 2020).

Jika jarak lingkaran bagi dinyatakan dengan d (mm), dan jumlah gigi z , maka jarak bagi lingkaran t (mm) dapat ditulis sebagai berikut :

$$t = \frac{\pi \cdot d}{z} \dots\dots\dots (2.1)$$

Jadi, jarak bagi lingkaran adalah keliling lingkaran jarak bagi dibagi dengan jumlah gigi. Dengan demikian ukuran gigi dapat ditentukan dari besarnya jarak bagi lingkaran tersebut. Namun, karena jarak bagi lingkaran selalu mengandung faktor π , pemakaiannya sebagai ukuran gigi kurang praktis. Untuk mengatasi hal ini, diambil ukuran yang di sebut “modul” dengan lambang m , di mana :

$$m = \frac{d}{z} \dots\dots\dots (2.2)$$



Gambar 2.12. Bagian – Bagian Roda Gigi

Keterangan dari gambar:

1. Lingkaran jarak bagi (*Pitch circle*) yaitu lingkaran imajiner yang dapat memberikan gerakan yang sama seperti roda gigi sebenarnya.
2. Tinggi Kepala (*Addendum*) yaitu jarak radial gigi dari lingkaran jarak bagi ke puncak kepala.
3. Tinggi kaki (*Dedendum*) yaitu jarak radial gigi dari lingkaran jarak bagi ke dasar kaki.
4. Lingkaran kepala (*Addendum circle*) yaitu gambaran lingkaran yang melalui puncak kepala dan sepusat dengan lingkaran jarak bagi.
5. Lingkaran kaki (*Dedendum circle*) yaitu gambaran lingkaran yang melalui dasar kaki dan sepusat dengan lingkaran jarak bagi.
6. Lebar gigi (*Tooth space*) yaitu sela antara dua gigi yang saling berdekatan.
7. Tebal gigi (*Tooth thickness*) yaitu lebar gigi antara dua sisi gigi yang berdekatan.
8. Sisi kepala (*Face of the tooth*) yaitu permukaan gigi di atas lingkaran jarak bagi.
9. Sisi kaki (*Flank of the tooth*) yaitu permukaan gigi di bawah lingkaran jarak bagi.
10. Lebar gigi (*Face width*) yaitu lebar gigi pada roda gigi secara paralel pada sumbunya (Maros & Juniar, 2016).

Rumus yang digunakan untuk perhitungan jumlah roda gigi lurus yaitu :

Jumlah roda gigi

$$z = \frac{d}{m} \dots\dots\dots(2 . 3)$$

Dimana:

z	= Jumlah gigi pada roda gigi	(buah).
d	= Diameter jarak bagi	(mm).
m	= Modul gigi	(mm).

2.5 Polimer

Polimer merupakan molekul dasar yang terdiri dari sejumlah besar satuan molekul sederhana yang tersusun secara berulang. Walaupun semula teknologi polimer berkembang terlambat, tetapi saat ini polimer termasuk salah satu materi berteknologi tinggi yang sedang giat dikembangkan. Perkembangan polimer paling menonjol adalah setelah ditemukan komposit polimer-karbon. Material jenis baru yang bersifat konduktif ini dapat disebut gabungan sifat-sifat elektrik dan optik semikonduktor anorganik dengan polimer yang memiliki kelenturan mekanik. Tidak semua polimer dapat menjadi konduktif. Hanya polimer terkonjugasi yang bisa menjadi konduktor (ikatan pada rantai berupa ikatan tunggal dan rangkap yang berposisi berselang-seling).

Polimer didefinisikan sebagai makromolekul yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana yang setara dengan monomer, yaitu bahan pembuat polimer. Akibatnya, molekul-molekul polimer umumnya mempunyai massa molekul yang sangat besar. Hal inilah yang menyebabkan polimer memperlihatkan sifat sangat berbeda dari molekul-molekul biasa meskipun susunan molekulnya sama. Proses pembentukan polimer dari monomernya disebut dengan polimerisasi. Polimerisasi tersebut akan menghasilkan polimer dengan jumlah susunan ulang yang tertentu. Jumlah susunan

ulang pada hasil proses polimerisasi dikenal sebagai derajat polimerisasi. Polimer memiliki resistensi tinggi, sehingga kebanyakan digunakan sebagai isolator. Tetapi resistansi ini memiliki batas tertentu dimana permukaan polimer akan berubah menjadi karbon dan menghantarkan arus listrik jika terkena muatan listrik yang berlebihan. Selain itu, telah ditemukan sifat elektrik yang tidak lazim dari polimer mengenai konduktivitas, penyimpanan muatan dan transfer energi. Salah satu dari sifat yang tidak lazim ini adalah fenomena perubahan energi panas dan energi listrik dan sebaliknya dilakukan oleh *piezoelectric*. Saat ini, *piezoelectric* telah dikembangkan menjadi produk mikrofon dan *loudspeaker* (Stewart, 1999).

Berikut adalah sifat sifat polimer:

1. Pengolahannya mudah dan biaya murah.
2. Memiliki rasio volume yang kecil, sehingga bersifat ringan.
3. Elastis dan plastis.
4. Lebih stabil, karena berat molekulnya besar.
5. Tahan terhadap korosi dan kerusakan lingkungan yang agresif.
6. Merupakan isolator yang baik (tahan panas dan listrik) (Admadi H & Arnata, 2015).

2.6 Poros

Poros (*shaft*) adalah suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat, dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi, pulli, roda gila engkol, dan bahan pemindah daya lainnya. Poros bisa menerima bahan-bahan lenturan, tarikan, tekan, atau puntiran, yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya. Bila beban tersebut tergabung, kita bisa

mengharapkan untuk mencari kekuatan statis dan kekuatan lelah yang perlu untuk pertimbangan perencanaan, karena suatu poros tunggal bisa diberi tegangan-tegangan statis, tegangan bolak-balik lengkap, tegangan berulang, yang semuanya bekerja pada satu waktu yang sama (Joseph Edward Shigley and Larry D. Mitchell, 2020).

Jenis poros yang lain adalah jenis poros transmisi. Poros ini akan mentransmisikan daya meliputi kopling, roda gigi, puli, sabuk, atau *sproket* rantai dan lain-lain. Poros jenis ini memperoleh beban puntir murni atau puntir dan lentur.

Daya yang besar mungkin diperlukan pada saat *start* atau beban yang besar terus bekerja setelah *start*. Dengan demikian seringkali diperlukan koreksi pada daya rata-rata yang diperlukan dengan menggunakan faktor koreksi perencanaan.

Untuk merencanakan suatu poros maka perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Kekuatan Poros

Suatu poros transmisi dapat mengalami beban putir atau gabungan antara putir dan lentur, juga ada poros yang mendapatkan beban tarik atau tekanan oleh karena itu, suatu poros harus di rencanakan hingga cukup kuat untuk menahan beban-beban di atas.

2. Kekakuan poros.

Meskipun suatu poros mempunyai kekuatan cukup, tetapi jika lenturan puntirnya terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktepatan atau getaran dan suara, karena itu disamping kekuatan poros, kekuatan juga harus di perhatikan, sesuai dengan macam mesin yang akan dilayani poros.

3. Putaran Kritis

Bila putaran suatu mesin dinaikkan maka pada suatu harga putaran tertentu dapat terjadi getaran yang luar biasa besarnya. Putaran ini disebut putaran kritis. Hal ini dapat terjadi pada turbin, motor torak, motor listrik dan lainnya. Dan dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian-bagian lainnya. Jika mungkin, poros harus direncanakan sedemikian rupa hingga putaran kerjanya lebih rendah dari pada putaran kritisnya.

4. Korosi.

Apabila terjadi kontak langsung antara poros dengan fluida yang korosif maka perlu diadakan perlindungan terhadap poros supaya tidak terjadi korosi yang dapat menyebabkan, kekuatan poros menjadi berkurang.

5. Bahan poros.

Poros yang digunakan untuk putaran yang tinggi dan beban yang berat pada umumnya dibuat dari baja paduan (*alloy steel*) dengan proses pengerasan (*case hardening*) (Sularso, 2004).

2.7 Daya Penggerak

Secara umum daya diartikan sebagai kemampuan yang dibutuhkan untuk melakukan kerja, yang *dinyatakan dalam satuan Nm/s, Watt, ataupun HP*. Untuk menentukan harga daya perlu memperhatikan beberapa hal yang mempengaruhinya, diantaranya adalah harga gaya, torsi, kecepatan putar dan berat yang bekerja pada mekanisme tersebut (Qorni, 2019).

2.8 Sistem Transmisi

Sistem transmisi adalah salah satu komponen penting pada sistem *drive train*, yang fungsi utamanya adalah mentransmisikan atau mentransformasikan torsi yang keluar dari mesin sampai ke torsi yang terjadi pada roda penggerak. 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..

Secara sederhana dapat dijelaskan sistem transmisi, merupakan sistem yang berfungsi untuk mengonversi torsi dan kecepatan (putaran) dari mesin menjadi torsi dan kecepatan yang berbeda beda untuk diteruskan ke penggerak akhir. Konversi ini mengubah kecepatan putar yang tinggi, menjadi lebih rendah tetapi bertenaga. Salah satu sistem transmisi adalah roda gigi. Roda gigi sering digunakan karena dapat meneruskan putaran dan daya yang lebih bervariasi dan lebih kompak daripada menggunakan alat transmisi yang lainnya (Komaladewi & Atmika, 2014).

2.8.1 Fungsi, Kategori Dan Jenis Transmisi Pada Kendaraan

Adapun fungsi dari sistem transmisi pada kendaraan bermotor antara lain:

- a) Mengatur kecepatan kendaraan sesuai dengan beban dan kondisi jalan.
- b) Merubah arah putaran roda, sehingga kendaraan dapat berputar maju dan mundur.
- c) Memutuskan dan menghubungkan putaran kendaraan sehingga kendaraan dapat berhenti walaupun mesin dalam keadaan hidup.

Sedangkan pada sistem transmisi dapat di kategorikan menjadi dua bagian, yaitu

1. Transmisi langsung dimana sebuah piringan atau roda pada poros yang satu dapat menggerakkan roda serupa pada poros kedua melalui kontak langsung (roda gesek dan roda gigi)
2. Elemen sebagai penghubung sementara dimana gerakan poros pertama akan menggerakkan poros kedua menggunakan elemen penghubung antara (sabuk dan rantai).

Adapun jenis transmisi yang di gunakan pada kendaraan dapat di golongan sebagai berikut:

- a) *Selective Gear Transmision.*
- b) *Automatic Transmision.*
- c) *Planetary Gear Transmision.*

2.8.2 Bagian- bagian dan fungsi transmisi roda gigi

Salah satu tujuan digunakannya transmisi roda gigi adalah untuk mengatur putaran motor yang di pindahkan ke roda-roda belakang dalam bermacam-macam perlambatan dimana letak dari transmisi di belakang pesawat kopling.

a) *Main gear*

Main gear terpasang pada *main shaft* dengan perantara *bearing*. Jumlah *main gear* tergantung dengan jumlah tingkat kecepatan yang ada pada transmisi. Untuk transmisi dengan lima tingkat percepatan terdapat lima *main gear* dengan jumlah *gear* yang berbeda dan fungsi *main gear* tersebut berfungsi untuk membuat *gear ratio* bersama-sama dengan *counter gear* sesuai dengan tingkat kecepatan.

b) *Counter gear*

Terdiri dari beberapa *gear* yang di satukan, banyak nya *gear* tergantung dengan banyak nya tingkat kecepatan untuk transmisi dengan lima tingkat

percepatan terdapat enam *counter* jumlah *gear* dengan jumlah *gear* yang berbeda. *Counter gear* tersebut berfungsi untuk memindahkan putaran dari input *shaft* ke *main gear* sekaligus membuat *gear* rasio.

c) *Reverseidle Gear* dan *shaft*

Reverseidle gear terpasang pada *reverseidle gear shaft* dan *gear* ini berfungsi untuk menghubungkan *counter gear* dengan *main reverse gear* sehingga *main reverse gear* berputar berlawanan arah dengan input *shaft*. (Komaladewi & Atmika, 2014).

2.9 Keausan Roda Gigi

Jarang sekali orang menyadari bahwa keausan mekanis lebih merugikan dari patah atau korosi. Untuk Seorang disainer, keausan akan menurunkan kemampuan mesin dan membawa akibat sampingan seperti panas, bunyi, berisik, boros energi dan harus sering diservis.

2.9.1 Macam-Macam Keausan

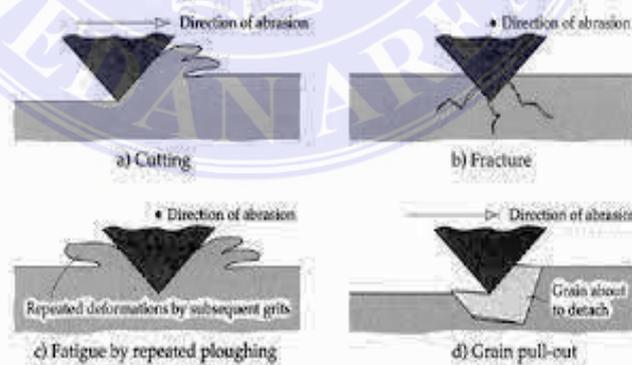
Keausan adalah sebuah fenomena yang sering terjadi dalam engineering. Keausan didefinisikan oleh ASTM sebagai kerusakan permukaan benda yang secara umum berhubungan dengan peningkatan hilangnya material yang disebabkan oleh pergerakan relatif benda dan sebuah substansi kontak (Widyanto et al., 2019). Dalam Teknik mesin, Gerakan-gerakan yang dapat menimbulkan keausan terutama disebabkan: keausan luncur pada bantalan luncur, roda gigi, peluncur, penghancur dan sebagainya. Keausan rol (gelinding pada bantalan rol, runer, impeller, nok, roda gigi, dan sebagainya. Keausan semburan (jet, turbin, siku pipa) dan keausan isap (kavitasi pada turbin air) juga faktor yang perlu diperhatikan

apakah keausan itu terjadi dalam keadaan dilumasi atau kering atau adanya partikel (G.Nieman dan Anton Budiman, 1999). Ada juga keausan yang disebabkan oleh mineral (batu, tanah, biji besi) yang berakibat lebih parah dibandingkan dengan keausan yang disebabkan oleh bahan lain. Berikut ini penjelasan singkat tentang jenis-jenis aus:

Keausan mekanis ialah kerusakan yang terjadi karena faktor mekanis, yang digolongkan menjadi beberapa seperti di bawah.

a. *Adhesive wear* (Keausan Adhesif)

Keausan adhesif adalah salah satu jenis keausan yang disebabkan oleh terikat dan berpindahannya partikel dari suatu permukaan material yang lemah ke material yang lebih keras. Proses itu bermula ketika benda dengan kekerasan yang lebih tinggi menyentuh permukaan yang lemah kemudian terjadi pengikatan. Pengikatan ini terjadi secara spontan dan dapat terjadi dalam suhu yang rendah atau moderat. *Adhesive wear* sering juga disebut *galling*, *scoring*, *scuffing*, *seizure*, atau *seizing* (Syafa'at, 2008).

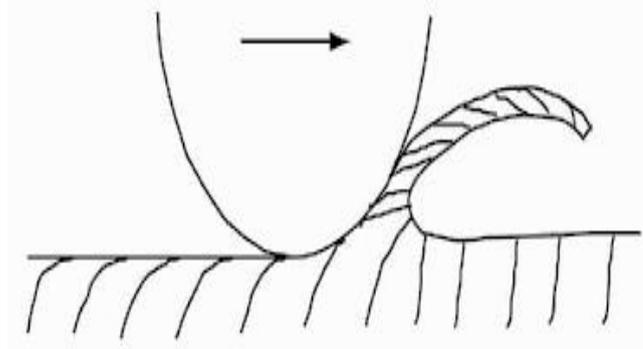


Gambar 2.13. Keausan Adhesif

b. *Abrasive wear* (Keausan Abrasif)

Keausan abrasif disebabkan oleh hilangnya material dari permukaan sebuah benda oleh material lain yang lebih keras. Keausan jenis ini disebabkan oleh

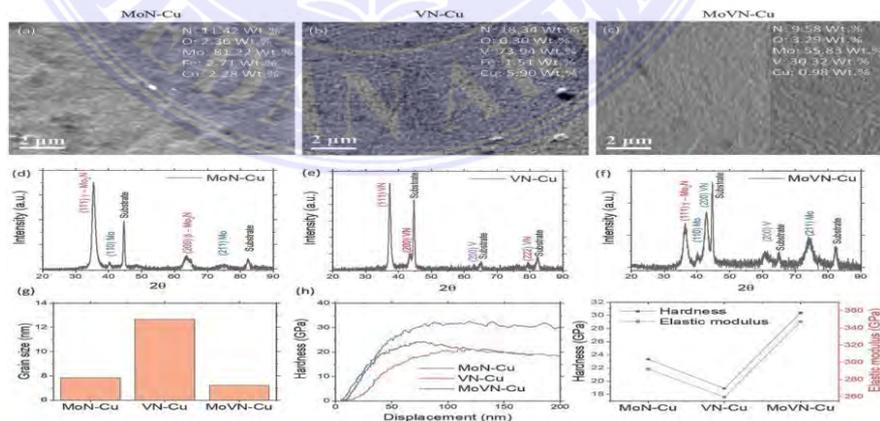
masuknya benda asing ke sistem pelumasan sehingga menyebabkan kotor dan akhirnya terjadi abrasif di permukaan roda gigi.



Gambar 2.14. Keausan Abrasif

c. *Chemical wear* (Keausan Kimia)

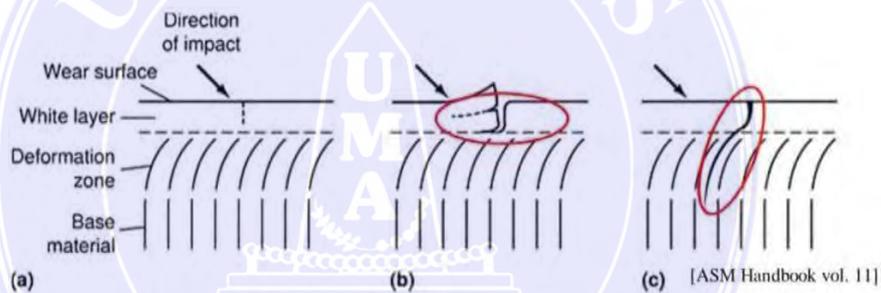
Keausan kimiawi merupakan kombinasi antara proses mekanis dan proses termal yang terjadi pada permukaan benda serta lingkungan sekitarnya. Sebagai contoh, proses oksidasi yang sering terjadi pada sistem kontak luncur (*sliding contact*) antar logam. Proses ini lama kelamaan akan menyebabkan perambatan retak dan juga terjadi abrasi. Peningkatan suhu dan perubahan sifat mekanis pada asperiti adalah akibat dari keausan kimiawi. (Syafa'at, 2008).



Gambar 2.15. Keausan Kimia

d. *Surface fatigue wear* (Keausan Lelah)

Keausan lelah pada permukaan pada hakikatnya bisa terjadi baik secara *abrasif* atau *adhesif*. Tetapi keausan jenis ini terjadi secara berulang-ulang dan periodik. Hal ini akan berakibat pada meningkatnya tegangan geser. Ketidaktepatan dalam struktur material salah satu penyebabnya adalah lokasi yang kosong yang ada dalam susunan butir pembentuk material. Karena tekanan yang terjadi selama gesekan antara dua benda, maka lubang yang ada akan melebar. Proses berikutnya adalah menyatunya lubang yang telah melebar tadi menjadi alur retak sehingga perambatan retak yang terjadi akan mengakibatkan terlepasnya permukaan menjadi rapuh.



Gambar 2.16. Keausan Lelah

2.9.2 Pertimbangan terhadap Keausan

Keausan permukaan-permukaan dalam gigi-gigi roda gigi adalah sebuah fungsi tegangan kontak di antara gigi-gigi yang bertautan sebagaimana juga dengan gigi-gigi dari logam. Dalam kenyataannya, pelumasan dan penggabungan bahan-bahan pada roda gigi yang bertautan ikut berperan dalam menentukan umur keausan pasangan roda gigi tersebut. Yang ditampilkan disini adalah beberapa pedoman umum. Tetapi disarankan untuk berkonsultasi dengan penyalur bahan dan menguji perancangan yang diusulkan diantaranya:

1. Susunan roda gigi yang terlumasi secara terus menerus yang akan memberikan umur paling panjang.
2. Dengan pelumasan terus menerus dan beban yang ringan, maka faktor yang menentukan umur roda gigi adalah ketahanan lelahnya.
3. Roda gigi tanpa pelumasan cenderung gagal akibat keausan, sehingga perancangan yang tepat untuk tegangan lengkung yang tersedia harus digunakan.
4. Apabila pelumasan yang terus menerus tidak dapat diterapkan, maka pelumasan awal pada roda gigi dengan memperlancar proses penggerakannya dan lebih berumur panjang dibandingkan dengan roda gigi yang tidak diberi pelumas.
5. Apabila pelumasan terus menerus tidak dapat diterapkan, maka pemakaian kombinasi roda gigi dengan pinyon dari komposit dan roda gigi yang digerakan dari acetal memperlihatkan gesekan dan keausan yang rendah.
6. Keausan akan bertambah cepat apabila suhu pengoprasian meningkat. Berikan pendinginan untuk membuang panas yang terjadi sehingga menambah umur.

Keuntungan menggunakan roda gigi bahan polimer adalah:

1. Mentransmisikan rasio kecepatan dengan tepat.
2. Dapat di gunakan untuk memindahkan daya yang besar.
3. Mempunyai efisiensi tinggi (*power lost per gear* sekitar 0,5% tergantung faktor penyelesaian gigi dan pelumasan)
4. *Layout* yang kompak.

Kerugian menggunakan roda gigi bahan polimer adalah:

1. Manufaktur roda gigi membutuhkan peralatan dan perlengkapan khusus.
2. Kesalahan pada pemotongan gigi dapat menyebabkan getaran dan noise selama pengoperasian (Abdi Rullah et al., 2019).

2.9.3 Pengurangan Keausan

Cara untuk mengurangi keausan dan petunjuk-petunjuk untuk melakukan percobaan yang tepat. Secara umum disarankan:

1. Pasangan bahan yang ideal. Biasanya kemampuan terhadap keausan dapat dicapai dengan menggunakan bahan tahan aus, ketahanan akan naik secara proporsional dengan kekerasan atau lebih tepatnya, penurunan keausan dengan pasangan bahan yang ideal.

2. Gerakan anti aus. Misalnya penyekat tanpa sentuh, penyekat labirin lebih baik dari penyekat luncur (*sliding seal*), pada roda gigi dengan gigi-gigi kecil dan sudut tolak yang besar, pada sambungan dengan sambungan pegasbukan dengan sambungan pasak, gerakan rol bukan gerakan luncur dan hindari gesekan kering (Syafa'at, 2008).

3. Penurunan gaya yang menimbulkan keausan, misalnya dengan mengurangi gaya bidang datar, kecepatan dan pemilihan bentuk yang ideal. Juga penurunan faktor gesek dengan permukaan yang licin, pelumasan yang baik dan penyekat yang lebih aman untuk mencegah masuknya partikel asing dan alur pembuangan debu dan sisa gesekan (G.Nieman dan Anton Budiman, 1999).

2.9.4 Analisis Keausan

Untuk mendapatkan perhitungan menganalisa keausan dalam sebuah *gear* sebagai berikut:

Rumus nilai keausan spesifik dapat diperoleh dari:

$$W_s = \frac{A_t - A_o}{A_o} \cdot 100 \% \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

Ws: Keausan Spesifik (mm²/kg)

Ao: Luas Penampang Awal

A1: Luas Penampang Akhir



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

a) Waktu Penelitian

Adapun waktu penelitian yang dilaksanakan sejak tanggal dikeluarkannya surat keputusan tugas akhir dan penentuan dosen pembimbing. Berikut waktu penelitian terdapat pada table 3.1.

Tabel 3.1. Jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian

Aktifitas	2023															
	Bulan IX				Bulan X				Bulan XI				Bulan XII			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul	■															
Penulisan Proposal		■	■	■												
Penyelesaian Proposal				■												
Seminar Proposal					■											
Pemilihan Bahan						■	■	■								
Pembuatan Roda Gigi									■	■	■	■				
Pengujian Keausan													■			
Analisis data														■		
Laporan															■	■
Seminar Hasil																■
Sidang Sarjana																■

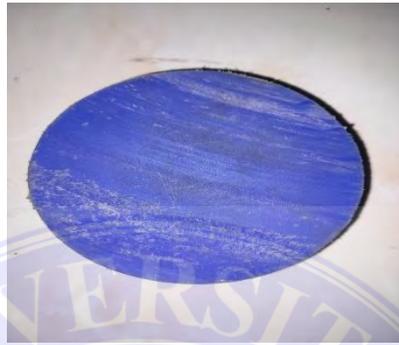
b) Tempat Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan sebagai bagian dari tugas akhir di laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area, Kampus 1, Jalan kolam.

3.2 Bahan dan Alat

a. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah polimer Macblue. Dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.1. Polimer Mc Blue

b. Alat

1. Rig Roda Gigi

Alat uji yang akan digunakan untuk menguji roda gigi adalah rig roda gigi, yang digambarkan pada berikut:



Gambar 3.2. Rig Roda Gigi

Keterangan gambar:

- | | | |
|-------------------|-----------------|----------------------|
| 1. Motor | 5. Poros | 9. <i>Hand winch</i> |
| 2. Roda Gigi | 6. Rangka | 10. Rem dan cakram |
| 3. Arduino | 7. Inverter | 11. <i>Bearing</i> |
| 4. Sensor Putaran | 8. Sensor beban | |
2. Laptop

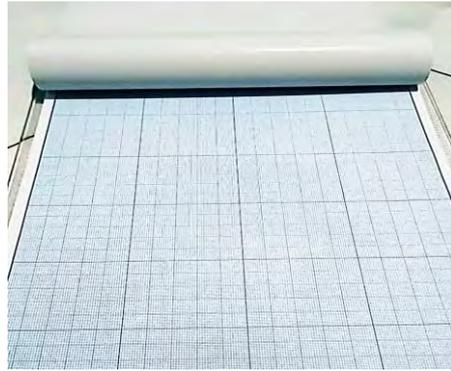
Saat proses pengujian berlangsung, laptop digunakan dan dihubungkan ke Arduino. Arduino akan menampilkan informasi tentang daya, putaran (Rpm), dan pembebanan dari *loadcell* selama proses pengujian.



Gambar 3.3. Laptop

3. Kertas Milimeter

Kertas milimeter digunakan untuk menghitung hasil uji keausan pada roda gigi lurus bahan polimer. Kertas milimeter dapat dilihat pada gambar 3.5. Dibawah ini.



Gambar 3.4. Kertas Milimeter

4. Scanner

Scanner digunakan mengukur roda gigi yang aus. Roda gigi lurus bahan polimer akan di scan untuk mengetahui keausan. Dapat dilihat pada gambar 3.6. dibawah ini.



Gambar 3.5. *Scanner*

5. Mikroskop

Mikroskop adalah alat yang digunakan untuk mengamati benda yang sangat kecil dan benda yang tidak tampak oleh indra penglihatan secara langsung.



Gambar 3.6. Mikroskop

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu metode eksperimen yang merupakan pembuatan atau set tindakan dan pengamatan yang dilakukan dan bertujuan untuk mencari tahu penyebab terjadinya keausan pada roda gigi yang diteliti. Metode penelitian yang digunakan dapat dijabarkan sebagai berikut:

3.3.1 Sistematika Penelitian

Sistematika pada analisis pada pembuatan rig uji keausan dan kelelahan roda gigi dengan sensor putaran dan beban adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan informasi tentang karakteristik roda gigi yang diambil dari berbagai sumber, termasuk spesifikasi teknis, material, dimensi, dan parameter desain.
2. Mengukur dimensi dan fitur fisik dari setiap roda gigi menggunakan kertas milimeter.

3. Menguji ketahanan dan kekuatan setiap roda gigi menggunakan metode uji kekuatan yang sesuai, seperti tes keausan, tes kekuatan bending, dan lain-lain.
4. Menganalisis hasil penelitian untuk menarik kesimpulan tentang kualitas, performa, dan perbandingan antara berbagai jenis roda gigi lurus yang telah diteliti.

3.3.2 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah prosedur pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan dan bahan uji.
2. Menyiapkan lembar *checklist* parameter yang akan di uji.
3. Memeriksa dan memastikan pembacaan alat ukur dapat berfungsi dengan baik dan memastikan bahwa alat uji berfungsi dengan baik.

3.4 Populasi Dan Sampel

3.4.1 Populasi Penelitian

Termasuk dalam populasi penelitian ini adalah jenis roda gigi lurus yang digunakan dalam sistem tranmisi mesin industri di berbagai industri, seperti manufaktur, pertambangan, otomotif, dan lainnya. Populasi ini mencakup berbagai ukuran dan material roda gigi yang digunakan untuk berbagai tujuan.

3.4.2 Sampel Penelitian

Untuk membatasi penelitian, akan diambil sampel acak dari populasi di atas. Sampel penelitian ini akan terdiri dari satu set roda gigi lurus yang dipilih secara

acak dari berbagai sektor industri yang telah disebutkan sebelumnya. Sampel ini akan mencakup berbagai ukuran dan material roda gigi untuk mencerminkan keragaman yang ada dalam populasi.

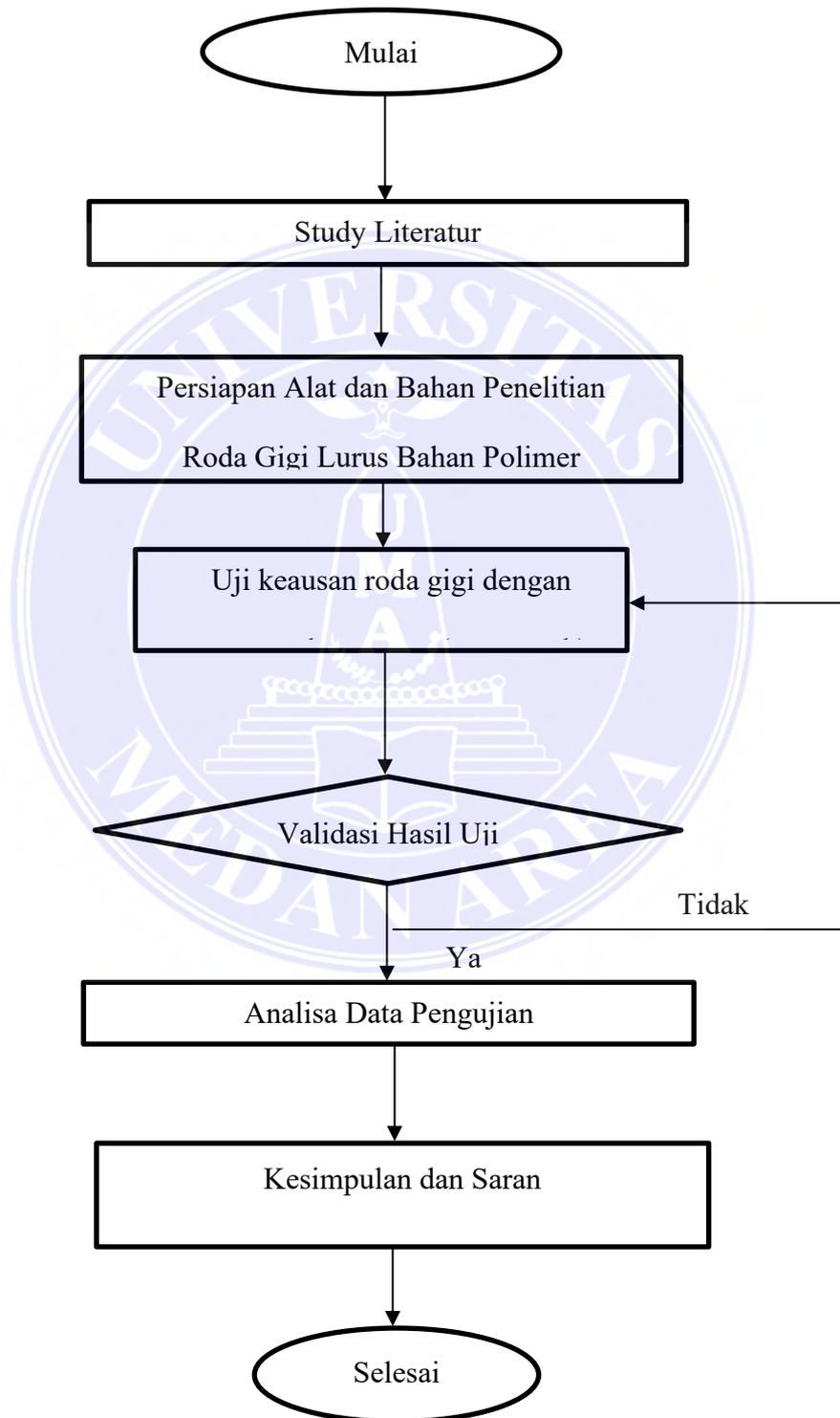
3.4.3 Metode Pengambilan Sampel:

Pengambilan sampel akan dilakukan secara acak (*random sampling*) dari berbagai pabrik atau industri yang menggunakan sistem transmisi dengan roda gigi lurus. Setiap roda gigi yang diambil akan diidentifikasi secara unik dengan informasi seperti ukuran, material, dan sumber pabriknya



3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.7. Diagram Alir Penelitian

3.6 Pengujian dan Pengambilan Data

Setelah seluruh tahap persiapan selesai, tahap pengujian data dilakukan. Berikut adalah langkah-langkahnya:

a. Tahap persiapan

1. Sebelum melakukan pengujian, persiapkan kunci L, kunci ring, obeng minus, dan martil untuk memasang dan mengencangkan poros dan alat uji.
2. Bahan uji adalah roda gigi bahan polimer .

b. Tahap Pengambilan Data

Pengujian kekuatan roda gigi dilakukan dengan motor bergerak, sehingga roda gigi dapat berputar.

3.7 Prosedur Pengujian Mesin Uji roda Gigi

Langkah-langkah prosedur pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Scan Roda gigi sebelum di uji untuk mengetahui ukuran awa sebelum di uji dengan cara meletakkan roda gigi di atas kertas millimeter kemudian atur tataletak roda gigi pada alat scan untuk mendapat kan posisi yang di butuhkan
2. Setting roda gigi pada alat uji, atur posisi roda gigi pada alat uji rig kemudian kencangkan
3. Nyalakan Mesin uji rig dengan memutar tombol on pada inverter kemudian
4. Berikan Beban beban pada *handle* rem dengan menarik tuas *hanwich* pada alat uji rig, berikan beban sesuai yang di butuh kan.
5. Setting Waktu Pengujian dengan mencari titik stabil pada sensor putaran

6. Ambil Data Pengujian (Putaran, Beban Yang diberikan, dan Waktu)
7. Waktu Pengujian Selesai matikan mesin dengan menekan tombol *of* pada inverter dan tunggu mesin benar benar berhenti kemudian
8. Buka roda gigi dengan pelan supaya tidak terjadi gesekan pada roda gigi
9. Scan kembali roda gigi yang telah di lakukan dengan cara pengukuran luas awal roda gigi.
10. Lakukan pengujian roda gigi kembali menggunakan beban yang berbeda



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian penyelidikan keausan roda gigi lurus bahan polimer pada sistem transmisi. Maka dapat diambil kesimpulan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini mengidentifikasi bahwa roda gigi lurus bahan polimer mengalami keausan diakibatkan adanya gesekan antara partikel-partikel kecil serta pembebanan yang diberikan mengakibatkan keausan pada roda gigi akan cepat terjadi.
2. Penelitian ini membuat roda gigi yang dimana proses pembuatan dilakukan dengan mengikuti prosedur pembuatan, mulai dari perencanaan, penjadwalan, pemilihan bahan, pengukuran bahan, perakitan, dan *finishing*.
3. Hasil pengujian pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa putaran mesin dan pembebanan memiliki pengaruh yang besar terhadap keausan roda gigi lurus bahan polimer.
4. Hasil analisis pengaruh beban terhadap roda gigi adalah semakin besar beban yang diberikan maka semakin aus pula pada kedua roda gigi lurus bahan polimer. Hasil putaran 1430 pada beban 3,2 N mengalami keausan mencapai 5% pada pengujian.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang perlu disampaikan oleh penulis yaitu dijabarkan sebagai berikut.

1. Kesehatan dan keselamatan kerja merupakan hal yang sangat penting dan harus diperhatikan dalam proses manufaktur.
2. Lakukan penggantian kampas rem apabila kampas rem telah habis.
3. Simpan rig uji di tempat yang terhindar dari panas dan hujan.

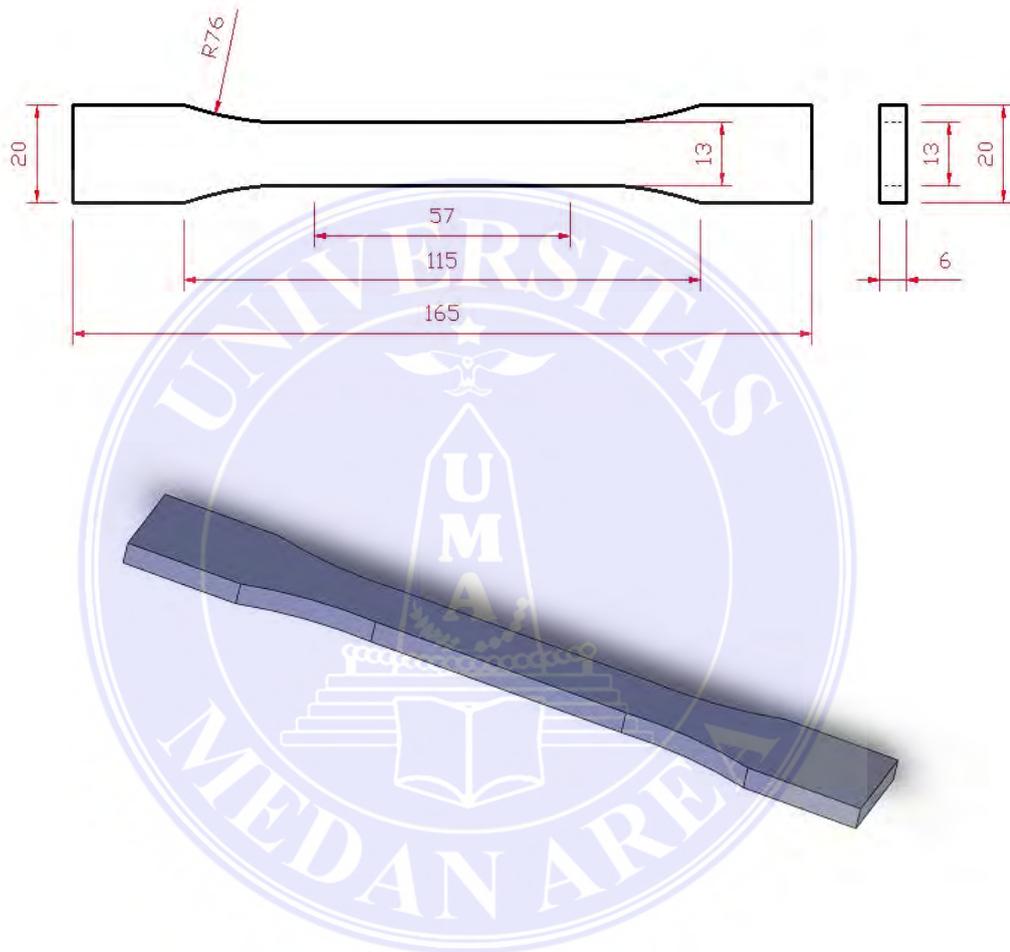


DAFTAR PUSTAKA

- Abdi Rullah, A., Samudra, B. T., Rizki, F. T., Azharis, V., & Prasetyo, J. (2019). *Analisis Karakteristik Roda Gigi Miring Pada Transmisi Kendaraan Roda Empat. March, 4.*
- Admadi H, B., & Arnata, I. W. (2015). Modul Kuliah 1: Teknologi Polimer. *Jurnal UNUD*, 1–46.
- Alfauzy, A. S. (2019). Pembuatan Roda Gigi Dari Bahan Serbuk Logam Tembaga Dan Aluminium Dengan Proses Kompaksi. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(3), 121. <https://doi.org/10.32497/jrm.v14i3.1641>
- Bagus Setya Raharja, Sufiyanto, I. M. S. (2018). *Analisa Keausan Roda Gigi Lurus Secara Mikroskopik Dengan Variasi Beban*. 299–305.
- Banjarmasin, S. (n.d.). Pengertian Roda Gigi. *Roda Gigi*, 1–3.
- G.Nieman dan Anton Budiman. (1999). *Elemen Mesin (Disain dan Kalkulasi dari Sambungan, Bantalan, Poros) Jilid 1* (I. B. Priambodo (ed.); Keempat). Erlangga.
- Hantoro, S., & Tiwan, T. (2006). Profil Fungsi Roda Gigi Lurus Dengan Sistem Koordinat. *Teknoin*, 11(1), 13–24. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol11.iss1.art5>
- Joseph Edward Shigley and Larry D. Mitchell. (2020). *PERENCANAAN TEKNIK MESIN* (M. E. Ir. Gandhi Harahap (ed.); edisi keem). PT. Gelora Aksara Pratama.
- Komaladewi, A., & Atmika, I. (2014). Karakteristik Traksi dan Kinerja Transmisi pada Sistem Gear Transmission dan Gearless Transmission. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 7(1), 57–62.
- Maros, H., & Juniar, S. irsyah. (2016). *Pembuatan Roda Gigi*. 1–23. https://www.academia.edu/8696770/pembuatan_roda_gigi
- Ningsih, E. K. (2016). Studi Eksperimen dan Analisa Keausan Journal Bearing Dry Contact. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i1.15207>
- Pradika, E. F., Widodo, A., & Haryanto, I. (2019). Diagnosis Kerusakan Roda Gigi dengan Metode Ensemble Empirical Mode Decomposition (EEMD). *Rotasi*, 20(4), 207. <https://doi.org/10.14710/rotasi.20.4.207-213>
- Qorni, M. (2019). *Rancang Bangun Daya Penggerak dan Sistem Transmisi Gokart Menggunakan Mesin Yamaha Z1 115 CC SOHC*.
- Siregar, R. A., Umurani, K., & Mukhlas, M. (2019). Studi Eksperimen Terhadap Keausan Pada Roda Gigi Cacing Komposit. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 2(2), 158–164. <https://doi.org/10.30596/rmme.v2i2.3670>
- Stewart, C. (1999). Karakterisasi Spektrofotometri. *Reflections on Cultural Mixture. Diacritics*, 29, 40–62. www.iosrjournals.org
- Sularso. (2004). *Elemen Mesin dasar perencanaan dan pemilihan* (K. Suga (ed.); Kesebelas). PT. Pradnya Paramita.
- Syafa'at, I. (2008). Tribologi, Daerah Pelumasan Dan Keausan. *Jurnal Momentum UNWAHAS*, 4(2), 21–26.
- Widyanto, S. A., Ismail, R., Mesin, J. T., Teknik, F., Wahid, U., Mesin, J. T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2019). *PEMODELAN KEAUSAN KONTAK Sliding ANTARA SILINDER DENGAN BIDANG DATAR*. 024.

LAMPIRAN

Uji Tarik Spesimen



Luas Penampang	78 mm ²
Panjang	60 mm
Lebar	13 mm
Tebal	6 mm

Max Load = 3371,581 Newton
Max Stress = 43,2254 MPa
Elongation = 59,50394 mm

