

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

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**RINALDI SIRINGORINGO**

**198130134**



**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 7/5/24

Access From (repository.uma.ac.id)7/5/24

# **PENYELIDIKAN KEAUSAN RODA GIGI MIRING BAHAN POLIMER PADA SISTEM TRANSMISI**

## **SKRIPSI**

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



**Oleh:**

**RINALDI SIRINGORINGO  
198130134**

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

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/5/24

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

Access From (repository.uma.ac.id)7/5/24

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Proposal : Penyelidikan Keausan Roda Gigi Miring Bahan Polimer Pada Sistem Transmisi  
Nama Mahasiswa : Rinaldi Siringoringo  
NIM : 198130134  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing



Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar, ST, M. Eng  
Pembimbing



Dr. Eng. Supriatno, ST, MT.  
Dekan



Dr. Iswandi, ST, MT.  
K. Prodi

## 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.



## HALAMAN PERSETUJUAN PERNYATAAN PUBLIKASI SKRIPSI

---

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

Nama : Rinaldi Siringoringo

NPM : 198130134

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

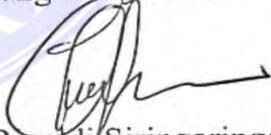
Jenis Karya : Skripsi

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: Pembuatan Rig Uji Keausan dan Kelelahan Roda Gigi dengan Sensor Putaran dan Beban, 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 memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 25 April 2024

Yang menyatakan



(Rinaldi Siringoringo)

## ABSTRAK

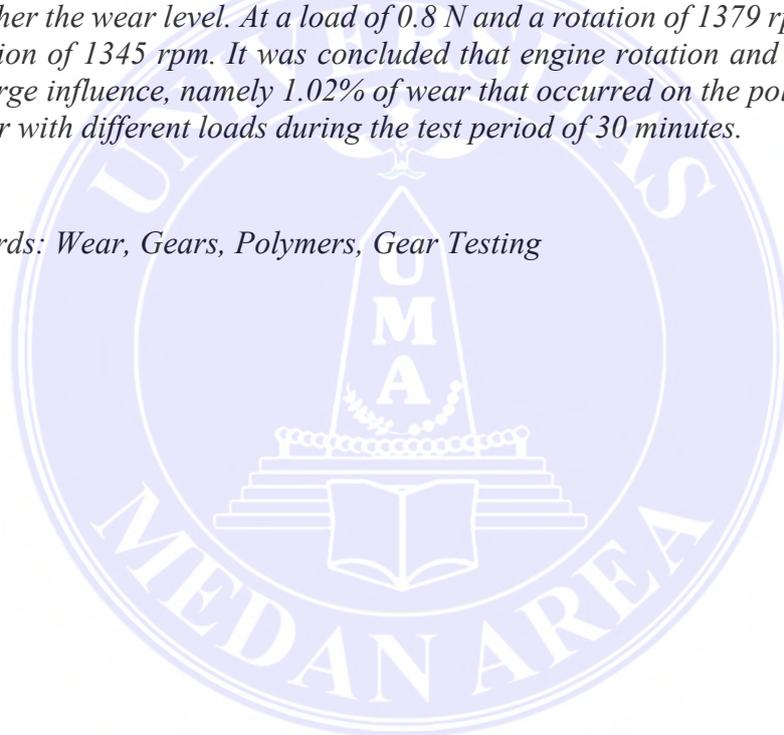
Artikel ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keausan yang terjadi pada roda gigi miring polimer. Guna mendapatkan hasil yang maksimal, pada saat pengujian akan diberikan beban serta putaran yang bervariasi. Roda gigi merupakan salah satu komponen penting dalam dunia mekanika, digunakan untuk beban meningkatkan atau menurunkan torsi, merubah arah gerak serta mentransmisikan daya dari suatu sistem gerak. Untuk menghubungkan atau mempertahankan perputaran tenaga yang dihasilkan oleh proses pengubahan energi kinetik menjadi energi mekanik, roda gigi memainkan fungsi yang sangat penting baik di bidang otomotif maupun sektor industri. Roda gigi bagian yang tidak dapat dipisahkan pertumbuhan dan peningkatan industri permesinan karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan produksi mesin. Data-data ini dikumpulkan dengan melakukan studi literatur dari penelitian yang sebelumnya telah dilakukan. Dan dianalisa secara kualitatif dengan melakukan eksperimen berulang kali dan mengamati keausan yang terjadi pada roda gigi miring polimer dengan beban dan putaran tertentu. Untuk menguji keausan roda gigi maka diberikan beban yang bervariasi, semakin besar beban yang diberikan maka tingkat keausan akan semakin tinggi. Pada beban 0,8 N dan putaran 1379 rpm menghasilkan putaran 1345 rpm. Disimpulkan bahwa putaran mesin dan pembebanan memiliki pengaruh yang sangat besar, yaitu 1,02% keausan yang terjadi pada roda gigi miring bahan polimer dengan beban yang berbeda waktu pengujian selama 30 menit.

**Kata kunci:** Keausan, Roda Gigi, Polimer, Pengujian Roda Gigi,

## ABSTRACT

*This article aims to determine the level of wear that occurs in polymer bevel gears. In order to get maximum results, during the test various loads and rotations will be given. Gears are one of the important components in the world of mechanics, used to increase or decrease load torque, change direction of motion and transmit power from a motion system. To connect or maintain the rotation of power produced by the process of converting kinetic energy into mechanical energy, gears play a very important function in both the automotive and industrial sectors. Gears are an integral part of the growth and improvement of the machinery industry because they play a major role in machine engineering and production. This data was collected by conducting a literature study from research that had previously been carried out. And analyzed qualitatively by carrying out experiments repeatedly and observing the wear that occurs on polymer bevel gears with certain loads and rotations. To test gear wear, varying loads are given, the greater the load given, the higher the wear level. At a load of 0.8 N and a rotation of 1379 rpm it produces a rotation of 1345 rpm. It was concluded that engine rotation and loading had a very large influence, namely 1.02% of wear that occurred on the polymer material tilt gear with different loads during the test period of 30 minutes.*

*Keywords: Wear, Gears, Polymers, Gear Testing*



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bukit Sosor, pada tanggal 12 Januari 2001 dari pasangan Bapak Japaus Siringoringo dan Ibu Nurmita Sinaga. Penulis merupakan anak kelima dari enam bersaudara. Penulis bertempat tinggal Bukit Baru, Kecamatan Pegagan Hilir, Kabupaten Dairi, Sumatera Utara.

Pada tahun 2007 penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 036571 Parsaoran. Selanjutnya pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 3 Pegagan Hilir. Kemudian pada tahun 2016 melanjutkan Pendidikan di SMA Negeri 1 Tigalingga. 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 yang memberikan berupa kesehatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penelitian ini merupakan Tugas Akhir guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Universitas Medan Area.

Dalam Penulisan Skripsi ini banyak kendala yang penulis alami, namun berkat bantuan moral dan material dari berbagai pihak, maka skripsi ini dapat diselesaikan, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr.Eng. Rakhmad Arief Siregar, ST, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing penulis. Begitu juga dengan kedua orang tua tercinta, Bapak Japaus Siringoringo dan Ibu Nurmita Sinaga, serta seluruh keluarga saya yang selalu memberi dukungan, berupa moral dan materi serta doa yang tak pernah putus kepada penulis dalam melakukan penulisan skripsi ini.

Penulis berusaha untuk memberikan yang terbaik, tetapi penulis menyadari sebagai seorang manusia tentunya tidak luput dari segala kesalahan. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis meminta maaf jika dalam skripsi ini masih terdapat berbagai kesalahan dan kekurangan. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Medan, 25 April 2024



Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PERNYATAAN PUBLIKASI SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK .....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi dan Tujuan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Hipotesis Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Roda Gigi.....	5
2.2 Roda Gigi Miring .....	16
2.3 Polimer .....	22
2.4 Keausan Roda Gigi.....	25
2.5 Poros .....	31
2.6 Sistem Transmisi .....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1 Tempat dan Waktu .....	37
3.2 Alat dan Bahan .....	38
3.3 Metode Penelitian.....	42
3.4 Populasi Dan Sampel.....	43
3.5 Diagram alir penelitian .....	45
3.6 Pengujian dan Pengambilan Data.....	46
3.7 Prosedur Pengujian Mesin Uji roda Gigi.....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	54
4.1 Hasil Identifikasi Keausan Roda Gigi .....	54
4.2 Hasil Pembuatan Roda Gigi Miring Polimer.....	55
4.3 Hasil Pengujian Roda Gigi .....	57
4.4 Analisis keausan roda gigi miring bahan polimer .....	60
4.5 Hasil Analisis pengujian Durasi vs Keausan.....	63
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Simpulan.....	67
5.2 Saran .....	67
DAFTAR PUSTAKA .....	69

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi Roda Gigi	15
Tabel 3.1. Jadwal Penelitian Tugas Akhir	37
Tabel 4.1. Hasil identifikasi keausan roda gigi	54
Tabel 4.2. Perhitungan pembuatan Roda Gigi	56
Tabel 4.3. Pengujian dengan putaran 1379 rpm dengan beban bervariasi	59



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Roda Gigi Lurus. (Hantoro & Tiwan, 2006).....	8
Gambar 2.2. Roda Gigi Miring. (Rullah et al., 2019).....	9
Gambar 2.3. Roda Miring Ganda.....	9
Gambar 2.4. Roda gigi helik ganda.....	10
Gambar 2.5. Roda Gigi Kerucut Spiral.....	11
Gambar 2.6. Roda Gigi <i>Rack Pinion</i> .....	11
Gambar 2.7. Roda Gigi Cacing.....	12
Gambar 2.8. Roda gigi helik.....	13
Gambar 2.9. Roda gigi Silinderik.....	13
Gambar 2.10. Rodagigi Kerucut.....	14
Gambar 2.11. Rodagigi Sekrup.....	14
Gambar 2.12. Roda Gigi <i>Helix</i> .....	17
Gambar 2.13. Bagian-Bagian Utama Roda Gigi Miring.....	18
Gambar 2.14. Jenis-Jenis Roda Gigi Miring(Manufaktur, 2018).....	19
Gambar 2.15. Gaya-gaya gigi yang bekerja pada roda gigi miring ke kanan.....	21
Gambar 2.16. Fungsi Keausan vs Waktu ( <i>skematis</i> ).....	29
Gambar 3.1. Mesin Uji Roda Gigi Miring.....	38
Gambar 3.2. Laptop.....	39
Gambar 3.3. Kertas Milimeter.....	40
Gambar 3.4. <i>Scanner</i> .....	40
Gambar 3.5. <i>Microscope</i> .....	41
Gambar 3.6. Polimer <i>McBlue</i> .....	42
Gambar 3.7. Uji tarik polimer <i>McBlue</i> .....	42
Gambar 3.8. Diagram Alir Penelitian.....	45
Gambar 3.9. Langkah-langkah pengujian keausan roda gigi polimer.....	47
Gambar 4.1. Hasil pembuatan roda gigi miring polimer.....	56
Gambar 4.2. Luas awal permukaan gigi sebelum di uji.....	57
Gambar 4.3. Pengujian roda gigi miring polimer.....	59
Gambar 4.4. Grafik pengujian dengan putaran 1379 Rpm.....	60
Gambar 4.5. (a). roda gigi sebelum diuji, (b) roda gigi setelah diuji.....	61
Gambar 4.6. (a). sebelum diuji, (b). setelah diuji.....	61
Gambar 4.7. Analisis Keausan Roda Gigi Miring Bahan Polimer.....	63
Gambar 4.8. Pengukuran pada gear.....	64
Gambar 4.9. Pengukuran pada <i>Pinion</i> .....	64
Gambar 4.10. Perhitungan keausan roda gigi.....	65
Gambar 4.11. Analisis Pengujian Durasi Vs Putaran.....	66

## DAFTAR NOTASI

$A_0$	= Luas awal (mm)
$A_1$	= Luas akhir (mm)
$D_g$	= Diameter lingkaran kaki (mm).
$D_k$	= Diameter lingkaran kepala (mm)
$\sigma_b$	= Kekuatan Tarik (Mpa/N)
$\tau_t$	= Tegangan Tarik (Mpa/N)
$d$	= 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)
$H_a$	= Tinggi kepala gigi (mm)
$H_f$	= Tinggi kaki gigi (mm)
$M$	= Modul (mm)
$N$	= Jumlah putaran per menit (rpm)
$p$	= Beban rata-rata ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )
$T$	= Torsi (Nm)
$w$	= Beban per satuan panjang ( $\text{kg}/\text{mm}$ )
$Z$	= Jumlah Gigi (mm)
$l$	= Panjang poros (mm)
$\alpha$	= Sudut tekan (Derajat)
$(i)$	= Perbandingan kecepatan antara penggerak dengan yang digerakkan (m/s)
$N$	= Newton ( $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ )

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang Masalah

Peran roda gigi dalam kendaraan maupun dunia industri sangat penting dalam menghubungkan atau meneruskan putaran daya yang dihasilkan dari proses energi kinetik menjadi energi mekanik. Roda gigi sangat dibutuhkan untuk mengimbangi pertumbuhan teknologi, terutama pada mesin yang ada kaitanya dengan transmisi roda gigi. Pada saat ini mesin-mesin modern dirancang untuk berjalan secara otomatis. Umumnya mesinmesin tersebut beroperasi pada putaran tinggi yang sangat memungkinkan mengakibatkan kerusakan suatu bahan atau material. Didalam aplikasi penggunaan transmisi roda gigi sering dijumpai suatu masalah yaitu keausan roda gigi. Keausan merupakan penguraian ketebalan permukaan akibat gesekan yang terjadi pada pembebanan dan gerakan.

Roda gigi adalah bagian dari mesin yang berputar yang berguna untuk mentransmisikan daya. Roda gigi memiliki gigi - gigi yang bersinggungan dengan gigi dari roda gigi yang lain. Roda gigi pada umumnya dimaksudkan suatu benda dari logam dan non – logam yang bulat dan pipih pada pinggirnya bergerigi. Roda gigi sangat berguna untuk memindahkan gaya dari suatu roda gigi ke gigi yang lain. Karena roda gigi tersebut bekerja terus menerus, roda gigi akan terus menerus berputar, maka dampaknya adalah roda gigi tersebut semakin lama akan semakin aus. Permasalahan pada kerusakan komponen mesin yang selalu beroperasi dan saling bergesekan adalah dapat terjadinya keausan. Keausan merupakan penguraian

ketebalan permukaan akibat gesekan yang terjadi pada pembebanan dan gerakan. Keausan umumnya dianalogikan sebagai hilangnya materi sebagai akibat interaksi mekanik dua permukaan yang saling bergesekan dan dibebani. Mesin dan peralatan serta komponen komponennya pasti menerima beban operasional dan beban lingkungan dalam melakukan fungsinya. Beban dapat dalam bentuk gaya, momen, defleksi, temperature, tekanan dan lain lain.

Jenis roda gigi yang penulis teliti saat ini adalah roda gigi miring bahan polimer, karena saat ini kita jarang menemukan jenis roda gigi yang berbahan dasar polimer, maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian roda gigi miring yang berbahan dasar polimer serta pengaruh pembebanan terhadap roda gigi miring polimer pada sistem transmisi tersebut, untuk menunjukkan dengan jelas pengaruh pembebanan pada roda gigi miring berbahan dasar polimer, maka dilakukan percobaan dan pengujian yang besar. Hasil dari eksperimen tersebut adalah tingkat pembebanan dan pengaruh pembebanan terhadap kekuatan roda gigi miring polimer pada sistem transmisi.

## **1.2 Identifikasi dan Tujuan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang masalah, terdapat objek yang berhubungan pada penelitian ini yaitu, Bagaimana cara mengidentifikasi keausan roda gigi miring bahan polimer pada transmisi train melalui study literatur?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian diperlukan untuk menghindari pembahasan atau

pengkajian yang tidak terarah dan agar dalam pemecahan masalah dapat dengan mudah dilaksanakan. Adapaun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah.

- a) Mengidentifikasi keausan pada roda gigi melalui studi literatur.
- b) Membuat specimen roda gigi miring bahan polimer untuk pengujian keausan.
- c) Menguji keausan pada roda gigi miring bahan polimer dengan variasi beban
- d) Menganalisis pengaruh variasi beban terhadap roda gigi miring bahan polimer.

#### **1.4 Hipotesis Penelitian**

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

#### **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 miring 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 miring bahan polimer.
- b. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan tentang tanda-tanda terjadinya keausan yang terjadi pada roda gigi miring bahan polimer.
- c. Harapannya roda gigi miring bahan polimer ini mampu memberikan ketahanan yang lebih baik dibandingkan dengan roda gigi bahan yang lain.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Roda Gigi

Roda gigi adalah salah satu komponen mesin yang banyak digunakan dalam sistem transmisi daya. 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 merupakan komponen pengubah tingkat putaran poros pada mesin yang dapat mengurangi dan menaikkan kecepatan tergantung pada pengaturan gigi. Roda gigi meneruskan daya dari motor melalui mekanisme kontak antar gigi-gigi pada *gear* dengan gigi-gigi pada *pinion*. Dengan mekanisme ini, diharapkan tidak terjadi slip selama proses transmisi daya berlangsung. (Widodo & Satrijo, 2014)

Roda gigi adalah bagian dari mesin yang berputar dan berguna untuk mentransmisikan daya. Roda gigi memiliki gigi-gigi yang saling bersinggungan. Dua atau lebih roda gigi yang bersinggungan dan bekerja bersama-sama disebut transmisi roda gigi, dan menghasilkan keuntungan mekanis melalui rasio jumlah gigi. Roda gigi mampu mengubah kecepatan putar, torsi, dan arah daya terhadap sumber daya. (Alfauzy, 2019)

Roda gigi pada umumnya dimaksudkan adalah suatu benda dari logam atau non logam yang bulat dan pipih pada pinggirnya bergerigi. Roda gigi sangat

berguna untuk memindahkan gaya dari suatu roda gigi ke gigi yang lain. Pada umumnya roda gigi dibuat dari bahan logam untuk memindahkan beban yang berat, kalau gaya yang dipindahkan tidak berat dapat digunakan roda gigi dari bahan non logam. Teknik pembuatan roda gigi dapat dikerjakan dengan cara di cor, dikerjakan pada mesin frais, dan hob. Transmisi yang berubah – ubah berangsur-angsur juga dapat diperoleh menggunakan roda-roda gigi. Salah satu maksud tersebut adalah dipergunakan pada perkakas pemindah kecepatan, dan merubah beban yang berat menjadi seringan mungkin. Roda gigi dipergunakan pada kendaraan atau mesin yang memiliki gerakan putar.

Roda gigi adalah salah satu bentuk sistem mesin uji kinerja roda gigi yang mempunyai fungsi mentransmisikan gaya, membalikkan putaran, mereduksi atau menaikkan putaran/kecepatan. Umumnya roda gigi berbentuk silindris, dimana di bagian tepi terdapat bentuk yang menyerupai (mirip) gigi (bergerigi). Konstruksi roda gigi mempunyai prinsip kerja berdasarkan pasangan gerak. Bentuk gigi dibuat untuk menghilangkan keadaan slip, sehingga penyaluran putaran dan daya dapat berlangsung dengan baik. Roda gigi memiliki gigi di sekelilingnya, sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi-gigi kedua roda yang saling berkait. (Keausan et al., 2018)

### 2.1.1 Fungsi 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.

## 3. Mengubah Torsi

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.

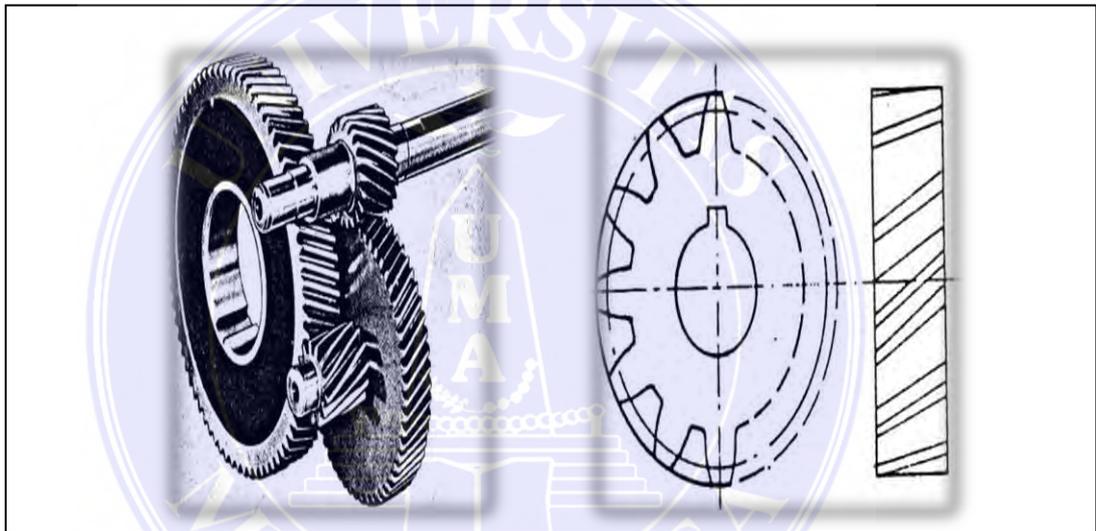
## 4. Mengubah Arah Daya

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.

## 2.1.2 Jenis-jenis Roda Gigi

### 1. Roda Gigi Lurus

Roda paling dasar dengan jalur gigi yang sejajar dengan poros, contohnya pada gear box mesin. Gigi-gigi berbentuk lurus dan sejajar dengan poros yang digunakan. Apabila dua buah roda gigi dengan ukuran yang berbeda dipasangkan, roda gigi yang mempunyai ukuran lebih besar disebut *gear* dan roda gigi yang mempunyai ukuran lebih kecil disebut *pinion*. Dapat dilihat pada gambar 2.1.

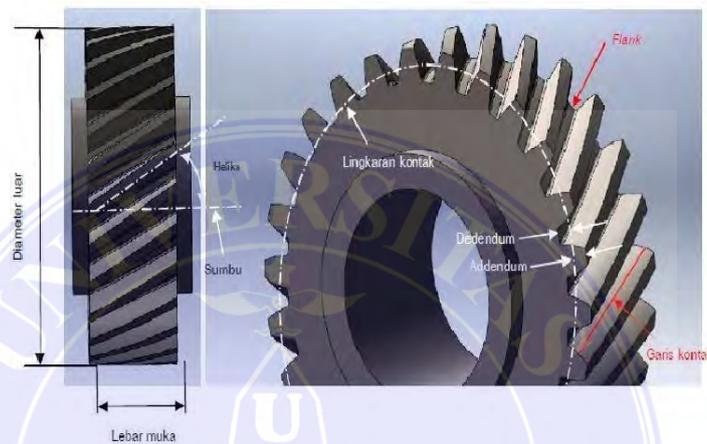


Gambar 2.1. Roda Gigi Lurus (Hantoro & Tiwan, 2006)

### 2. Roda Gigi Miring

meneruskan daya dan putaran dari satu poros ke poros lainnya. Perkembangan industri yang cepat seperti pada kendaraan, kapal dan pesawat terbang memerlukan penerapan lebih lanjut dari teknologi roda gigi. Secara umum pengguna kendaraan bermotor menyukai mobil yang menggunakan mesin dengan efisiensi tinggi, sehingga diperlukan transmisi daya yang unggul. Industri mobil merupakan salah satu perusahaan manufaktur skala besar yang cukup banyak menggunakan roda gigi. Roda gigi miring banyak digunakan sebagai roda gigi

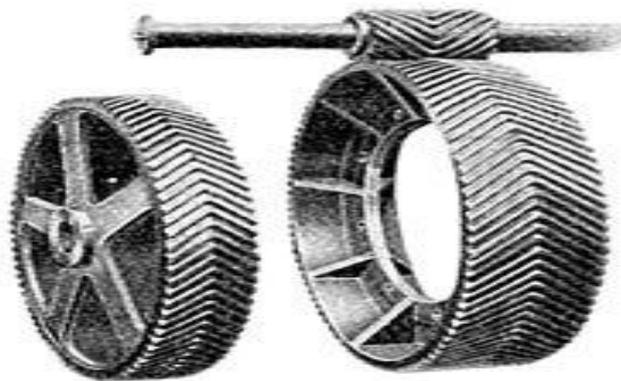
transmisi daya karena relatif memiliki kerja lebih halus dan kebisingan rendah dengan kapasitas beban besar dan kecepatan kerja lebih tinggi. Roda gigi miring memiliki kerja lebih halus karena sudut miring yang besar sehingga menambah panjang garis kontak roda gigi. Gambar 1 menunjukkan roda gigi miring beserta nomenklatur bagian-bagian dari roda gigi tersebut. Dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Roda Gigi Miring (Rullah et al., 2019)

### 3. Roda Gigi Miring Ganda

Gaya aksial yang timbul pada gigi yang mempunyai alur berbentuk V tersebut, akan saling meniadakan. Contoh penggunaannya yaitu pada roda gigi reduksi turbin pada kapal dan generator, roda gigi penggerak rol pada *steel*. Dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Roda Miring Ganda

#### 4. Roda Gigi Helik

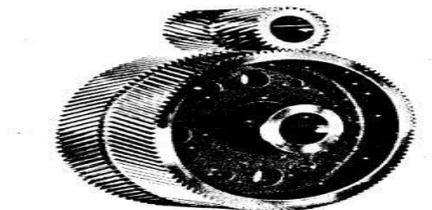
Roda gigi helik dapat digunakan untuk menghubungkan poros yang sejajar atau untuk poros yang menyudut. Gigi-gigi penyusunnya dibuat menyudut dengan poros roda gigi. Roda gigi ini dipakai untuk menghubungkan poros yang sejajar, atau pada kecepatan yang tinggi. Contoh penggunaannya seperti pada *gearbox (synchromesh)*, *valve timing gears*. Beberapa keuntungan menggunakan roda gigi helik anatar lain:

1. roda gigi helik dapat dioperasikan pada kecepatan tinggi dari pada roda gigi lurus
2. roda gigi helik lebih mudah pengoperasiannya daripada roda gigilurus
3. perbedaan senter dapat diatur sesuai dengan sudut gigi
4. roda gigi helik lebih kuat daripada rodagigi lurus

Namun demikian kelemahannya adalah pembuatan roda gigi helik lebih mahal daripada pembuatan roda gigi lurus.

#### 5. Roda gigi helik ganda (*Herringbone Gears*)

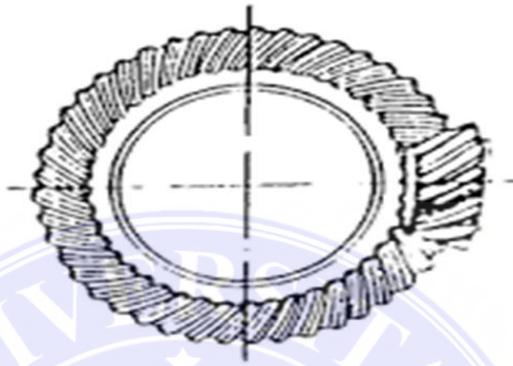
Roda gigi helik ganda merupakan roda gigi helik yang memiliki dua buah alur gigi dengan sudut yang berlawanan. Roda gigi ini digunakan bila kedudukan poros sejajar, diperlukan kecepatan sangat tinggi, dan pada pemakanan yang kasar (berat). Dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Roda gigi helik ganda

## 6. Roda Gigi Kerucut Spiral

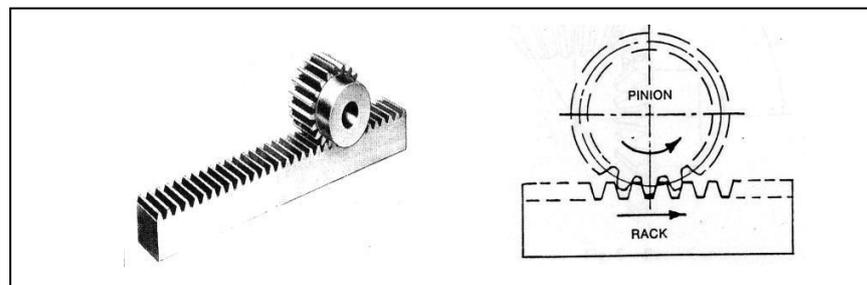
Karena mempunyai perbandingan kontak yang lebih besar, dapat meneruskan tinggi dan beban besar. Contoh penggunaannya pada grab winch, hand winch, n. dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Roda Gigi Kerucut Spiral

## 7. Roda Gigi *Rack* dan *Pinion*

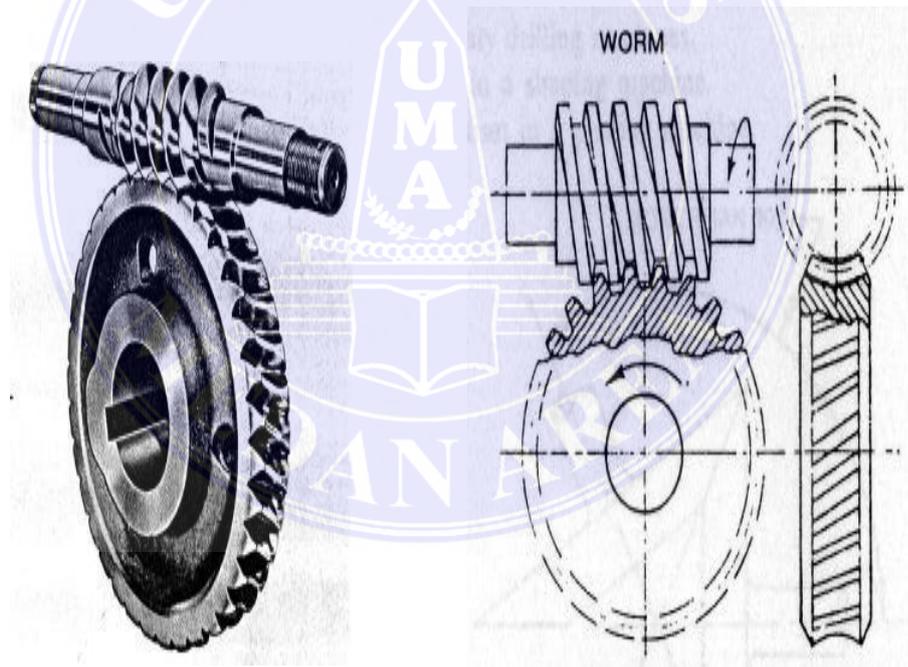
Roda gigi *rack* merupakan roda gigi dengan gigi-gigi yang dipotong lurus. Sedangkan roda gigi penggeraknya dinamakan *pinion*. Roda gigi ini bertujuan untuk merubah gerak puitar roda gigi menjadi gerak lurus. *Pinion* pada umumnya mempunyai jumlah gigi dan ukuran yang lebih kecil dengan gigi lurus ataupun helik. Beberapa contoh penggunaan *rack* dan *pinion* ini adalah: pada penggerak eretan di mesin bubut, mekanisme kecepatan pada mesin planning, dan pengatur ketinggian pada mesin bor. Terdapat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Roda Gigi *Rack Pinion*

## 8. Roda gigi cacing

Roda gigi cacing mempunyai gigi yang dipotong menyudut seperti pada roda gigi helik dan dipasangkan dengan ulir yang dinamakan ulir cacing. Penggunaan roda gigi ini biasanya untuk mereduksi kecepatan. Roda gigi ini dalam operasionalnya akan mengunci sendiri sehingga tidak dapat diputar pada arah yang berlawanan. Keuntungan dari roda gigi ini adalah dengan memberikan input minimal dapat dihasilkan output dengan kekuatan maksimal. Roda gigi ini biasanya digunakan untuk kecepatan-kecepatan tinggi dengan kemampuan mereduksi kecepatan yang maksimal. Dapat dilihat pada gambar 2.7. Dibawah ini.

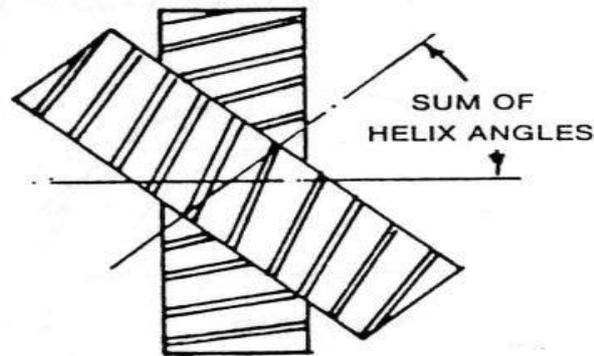


Gambar 2.7. Roda Gigi Cacing

## 9. Roda gigi helik

Selain digunakan pada posisi poros sejajar roda gigi helik dapat pula digunakan pada sisi yang berpotongan. Dalam hal ini gigi-gigi dibuat menyudut

terhadap poros roda gigi. Roda gigi helik dapat dilihat pada gambar 2.8.



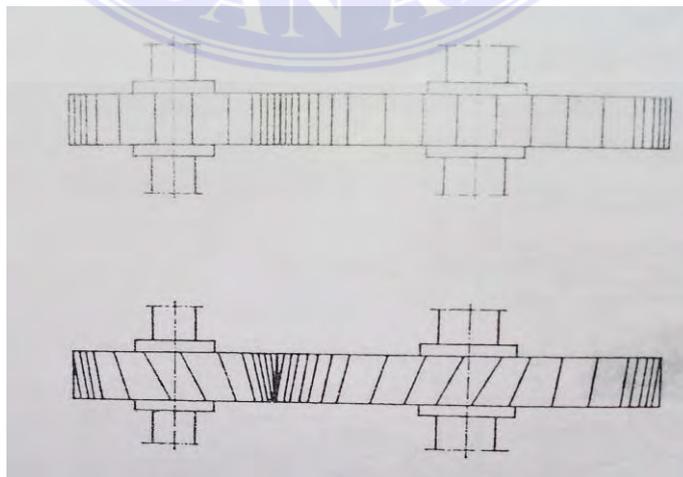
Gambar 2.8. Roda gigi helik

### 2.1.3 Macam-Macam Roda Gigi

Dalam hal ini dibedakan tiga keadaan sesuai dengan kedudukan yang diambil oleh poros yang satu terhadap yang lain.

1. Poros sejajar satu sama lain: rodagigi silinderik

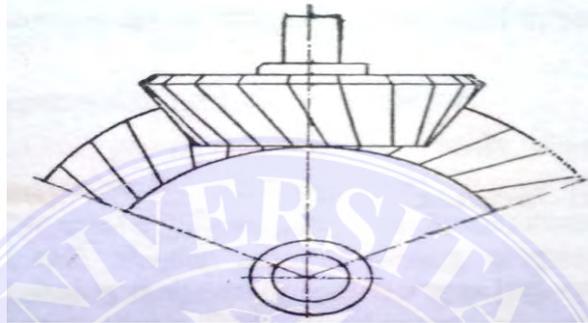
Bentuk dasar rodagigi ini ialah dua buah silinder yang saling bersinggungan menurut sebuah garis lukis; gigi dapat sejajar dengan garis-lukis silinder (gigi lurus), atau membuat sudut dengan garis-lukis silinder (gigi sekrup). Roda gigi silinderik dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Roda gigi Silinderik

## 2. Poros saling memotong: rodagigi kerucut

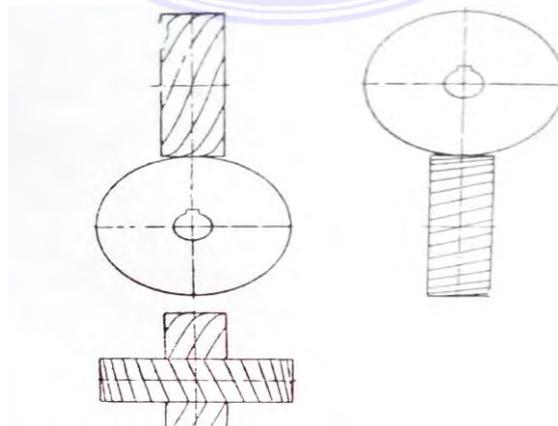
Bentuk dasarnya ialah dua buah kerucut dengan puncak gabungan yang saling menyinggung menurut sebuah garis lukis. Gigi dapat lurus, artinya garis-lukis gigi saling memotong dipuncak kerucut. Roda gigi kerucut dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Rodagigi Kerucut

## 3. Poros salin menyilang: rodagigi sekrup

Kalau jarak poros yang saling memotong terlampauecil, maka tidaklah mungkin untuk memasang roda sekrup antara poros tersebut. Dalam pembuatan kendaraan bermotor dalam hal ini diterapkan apa yang dinamakan roda gigi *hipoida*, dimana persinggungan terjadi diluar jarak terpendek antara poros (Stolk & Kros, 2018) Roda gigi sekrup dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Rodagigi Sekrup

### 2.1.4 Klasifikasi Roda Gigi

Roda gigi diklasifikasikan seperti pada table 2.1, menurut letak poros, arah dan jalur gigi. Roda gigi dengan poros sejajar adalah roda gigi dimana giginya berjajar pada dua bidang silinder, atau disebut “**bidang jarak bagi**”. Kedua bidang silinder tersebut bersinggungan dan yang satu menggelinding pada yang lain dengan sumbu tetap sejajar. (Niemann, 1999).

Tabel 2.1. Klasifikasi Roda Gigi

Letak poros	Roda gigi	keterangan
Roda gigi dengan poros sejajar	-Roda gigi lurus -Roda gigi miring -Roda gigi miring ganda	(Klasifikasi atas dasar bentuk alur gigi)
	-Roda gigi luar -Roda gigi dalam dan <i>pinyon</i> -Batang gigi dan <i>pinyon</i>	-Arah putaran berlawanan -Arah putaran sama -Gerakan lurus dan berputar
Roda gigi dengan poros berpotongan	-Roda gigi kerucut lurus -Roda gigi kerucut spiral -Roda gigi kerucut <i>ZEROL</i> -Roda gigi kerucut miring -Roda gigi kerucut miring ganda	(Klasifikasi atas dasar bentuk jalur gigi)
	-Roda gigi permukaan dengan poros berpotongan	(Roda gigi dengan poros berpotongan berbentuk istimewa)
Roda gigi dengan poros silang	-Roda gigi miring silang -Batang gigi miring silang	-Kontak titik -Gerakan lurus dan berputar
	-Roda gigi cacing silindris -Roda gigi cacing selubung ganda ( <i>globoid</i> ) -Roda gigi cacing samping	

- Roda gigi *hyperboloid*
  - Roda gigi *hipoid*
  - Roda gigi permukaan silang
- 

## 2.2 Roda Gigi Miring

Roda gigi merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk meneruskan daya dan putaran dari satu poros ke poros lainnya. Perkembangan industri yang cepat seperti pada kendaraan, kapal dan pesawat terbang memerlukan penerapan lebih lanjut dari teknologi roda gigi. Roda gigi miring banyak digunakan sebagai roda gigi transmisi daya karena relatif memiliki kerja lebih halus dan kebisingan rendah dengan kapasitas beban besar dan kecepatan kerja lebih tinggi. Roda gigi miring memiliki kerja lebih halus karena sudut miring yang besar sehingga menambah panjang garis kontak roda gigi (Sutanto et al., 2017).

Roda gigi miring memiliki jalur gigi yang membentuk ulir pada silinder jarak bagi. Pada roda gigi miring tersebut, jumlah pasangan gigi yang saling membuat kontak serentak atau dapat disebut “perbandingan kontak”. Roda gigi miring lebih besar dari pada roda gigi lurus, sehingga pada saat pemindahan momen atau putaran melalui gigi-gigi tersebut, maka dapat berlangsung dengan halus. Sifat ini sangat baik untuk mentransmisikan putaran tinggi dan beban besar. Akan tetapi roda gigi miring memerlukan bantalan aksial dan kontak roda gigi yang lebih kuat dan kokoh, karena jalur gigi berbentuk ulir tersebut akan menimbulkan gaya reaksi yang sejajar dan poros.

Roda gigi miring digunakan untuk mentransmisikan gerakan dan daya antara dua poros yang berpotongan. Dalam permesinan umum, sudut persimpangan antara dua poros roda gigi miring sama dengan  $90^\circ$  (tetapi mungkin tidak sama dengan  $90^\circ$ ). Mirip dengan roda gigi silinder, roda gigi miring memiliki kerucut pengindeksan, kerucut addendum, kerucut akar gigi, dan kerucut dasar. Kerucut memiliki ujung besar dan ujung kecil, dan lingkaran yang bersesuaian dengan ujung besar disebut lingkaran indeks (jari-jarinya adalah  $r$ ), lingkaran tambahan, lingkaran akar, dan lingkaran alas.

Dalam roda gigi miring terdapat istilah yang berkaitan dengan roda gigi miring, yaitu sudut helix (*helical angle*) yang disebut sebuah sudut yang dibuat konstan berbentuk helix dengan sumbu berputar. Dapat dilihat pada gambar 2.12. dibawah ini.



Gambar 2.12. Roda Gigi *Helix*

Kisar aksial (*axial pitch*), merupakan jarak sejajar terhadap sumbu permukaan yang serupa dengan gigi yang berdekatan. *Circular pitch* dinotasikan dengan *pc*. *Axial pitch* juga didefinisikan sebagai *circular* pada bidang putar atau

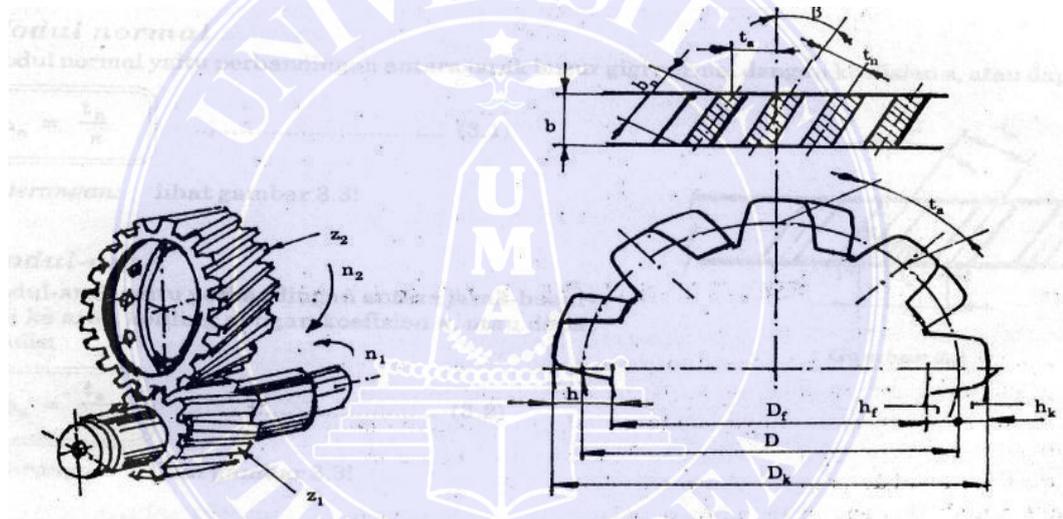
bidang diametral, sedangkan kisar normal (*normal pitch*). Adalah dinotasikan dengan  $p_N$ . *normal pitch* dapat juga didefinisikan sebagai *circular pitch* pada bidang normal yang tegak lurus terhadap gigi. Secara matematika, *normal pitch*:

$$P_N = PC \cos \beta$$

### 2.2.1 Bagian bagian roda gigi miring

Bagian-bagian utama pada roda gigi miring dapat dilihat pada gambar

2.13. dibawah ini:



Gambar 2.13. Bagian-Bagian Utama Roda Gigi Miring

Keterangan :

- D : Diametear jarak bagi
- Df : Diameter kaki gigi
- Dk : Diameter kepala gigi
- h : Tinggi gigi
- hf : Tinggi kaki gigi
- hk : Tinggi kepala gigi
- B : Sudut kemiringan gigi
- ta : Jarak antar busur diukur dari alas
- tn : Jarak antar busur normal
- b : Lebar gigi
- bn : Lebar gigi normal

### 2.2.2 Ciri-Ciri Roda Gigi Miring

Roda gigi miring memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

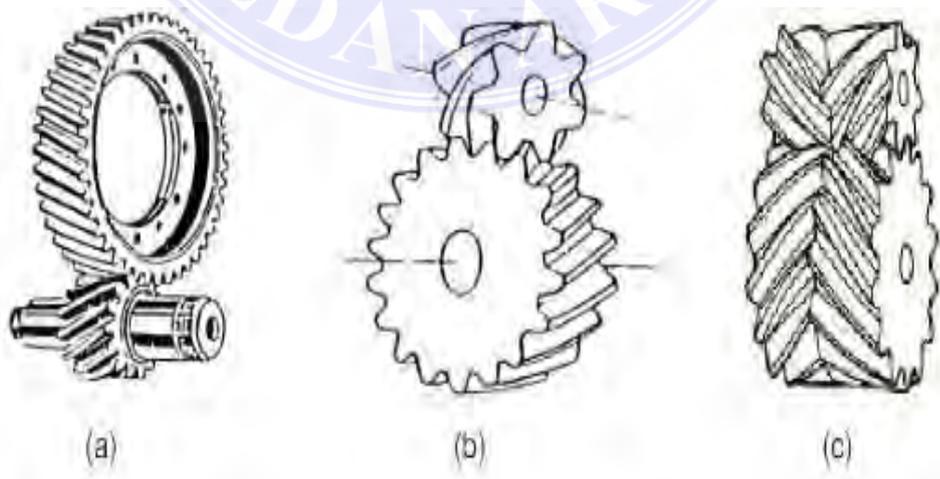
1. Arah gigi membentuk sudut terhadap sumbu poros.
2. Distribusi beban sepanjang garis kontak tidak uniform.
3. Kemampuan pembebanan lebih besar dari roda gigi lurus.

### 2.2.3 Jenis-Jenis Roda Gigi Miring

Beberapa jenis roda gigi miring diantaranya:

- a. Roda gigi miring biasa (a).
- b. Roda gigi miring silang (b). gaya aksial yang timbul pada gigi yang mempunyai alur berbentuk V tersebut akan saling meniadakan, perbandingan reduksi, kecepatan keliling dan yang diteruskan dapat diperbesar, tetapi membuatnya sulit.
- c. Roda gigi miring ganda (c).

Jenis-jenis roda gigi miring dapat dilihat pada gambar 2.14. dibawah ini.



Gambar 2.14. Jenis-Jenis Roda Gigi Miring (Manufaktur, 2018).

#### 2.2.4 Jenis Bahan Untuk Roda Gigi Miring

Beberapa dari banyak jenis bahan yang sudah terkenal yang biasa digunakan untuk roda gigi diantaranya ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*), *acetal*, *nylon*, *polycarbonate*, *polyster*, dan *polyurethane*. Perancang harus mengusahakan keseimbangan dari berbagai karakteristik bahan yang tepat untuk aplikasi diantaranya sebagai berikut.

1. Kekuatan lentur terhadap kondisi-kondisi Lelah
2. Modulus elastilitas yang tinggi untuk kekuatan
3. Kekuatan terhadap tumbukan dan ketangguhan
4. Ketahanan terhadap keausan dan goresan
5. Kestabilan ukuran terhadap suhu
6. Kondisi operasi terhadap lingkungan yang bergetar
7. Kestabilan ukuran terhadap zat dan kelembaban
8. Biaya pengadaan
9. Kemudahan pemrosesan dan pembuatan

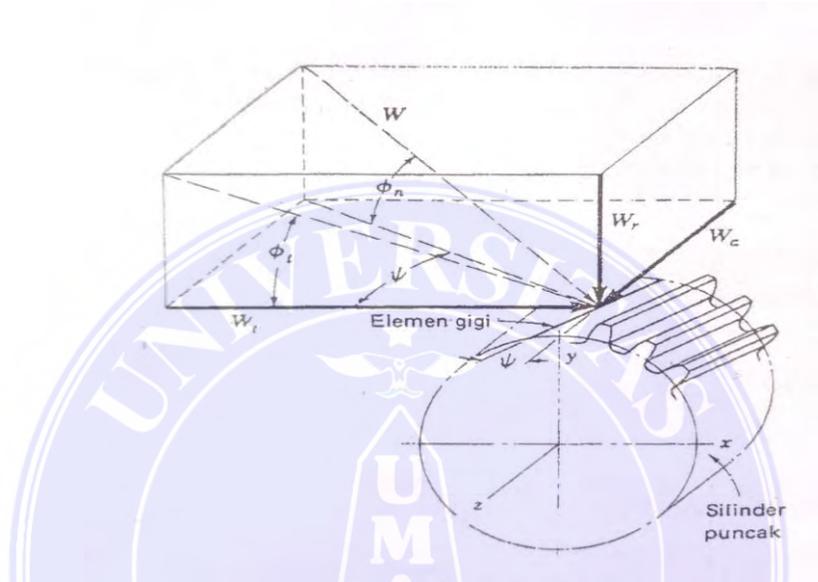
#### 2.2.5 Analisa Roda Gigi Miring

Roda gigi miring adalah suatu elemen mesin yang berfungsi untuk mentransfer gaya gerak putar dari suatu poros ke poros yang lain. Roda gigi miring merupakan salah satu transmisi yang terbaik diantara sebagai sarana yang ada.

Roda gigi miring dapat mengalami kerusakan berupa gigi patah, aus atau berlubang pada permukaan-nya dan permukaan-nya tergores karena pecahnya selaput minyak pelumas, dalam hal ini perlu direncanakan terhadap kekuatan, lenturan dan tekan permukaan gigi.

1. Analisa Gaya

Titik kerja gaya adalah pada bidang puncak dan pada pusat muka roda gigi, merupakan sebuah pandangan tiga dimensi dari gaya-gaya yang bekerja pada roda gigi miring. (Shigley, 2020). Dapat dilihat pada gambar 2.15. dibawah ini.



Gambar 2.15. Gaya-gaya gigi yang bekerja pada roda gigi miring ke kanan

Dari geometri pada gambar, ketiga komponen dari gaya gigi total (normal)  $w$  adalah:

$$w_r = w \sin \phi_n \dots\dots\dots (2.1)$$

$$w_t = w \cos \phi_n \cos \phi \dots\dots\dots (2.2)$$

$$w_n = w \cos \phi_n \sin \phi \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

$w$  = gaya total

$w_r$  = komponen radial

$w_t$  = komponen tangensial

$w_a$  = komponen aksial

Biasanya  $w_t$  diketahui dan gaya-gaya yang lain dicari. Dalam hal ini, tak sulit menemukan bahwa

$$w_r = w_t \tan \phi_t \dots \dots \dots (2.4)$$

$$w_a = w_t \tan \phi \dots \dots \dots (2.5)$$

$$w = \frac{w_t}{\cos \phi_n \cos \phi} \dots \dots \dots (2.6)$$

### 2.3 Polimer

Polimer merupakan bahan yang sangat bermanfaat dalam dunia teknik, khususnya dalam industri konstruksi. Polimer sebagai bahan konstruksi bangunan dapat digunakan baik berdiri sendiri, misalnya sebagai perekat, pelapis, cat, dan sebagai glazur maupun bergabung dengan bahan lain membentuk komposit. Untuk aplikasi struktur yang memerlukan kekuatan dan ketegaran, diperlukan perbaikan sifat mekanik polimer agar memenuhi syarat. Untuk kebutuhan tersebut, berkembanglah komposit polimer yang disertai penguat oleh berbagai filler di antaranya serat (Kartini et al., 2002).

Polimer adalah material berbentuk rantai molekul Panjang dan berulang. Hasil ini didapatkan dari proses Bernama polimerisasi. Ada berbagai macam polimer. Selain membentuk serta bagaimana proses pembentukannya.

Struktur polimer dibuat dari proses polimerisasi. Metode ini merupakan pembuatan polimer sintesis dengan mengombinasikan berbagai macam molekul

kecil yang disebut monomer. Secara keseluruhan, molekul-molekul kecil itu dikombinasikan hingga menjadi satu rantai molekul dengan ikatan kovalen. Rantai monomer dari hasil proses polimerisasi disebut sebagai *makromolekul* bisa mengandung ratusan ribu monomer. Hasil yang didapatkan juga pasti berkualitas tinggi dan layak untuk digunakan dalam industry.

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.

Polimer memiliki jenis-jenis sebagai berikut:

1. Jenis polimer berdasarkan jumlah *monomer*

Ada homopolymer yang merupakan polimer hasil produksi satu tipe monomer saja, yaitu propilena. Kemudian kopolimer yang dibentuk berdasarkan lebih dari satu monomer.

2. Jenis polimer berdasarkan reaksi terhadap pemanasan

Ada termoplastik yang merupakan polimer dengan kemampuan dilebur ulang melalui pemanasan sehingga dapat kembali seperti bentuk semula. Produksinya dimulai dengan pembentukan menjadi biji plastic, lalu dipanaskan sampai mampu dibentuk menjadi berbagai produk.

3. Jenis polimer berdasarkan metode pembentukannya

Berdasarkan metode pembentukannya, polimer memiliki dua jenis, yaitu polimer adisi dan polimer kondensasi. Polimer adisi terbentuk dari proses penambahan unit monomer secara terus menerus. Sebaliknya, polimer kondensasi

terbentuk melalui gabungan molekul-molekul kecil berdasarkan reaksi yang melibatkan gugus fungsi. Molekul kecil itu sendiri dapat terlepas ataupun tidak.

### 2.3.1 Kelebihan Bahan Polimer

Bahan polimer memiliki sifat-sifat intrinsik yang amat berguna pada pembuatan produk-produk baru. Manfaat yang paling menonjol adalah berat jenis yang rendah sehingga memudahkan instalasi dan transportasinya, dan akhirnya dapat menurunkan biaya produksi. Selain itu, tentu saja ketahanannya pada korosi, yang amat diperlukan pada pembuatan benda atau bangunan yang didisain agar tahan lama. Kelebihan lainnya adalah luasnya spektrum variasi polimer dilihat dari sifat fisik dan mekanik, kemudahan untuk dibentuk, diisi, dan diwarnai.

### 2.3.2 Kekurangan bahan polimer

Adapun kekurangan bahan polimer antara lain sebagai berikut:

1. Rentan panas yang terbatas
2. Tidak terlalu kuat sehingga dapat rusak, retak dan tergores
3. Mudah terbakar serta susah terurai (*nondegradable*)

## 2.4 Keausan Roda Gigi

Keausan (*wear*) adalah hilangnya materi dari permukaan benda padat sebagai akibat dari gerakan mekanik. Keausan umumnya sebagai kehilangan materi yang timbul sebagai akibat interaksi mekanik dua permukaan yang bergerak sliding dan dibebani. Ini merupakan fenomena normal yang terjadi jika dua permukaan saling bergesekan, maka akan ada keausan atau perpindahan materi. Keausan dapat

dipengaruhi oleh faktor pembebanan, pelumasan, panjang lintasan, dan sifat dari material tersebut.

Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya. Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah dengan pengujian laju keausan. Pengujian laju keausan dinyatakan dengan jumlah kehilangan/pengurangan material tiap satuan luas bidang kontak dan lama pengausan (Suhardiman & Syaputra, 2017).

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

#### 2.4.1 Macam macam keausan

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. 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:

a. *Adhesive wear* (Keausan *Adhesif*)

Keausan adhesif adalah salah satu jenis keausan yang disebabkan oleh terikat dan berpindahnya 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*.

b. *Abrasive wear*

Keausan abrasif disebabkan oleh hilangnya material dari permukaan sebuah benda oleh material lain yang lebih keras. Ada dua kategori keausan ini, yaitu:

1. *Two body abrasion*

Keausan ini disebabkan oleh hilangnya material karena proses rubbing (penggarukan) oleh material lain yang lebih keras dibanding material yang lain. Sehingga material yang lunak akan terabrasi. Contohnya pada proses permesinan, antara lain cutting, atau turning.

2. *Three body abrasion*

Aus yang disebabkan proses galling sehingga serpihan hasil gesekan yang terbentuk (debris) mengeras serta ikut berperan dalam hilangnya material karena proses gesekan yang terjadi secara berulang-ulang. Jadi pengertian “tiga benda” disini adalah dua material yang saling bergesekan dan sebuah benda serpihan hasil

gesekan. Sedangkan pada keausan “dua benda”, debris atau serpihan hasil gesekan tidak ada.

c. *Tribo chemical wear*

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. Keausan jenis ini akan menyebabkan korosi pada logam. Interaksi antara agen korosif dan permukaan yang rusak seperti terlihat dalam.

d. *Surface fatigue wear*

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. Ketidakempurnaan 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.

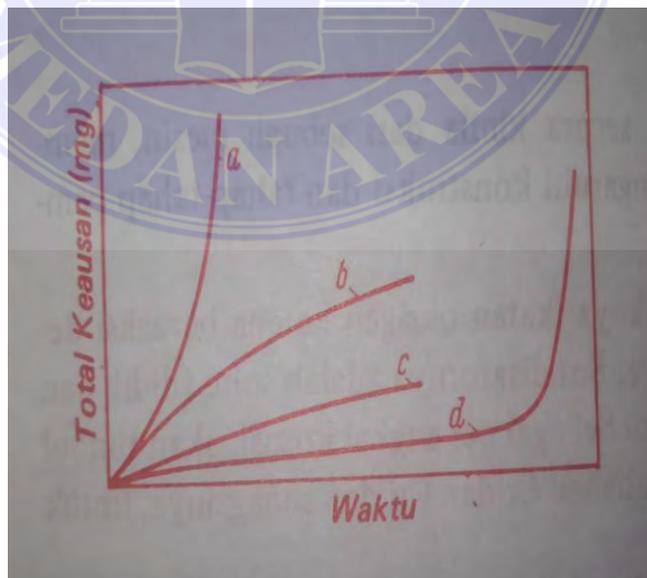
#### 2.4.2 Tanda-tanda keausan

Dalam keausan luncur dapat timbul permukaan kasar atau butir-butir halus karena oksidasi dan juga terjadi diformasi plastis dan lepasnya lapisan

diper permukaan. Debu korosi dapat ikut tersisip diantara dua bagian lurus. Tanda-tanda seperti deformasi plastis, retak (*crack*), pitting, kepingan yang berlapis yang rapuh, bekas karena benda-benda asing menunjukkan terjadinya keausan rol.

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi keausan.
  - a. Dari pasangan (karakteristik dari bahan pasangan tersebut bentuk, kelicinan, kepadatan dan kekerasan permukaan).
  - b. Dari bahan perantara (fluida, butir debu, butir *abrasi*).
  - c. Dari bahan khusus (gas, udara).
  - d. Dari pergerakan (macam Gerakan dan kecepatan).
  - e. Besaran lainnya (suhu).
2. Tendensi dari keausan

Faktor-faktor, pencegah keausan dapat diambil dari kurva keausan terhadap waktu pada (Gambar 2.16), pembebanan kecepatan, pasangan bahan kerja dan kekerasan permukaan.



Gambar 2.16. Fungsi Keausan vs Waktu (*skematis*)

Keterangan:

- a. Keausan luncur dengan tendensi “dimakan”.
- b. Keausan luncur dengan tendensi “penyusutan”.
- c. Keausan karena rol, kering.
- d. Sama dengan c, tapi dengan bahan pelumas (timbul lubang-lubang kecil).

### 2.4.3 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 sambungsn pasak, Gerakan rol bukan gerakan luncur dan hindari gesekan kering.
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.

#### 2.4.4 Analisa keausan

Untuk mendapatkan perhitungan menganalisa keausan dalam sebuah gear sebagai berikut:

$$\text{Keausan} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :  $A_0$  = luas sebelum di uji

$A_1$  = luas setelah diuji

### 2.5 Poros

Poros (keseluruhannya berputar) adalah untuk mendukung suatu momen putar dan mendapat tegangan puntir dan tekuk. 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. Beban poros

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

## 2. Kekuatan poros

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

## 3. Korosi

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

## 4. 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*).

## 2.6 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. Ratio 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. Rodagigi sering digunakan karena dapat meneruskan putaran dan daya yang lebih bervariasi dan lebih kompak daripada menggunakan alat transmisi yang lainnya (Komaladewi & Atmika, 2014).

### 2.6.1 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 Transmission.*
- c) *Planetary Gear Transmission.*

## 2.6.2 Bagian-bagian dan fungsi transmisi roda gigi

Salah satu tujuan digunakannya transmisi roda gigi adalah untuk mengatur putaran motor yang dipindahkan 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 disatukan, banyaknya gear tergantung dengan banyaknya 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*

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

Adapun tempat melaksanakan penelitian saya ini dalam rangka menyelesaikan tugas akhir di laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area, Kampus 1, Jalan kolam. Dan 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 Penelitian Tugas Akhir

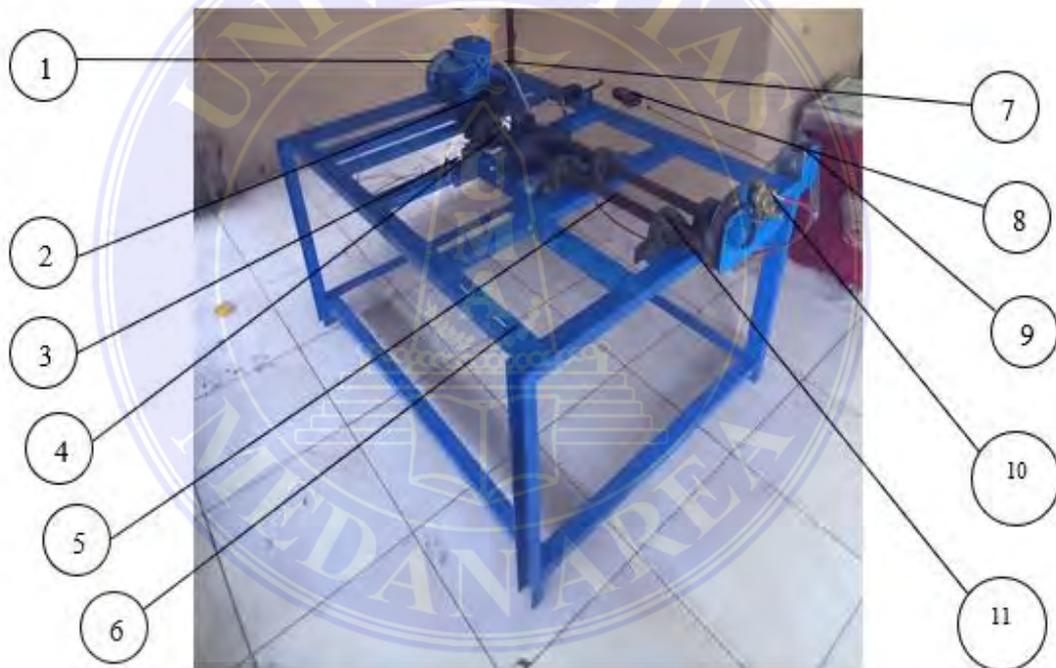
Kegiatan	2022/2023						
	Nov 2022	Des 2022	Jan 2023	Mei 2023	Agus 2023	Nov 2023	Des 2023
Pengajuan Judul	■						
Penulisan Proposal		■					
Penyelesaian Proposal			■				
Seminar Proposal				■			
Persiapan Alat dan Bahan					■		
Pembuatan Rig						■	
Pengujian Rig							■
Analisis Data							
Laporan							
Seminar Hasil							■
Sidang Sarjana							

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Alat

#### 1. Mesin Uji Roda Gigi

Mesin uji roda gigi merupakan alat yang akan digunakan untuk melakukan pengujian roda gigi, mesin ini merupakan hasil yang telah dilakukan sesuai dengan spesifikasi rancangan yang telah dilakukan sebelumnya. Mesin uji roda gigi yang akan dilakukan untuk menguji keausan roda gigi miring bahan polimer dapat dilihat pada gambar 3.1. dibawah ini.



Gambar 3.1. Mesin Uji Roda Gigi Miring

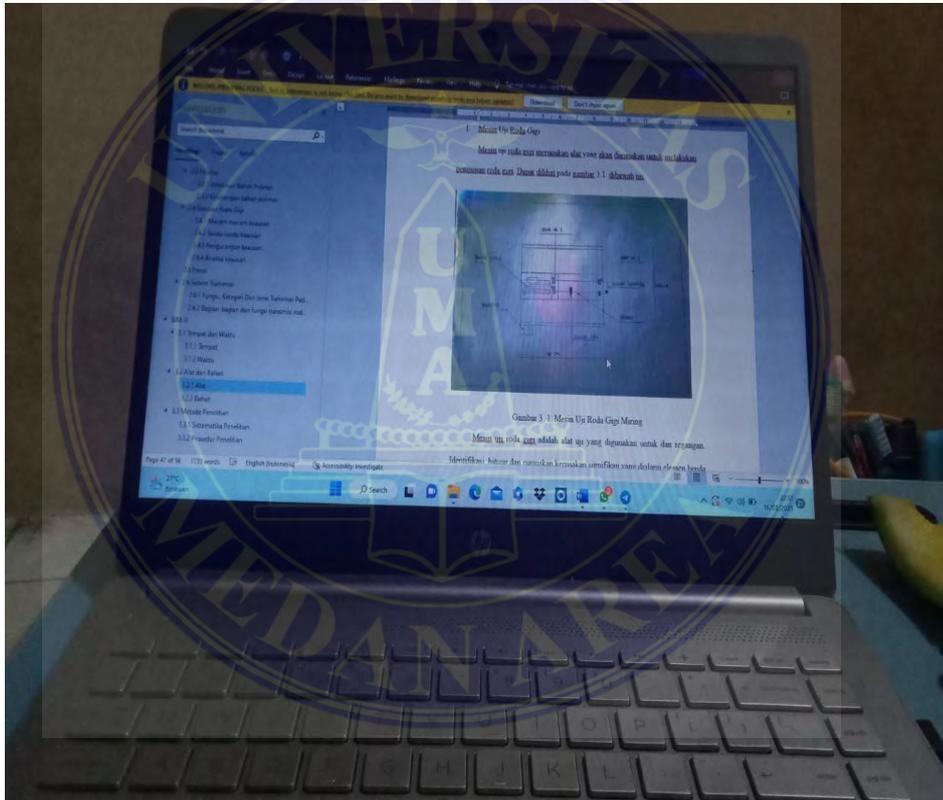
Keterangan gambar:

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

Mesin uji roda gigi adalah alat uji yang digunakan untuk dan regangan. Identifikasi, hitung dan rumuskan kerusakan signifikan yang dialami elemen benda uji (Partama et al., 2020).

## 2. Laptop

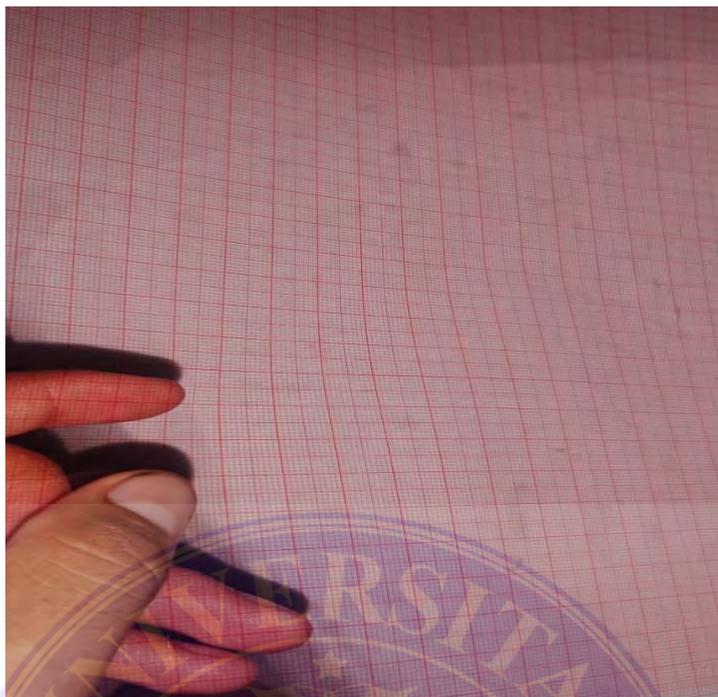
Laptop digunakan pada saat proses pengujian dan dihubungkan dengan arduino uno yang akan menampilkan hasil kecepatan (rpm) dan beban dari load cell yang terjadi saat pengujian. Dapat dilihat pada gambar 3.2. Dibawah ini.



Gambar 3.2. Laptop

## 3. Kertas Mili Meter Transparan

Kertas milimeter digunakan untuk menghitung hasil uji keausan pada roda gigi miring bahan polimer. Kertas milimeter dapat dilihat pada gambar 3.3. Dibawah ini.



Gambar 3.3. Kertas Milimeter

#### 4. *Scanner*

*Scanner* digunakan mengukur roda gigi yang aus. Roda gigi miring bahan polimer akan di scan untuk mengetahui keausan. Dapat dilihat pada gambar 3.4. dibawah ini.



Gambar 3.4. *Scanner*

### 5. *Microscope*

*Microscope* juga digunakan untuk mengukur keausan atau flank pada roda gigi yang telah diuji, alat ini nantinya akan mendapatkan hasil yang lebih maksimal dibandingkan dengan *scanner*. *Mikroskope* dapat dilihat pada gambar 3.5. dibawah ini.



Gambar 3.5. *Microscope*

### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah bahan polimer jenis

*McBlue*

#### a. Polimer *McBlue*

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah polimer jenis *McBlue*.

Dapat dilihat pada gambar 3.6. berikut ini.



Gambar 3.6. Polimer *McBlue*

Sebelumnya telah dilakukan uji tarik pada polimer *McBlue*, adapun hasil uji tarik dapat dilihat pada gambar grafik berikut ini.

Gambar 3.7. Uji tarik polimer *McBlue*

### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu secara metode eksperiment 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. Studi literatur. Dengan mencari dan mengumpulkan sumber-sumber informasi sebagai bahan acuan pembelajaran pada jurnal pendukung, internet, web dan buku dan melakukan diskusi penelitian ini pada dosen pembimbing.
2. Mengobservasi proses keausan dan kelelahan roda gigi dengan sensor putaran dan beban sesuai dengan gambar teknik dan spesifikasi rancangan.
3. Menguji rig uji keausan roda gigi dengan sensor putaran dan beban.

### 3.3.2 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah prosedur pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan dan bahan pembuatan rig uji.
2. Menyiapkan lembar checklist parameter yang akan di uji.
3. Memeriksa dan memastikan pembacaan alat ukur dapat berfungsi dengan baik.
4. Memastikan alat yang digunakan dalam pembuatan rig dapat beroperasi dengan baik.

## 3.4 Populasi Dan Sampel

### 1. Populasi Penelitian

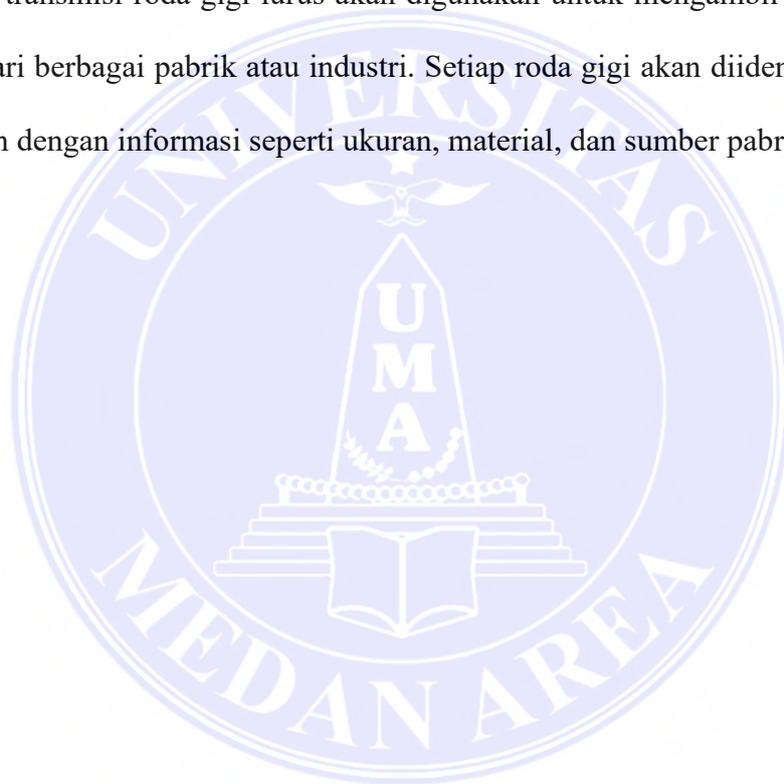
Termasuk dalam populasi penelitian ini adalah berbagai jenis roda gigi lurus yang digunakan dalam sistem transmisi mesin industri di berbagai industri, seperti manufaktur, pertambangan, otomotif, dan lainnya. Populasi ini mencakup berbagai ukuran dan material roda gigi yang digunakan untuk berbagai tujuan.

## 2. Sampel Penelitian

Sampel acak dari populasi di atas akan diambil untuk penelitian ini. Sampel ini akan terdiri dari seratus roda gigi lurus yang dipilih secara acak dari berbagai sektor industri yang telah disebutkan sebelumnya, dan akan mencakup berbagai ukuran dan material roda gigi untuk mencerminkan keragaman dalam populasi.

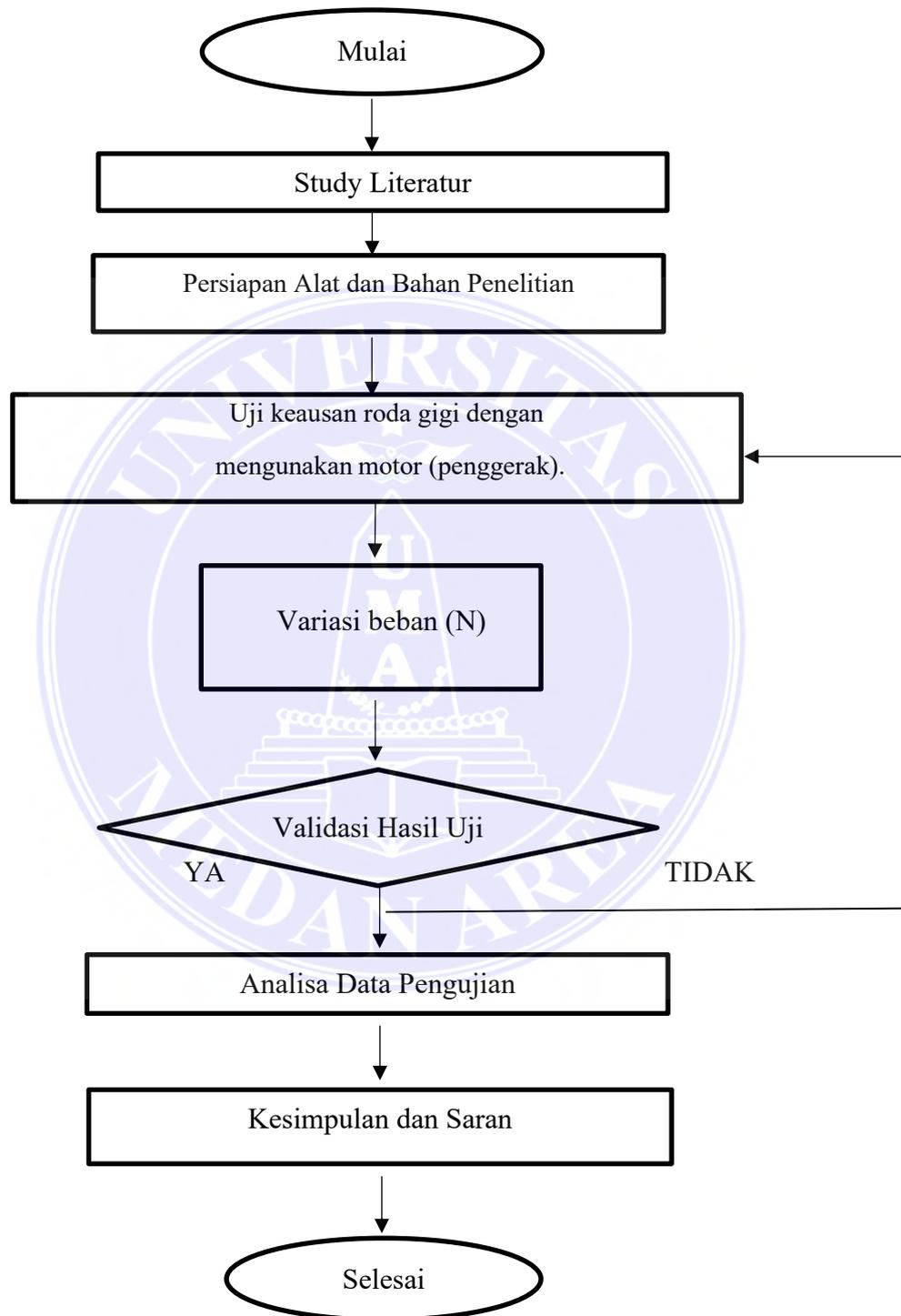
## 3. Pengambilan Sampel:

Sistem transmisi roda gigi lurus akan digunakan untuk mengambil sampel secara acak dari berbagai pabrik atau industri. Setiap roda gigi akan diidentifikasi secara terpisah dengan informasi seperti ukuran, material, dan sumber pabriknya.



### 3.5 Diagram alir penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.8. dibawah ini:



Gambar 3.8. Diagram Alir Penelitian

### 3.6 Pengujian dan Pengambilan Data

Tahap pengujian data dilaksanakan setelah seluruh tahap persiapan selesai, adapun tahapan dalam pengujian ini adalah:

a. Tahap persiapan

Persiapan kunci-kunci untuk membuka dan memasang alat uji.

1. Mempersiapkan kunci L, kunci ring, obeng minus dan martil untuk memasang dan mengencangkan poros dan alat uji sebelum melakukan pengujian.
2. Bahan yang di uji dalam pengujian ini adalah roda gigi bahan polimer bahan roda gigi yang telah di pakai atau telah terjadi keausan sebagai alat percobaan alat uji.

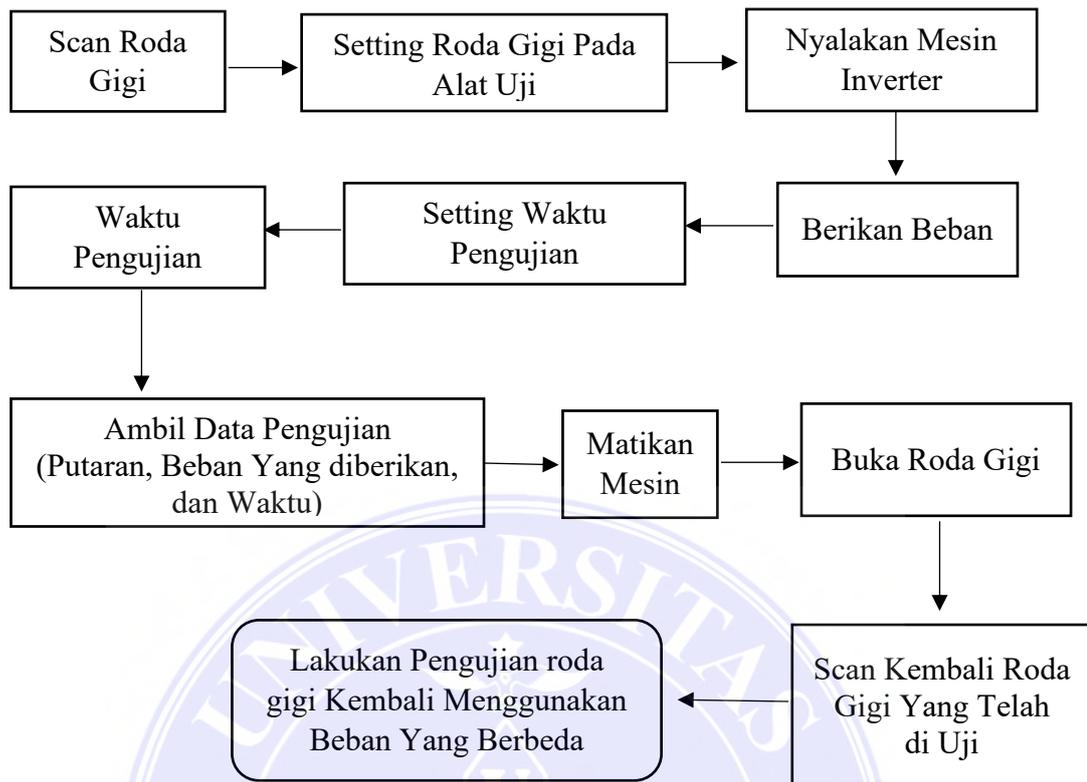
b. Tahap Pengambilan Data

Pengujian yang dilakukan pada alat uji kekuatan roda gigi ialah atas dasar inginnya mengembangkan ilmu pengetahuan, menambah sarana dan prasarana laboratorium universitas medan area dan pengujian dilakukan dengan motor bergerak, sehingga roda gigi bisa berputar.

### 3.7 Prosedur Pengujian Mesin Uji roda Gigi

Pada pengujian ini melakukan uji variasi beban terhadap keausan pada roda gigi miring polimer, untuk melakukan pengujian harus mengikuti prosedur langkah pengujian dengan teliti.

Langkah-langkah pengujian roda gigi miring bahan polimer terdapat pada gambar 3.9. berikut ini.



Gambar 3.9. Langkah-langkah pengujian keausan roda gigi polimer

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian terhadap pengujian keausan pada roda gigi miring polimer, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil identifikasi keausan roda gigi, keausan sering terjadi karena adanya gesekan antara partikel-partikel kecil yang mengakibatkan keausan pada roda gigi akan cepat terjadi.
2. Pengukuran awal sebelum membuat roda gigi miring polimer sangat diperlukan agar hasil pembuatan roda gigi miring bahan polimer sempurna.
3. Setelah percobaan penelitian ini dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa putaran mesin dan pembebanan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap keausan roda gigi miring bahan polimer.
4. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat di simpulkan bahwasanya roda gigi miring polimer tidak cepat mengalami kerusakan (aus).

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian mesin uji keausan roda gigi miring polimer ini. Maka saya dapat menyarankan agar penulis berikutnya dapat mengembangkan lagi alat yang ada didalam laboratorium teknik mesin universitas medan area antara lain sebagai berikut:

1. Bagi penulis yang ingin melanjutkan penelitian tentang uji keausan roda gigi miring ini kedepannya harus memperbaiki / menginovasi sebelum pengujian harus benar-benar di perhatikan bagian dudukan rpm, agar data yang di dapat lebih baik lagi dan sempurna.
2. Memperbaiki bearing dudukan beban agar tidak goyang supaya data yang didapat lebih sempurna.
3. Mengutamakan keselamatan kerja (K3)

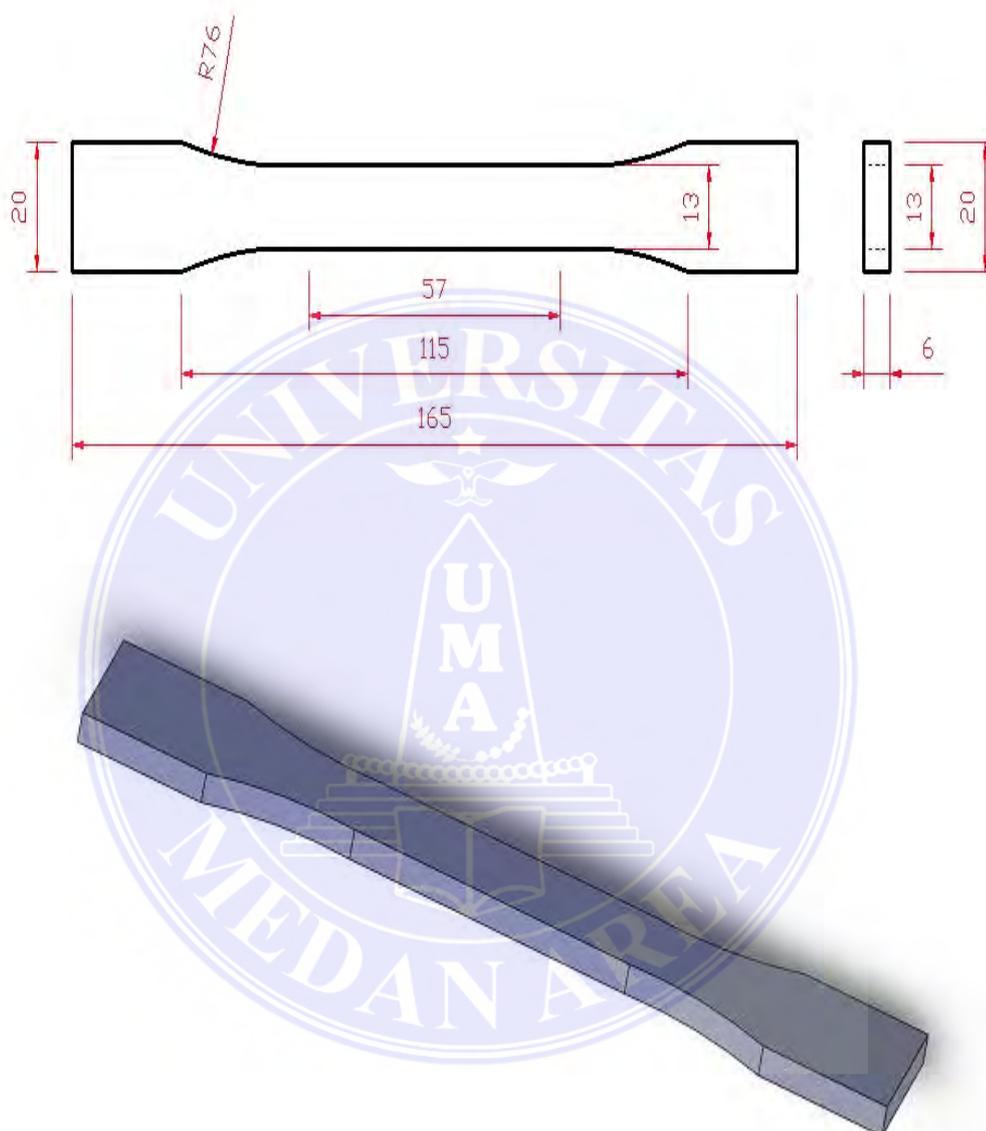


## DAFTAR PUSTAKA

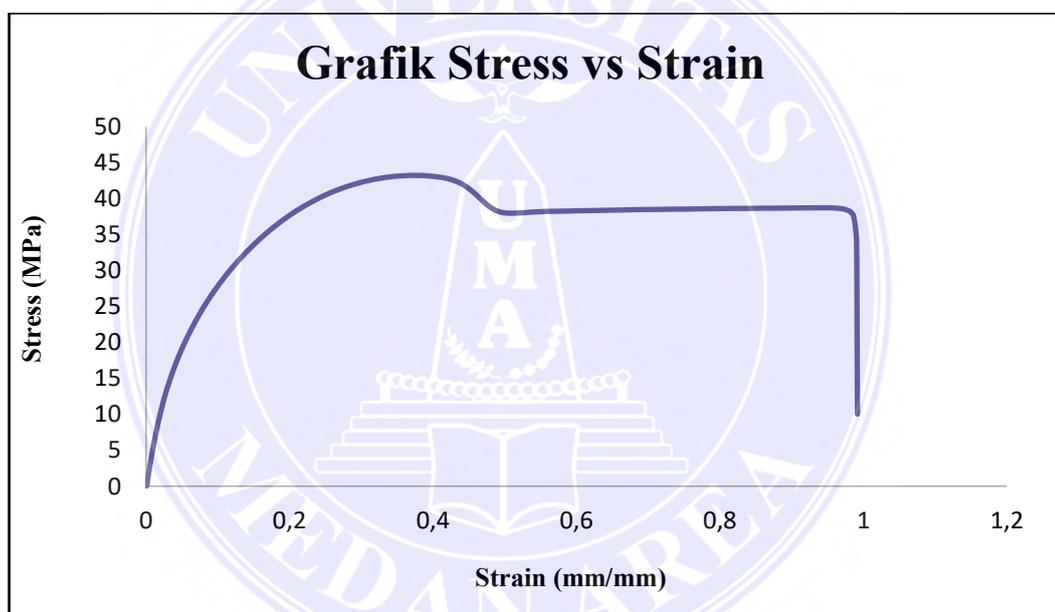
- Alfauzy, A. S. (2019). Pembuatan Roda Gigi Dari Bahan Serbuk Logam Tembaga Dan Aluminium Dengan Proses Kompaksi. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(3), 121. <https://doi.org/10.32497/jrm.v14i3.1641>
- Hantoro, S., & Tiwan, T. (2006). Desain Profil Gigi Roda Gigi Lurus Dengan Sistem Koordinat. *Teknoin*, 11(1), 13–24. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol11.iss1.art5>
- Kartini, R., Darmasetiawan, H., Karo, A. K., & Sudirman. (2002). Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 3(3), 30–38.
- Keausan, A., Gigi, R., Secara, L., & Dengan, M. (2018). *Roda Gigi Lurus Keausan*. 299–305.
- 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.
- Manufaktur, K. D. A. N. (2018). *Tugas sarjana konstruksi dan manufaktur*.
- Niemann, G. (1999). *Elemen mesin (ke-2)*. Erlangga.
- Partama, P., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., & Riau, U. M. (2020). *Rancang Bangun Alat Uji Keausan ( Tribometer ) Dengan Penggerak Motor Tipe XD – 135*. 7(2), 172–181.
- Rullah, A. A., Samudra, B. T., Rizki, F. T., Azharis, V., Prasetyo, J., & Junaidi, J. (2019). *Analisis Karakteristik Roda Gigi Miring Pada Transmisi*. March, 1–6.
- Shigley, J. E. (2020). *Perencanaan Teknik Mesin (ke-4)*. Erlangga.
- Stolk, ir. J., & Kros, ir. C. (2018). *Elemen Mesin (ke-21)*. Erlangga.
- Suhardiman, & Syaputra, M. (2017). Analisa Keausan Kampas Rem Non Asbes Terbuat Dari Komposit Polimer Serbuk Padi dan Tempurung Kelapa. *Jurnal Invotek Polbeng*, 07(2), 210–214.
- Sutanto, H., Studi, P., Teknik, M., Universitas, M., Indonesia, K., & Jaya, A. (2017). *Analisis Tegangan Roda Gigi Miring pada Transmisi Kendaraan Roda Empat berdasarkan AGMA dan ANSYS*. 12(1), 17–25.
- Widodo, A., & Satrijo, D. (2014). Deteksi Kerusakan Roda Gigi Dengan Analisis Sinyal Getaran Berbasis Domain Frekuensi. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(3), 175–181.

## LAMPIRAN

### Uji Tarik Spesimen



Luas penampang	: 78 mm
Panjang	: 60 mm
Lebar	: 13 mm
Tebal	: 6 mm



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