

**PENYELIDIKAN KEAUSAN RODA GIGI MIRING BAHAN
POLYFORMALDEHYDE DENGAN KONDISI KERING
DAN TERLUMASI**

SKRIPSI

**OLEH:
EDO GUSNANDAR
198130004**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/2/25

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

**PENYELIDIKAN KEAUSAN RODA GIGI MIRING BAHAN
POLYFORMALDEHYDE DENGAN KONDISI KERING
DAN TERLUMASI**

SKRIPSI

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

Oleh:

EDO GUSNANDAR

198130004

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

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Proposal : Penelitian Keausan Roda Gigi Miring Bahan
Polyformaldehyde Dengan Kondisi Kering dan
Terlumasi
Nama Mahasiswa : Edo Gusnandar
NIM : 198130004
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Muhammad Yusuf Rahmansvah Siahaan, S.T., M.T
Pembimbing


Dr. Edo Sunnatga, S.T., MT
Rekan
FAKULTAS TEKNIK


Dr. Iswandi, S.T., M.T
Ka. Prodi

HALAMAN PERNYATAAN

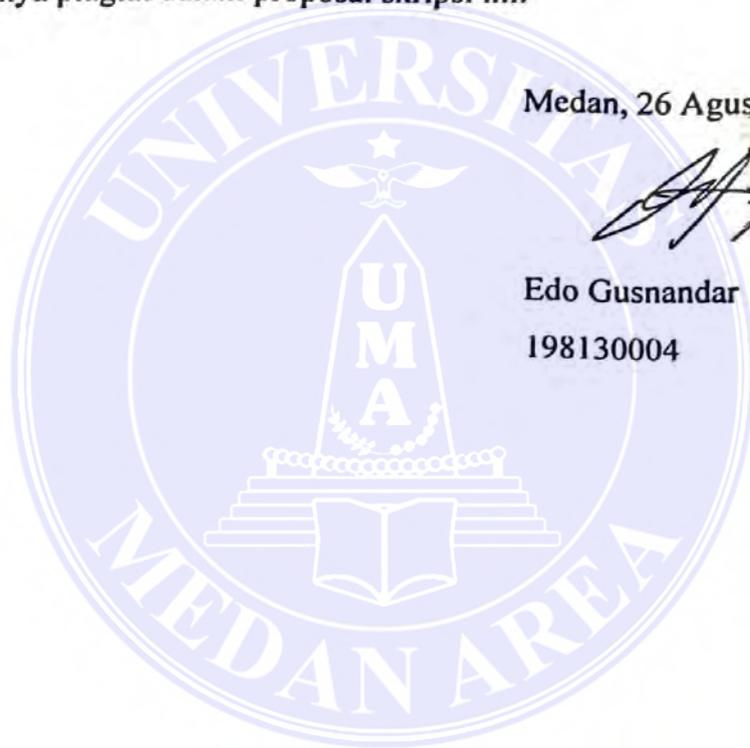
Saya menyatakan bahwa proposal skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan proposal skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma,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

Medan, 26 Agustus 2024



Edo Gusnandar
198130004



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

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

Nama : Edo Gusnandar

NPM : 198130004

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 karya ilmiah saya yang berjudul :

“Penyelidikan Keausan Roda Gigi Miring Bahan *Polyformaldehyde* Dengan Kondisi Kering dan Terlumasi”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas *Royalti Noneksklusif* ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih *media/format*-kan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada Tanggal : 26 Agustus 2024

Yang menyatakan



(Edo Gusnandar)

ABSTRAK

Roda gigi miring dari bahan polyformaldehyde (POM) digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi industri karena sifat mekanisnya yang baik, tahan keausan, dan kestabilan dimensinya. Namun, performa roda gigi ini dapat dipengaruhi oleh beban yang diterapkan selama operasionalnya. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan menganalisis pengaruh variasi beban terhadap keausan dan putaran roda gigi miring dari bahan polyformaldehyde. 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. Dua set data pengujian telah dikumpulkan dengan rasio beban 1:1 dan 1:0,75. Pada pengujian pertama dengan rasio beban 1:1, roda gigi diuji pada beban 0 N, 0,08 N, 0,16 N, 0,24 N, dan 0,32 N dengan hasil putaran berturut-turut 1340 rpm, 1260 rpm, 1180 rpm, 1050 rpm, dan 940 rpm. Pengujian kedua dengan rasio beban 1:0,75 menunjukkan hasil putaran pada beban yang sama berturut-turut 1380 rpm, 1310 rpm, 1230 rpm, 1120 rpm, dan 1010 rpm. Hasil analisis menunjukkan adanya penurunan putaran roda gigi seiring dengan peningkatan beban pada kedua rasio beban yang diuji. Namun, pengujian dengan rasio beban 1:0,75 menunjukkan putaran yang lebih tinggi pada setiap tingkat beban dibandingkan dengan pengujian rasio beban 1:1. Penelitian ini memberikan wawasan mengenai bagaimana variasi beban mempengaruhi performa roda gigi miring dari bahan polyformaldehyde, yang dapat digunakan untuk optimalisasi desain dan operasional dalam aplikasi industri.

Kata Kunci : Keausan, Roda Gigi Polimer, Pengujian Roda Gigi

ABSTRACT

Helical gears made from polyformaldehyde (POM) are widely used in various industrial applications due to their good mechanical properties, wear resistance, and dimensional stability. However, the performance of these gears can be affected by the load applied during their operation. This study aims to test and analyze the effect of load variation on the wear and rotation of helical gears made from polyformaldehyde. The method used in this research is an experimental method, which involves creating or setting actions and observations to determine the cause of wear on the gears being studied. Two sets of test data were collected with load ratios of 1:1 and 1:0.75. In the first test with a load ratio of 1:1, the gears were tested under loads of 0 N, 0.08 N, 0.16 N, 0.24 N, and 0.32 N with resulting rotations of 1340 rpm, 1260 rpm, 1180 rpm, 1050 rpm, and 940 rpm, respectively. The second test with a load ratio of 1:0.75 showed rotations under the same loads of 1380 rpm, 1310 rpm, 1230 rpm, 1120 rpm, and 1010 rpm, respectively. The analysis results indicate a decrease in gear rotation as the load increases for both tested load ratios. However, the test with a load ratio of 1:0.75 showed higher rotations at each load level compared to the test with a load ratio of 1:1. This study provides insights into how load variation affects the performance of helical gears made from polyformaldehyde, which can be used for design and operational optimization in industrial applications.

Keywords: *Wear, Polymer Gears, Gear Testing*

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan Pada tanggal 23 Agustus 2001 dari bapak Suhardi dan ibu Nurhaida. Penulis merupakan putra kesatu dari empat bersaudara.

Tahun 2019 Penulis lulus dari SMK Multi Karya Medan dan terdaftar sebagai mahasiswa Universitas Medan Area pada tahun 2019.

Pada tahun 2022, Penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PT Asanta.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karunia-Nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini adalah keausan roda gigi dengan judul Penyelidikan Keausan Roda Gigi Miring Bahan *Polyformaldehyde* Dengan Kondisi Kering dan Terlumasi.

Terima kasih penulis sampaikan kepada bapak Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan S.T., M.T., selaku pembimbing yang telah banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis selama proses pengerjaan penelitian ini. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada rekan-rekan satu tim dan teman-teman seangkatan yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

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

Penulis



Edo Gusnandar

198130004

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesis Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Roda Gigi.....	5
2.2. Mc Blue.....	14
2.3. Teflon.....	15
2.4. Polyethylene (PE).....	16
2.5. POM (Polyformaldehyde)	17
2.6. Perilaku Keausan.....	20
2.7. Pelumasan	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Waktu dan Tempat	31
3.2 Bahan dan Alat.....	32
3.3 Metode Penelitian.....	36
3.4 Populasi dan Sampel	38
3.5 Prosedur Pengujian Roda Gigi	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1. Hasil Pembuatan Spesimen Roda Gigi.....	42
4.2. Hasil Pengujian Spesimen Roda Gigi.....	44
4.3. Pembahasan.....	50
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	63
5.1. Simpulan	63
5.2. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Property Spesimen	20
Tabel 3.1. Jadwal Waktu Dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	31
Tabel 3.3. Populasi dan Sampel	38
Tabel 4.1. Data Pembuatan Roda Gigi	44
Tabel 4.2. Ukuran parameter roda gigi miring modul 3 rasio 1:1	45
Tabel 4.3. Ukuran parameter roda gigi miring modul 3 rasio 1:0.75	45
Tabel 4.4. Data hasil pengukuran pengujian massa kondisi kering 1:1	48
Tabel 4.5. Data hasil pengukuran pengujian massa kondisi terlumasi 1:1	49
Tabel 4.6. Data hasil pengukuran pengujian massa kondisi kering 1:0,75	49
Tabel 4.7. Data hasil pengukuran pengujian massa kondisi Terlumasi 1:0,75	50
Tabel 4.8. Hasil Kerusakan Uji Spesimen	60
Tabel 4.9. Hasil Uji SEM Speimen	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Roda Gigi	6
Gambar 2.2. Bagian-Bagian Roda Gigi	8
Gambar 2.3. Roda Gigi Lurus	9
Gambar 2.4. Roda Gigi Cacing	10
Gambar 2.5. Roda Gigi Miring	12
Gambar 2.6. Roda Gigi Helix	12
Gambar 2.7. Jenis-Jenis Roda Gigi Miring	13
Gambar 2.8. Roda Gigi Rak Pinion	14
Gambar 2.9. Roda Gigi Kerucut Spiral	14
Gambar 2.10. Profil Material Mc Blue (Monomer Casting Blue)	15
Gambar 2.11. Profil Material Teflon PTFE (Polytetrafluoroethylene)	16
Gambar 2.12. Profil Material Polyethylene (PE)	17
Gambar 2.13. Profil Material POM (Polyoxymethylene)	20
Gambar 2.14. Keausan Adhesif	22
Gambar 2.15. Keausan Abrasif	23
Gambar 2.16. Two Body Abrasion	23
Gambar 2.17. Three Body Abrasion	24
Gambar 2.18. Tribo Chemical Wear	24
Gambar 2.19. Surface Fatigue Wear	25
Gambar 3.1. Bahan Polyformaldehyde (POM)	32
Gambar 3.2. Pelumas Oli SGMW API GL-5	32
Gambar 3.3. Mesin Uji Keausan	33
Gambar 3.4. Laptop	33
Gambar 3.5. Kertas Milimeter	34
Gambar 3.6. Scanner	34
Gambar 3.7. Thermogun	35
Gambar 3.8. Tachometer	35
Gambar 3.9. Timbangan Digital	36
Gambar 3.10. Spesimen Roda Gigi Miring Modul 3, Rasio 1:1	37
Gambar 3.11. Spesimen Roda Gigi Miring Modul 3, Rasio 1:0,75	38
Gambar 3.12. Prosedur Pembuatan Roda Gigi	40
Gambar 3.13. Prosedur Pengujian Keausan Roda Gigi	40
Gambar 3.14. Diagram Alir	41
Gambar 4.1. Mesin Milling	43
Gambar 4.2. Roda gigi miring POM modul 3 rasio 1:1	43
Gambar 4.3. Roda gigi miring POM modul 3 rasio 1:0,75	44
Gambar 4.4. Pengujian tempratur roda gigi miring bahan Polyformaldehyde	45
Gambar 4.5. Grafik pengujian tempratur kondisi kering rasio 1:1 modul 3	46
Gambar 4.6. Grafik pengujian tempratur kondisi terlumasi rasio 1:1 modul 3	46
Gambar 4.7. Grafik pengujian tempratur kondisi kering rasio 1:0,75 modul 3	47
Gambar 4.8. Grafik pengujian tempratur kondisi kering rasio 1:0,75 modul 3	47
Gambar 4.9. Grafik Temperature Driver	51

Gambar 4.10.	Grafik Temperature Driven	52
Gambar 4.11,	Grafik Keausan modul 3 rasio 1:1 kondisi kering	54
Gambar 4.12.	Grafik Keausan modul 3 rasio 1:0,75 kondisi kering	55
Gambar 4.13.	Grafik Keausan modul 3 rasio 1:1 kondisi terlumasi	56
Gambar 4.14.	Grafik Keausan modul 3 rasio 1:0,75 kondisi terlumasi	57



DAFTAR NOTASI

A_0	= Luas awal (mm)
A_1	= Luas akhir (mm)
D_g	= Diameter lingkaran kaki (mm).
D_k	= Diameter lingkaran kepala (mm)
σ_b	= Kekuatan Tarik (Mpa/N)
τ_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 (kg/mm^2)
T	= Torsi (Nm)
w	= Beban per satuan panjang (kg/mm)
Z	= Jumlah Gigi (mm)
l	= Panjang poros (mm)



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 kaitannya dengan transmisi roda gigi. Pada saat ini mesin-mesin modern dirancang untuk berjalan secara otomatis. Umumnya mesin mesin 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.

Diera globalisasi peran roda gigi dalam kendaraan maupun dunia industri sangat penting dalam menghubungkan atau meneruskan putaran, daya yang dihasilkan dari proses *energy kinetic* menjadi *energy* mekanik. Sehingga dengan kemajuan teknologi, ilmu pengetahuan dan pertumbuhan penduduk maka tidak berhentinya manusia mengembangkan teknologi baru yang berbagai macam tipe dan lebih modern. Roda gigi bagian yang tidak dapat dipisahkan pertumbuhan dan peningkatan industri permesinan karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan produksi mesin. Dalam merancang suatu mesin banyak faktor yang harus di perhatikan seperti mulai dari perancangan roda gigi hingga pemilihan bahan yang tepat untuk menghasilkan gear yang kuat (Siregar et al., 2019).

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.

Keausan pada roda gigi miring *polyformaldehyde* dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk tekanan, gesekan berlebihan, suhu tinggi, dan paparan zat kimia tertentu. Oleh karena itu, perawatan dan pemeliharaan yang baik perlu diterapkan untuk memperpanjang umur pakai roda gigi miring. Untuk mengurangi keausan pada roda gigi miring *polyformaldehyde*, penting untuk memilih bahan *polyformaldehyde* berkualitas tinggi, memberikan pelumasan yang sesuai, menghindari beban berlebihan, dan memastikan penggunaan yang sesuai dalam berbagai aplikasi. Maka dari itu dalam penelitian tugas akhir ini, akan dilakukan proses penyelidikan untuk mengetahui tingkat keausan roda gigi miring bahan

polyformaldehyde dengan kondisi kering dan terlumasi dengan tujuan untuk mengidentifikasi keausan roda gigi miring bahan *polyformaldehyde* dengan kondisi kering dan terlumasi.

Penyelidikan keausan roda gigi dilatarbelakangi oleh karena belum pernah dilakukan di Universitas Medan Area. Dengan dibuatnya penyelidikan keausan ini, diharapkan penelitian ini bisa menambah wawasan bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area. Pada saat ini penelitian terhadap keausan roda gigi masih sangat jarang dilakukan orang, dan alat untuk penelitian tersebut masih jarang ditemukan, contohnya di kampus Universitas Medan Area.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang masalah, terdapat objek yang berhubungan pada penelitian ini diantaranya:

- a) Bagaimana menganalisis pengaruh putaran yang bervariasi terhadap uji keausan spesimen roda gigi miring bahan *polyformaldehyde*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian diperlukan untuk menghindari pembahasan atau pengkajian yang tidak terarah dan agar dalam pemecahan masalah dapat dengan mudah dilaksanakan. Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

- a) Membuat spesimen roda gigi miring bahan *polyformaldehyde* untuk pengujian keausan dengan variasi putaran.

- b) Menguji keausan pada roda gigi miring bahan *polyformaldehyde* dengan variasi putaran.
- c) Menganalisis pengaruh putaran terhadap keausan roda gigi miring bahan *polyformaldehyde*.

1.4 Hipotesis Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca tentang tanda-tanda terjadinya keausan yang terjadi pada roda gigi miring bahan *polyformaldehyde*. Harapannya roda gigi miring bahan *polyformaldehyde* ini mampu memberikan ketahanan yang lebih baik dibandingkan dengan roda gigi bahan yang lain terutama bahan baja.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yakni:

- a) Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca tentang keausan pada roda gigi miring bahan *polyformaldehyde*.
- 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 miring bahan *polyformaldehyde*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Roda Gigi

Roda gigi adalah salah satu komponen penting dalam dunia mekanika, digunakan untuk meningkatkan atau menurunkan torsi, merubah arah gerak serta mentransmisikan daya dari suatu sistem gerak. Roda gigi merupakan suatu elemen mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya dan putaran poros sehingga sistem mekanisme pada mesin dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. 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 (Raharja, 2018).

Roda gigi memiliki kelebihan dibandingkan dengan transmisi lain yaitu:

1. Sistem transmisinya lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan daya yang besar.
2. Sistem yang kompak sehingga konstruksinya sederhana kemampuan menerima beban lebih tinggi.
3. Transmisi roda gigi cenderung memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan transmisi sabuk atau rantai. Karena roda gigi mentransfer daya tanpa adanya gesekan yang signifikan, kehilangan daya akibat gesekan dapat diminimalkan.

Roda gigi dapat dilihat oleh gambar 2.1:



Gambar 2.1. Roda Gigi

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 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 Gigi-gigi ini bersilangan dan berinteraksi untuk mentransfer gerakan rotasi dari satu poros ke poros lainnya. Transmisi ini umumnya digunakan dalam aplikasi di mana perbandingan gigi sangat tinggi diperlukan (Hantoro, 2006).

2.1.2. Klasifikasi Roda Gigi

a. 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 (Sularso, 2004).

b. Menurut Arah Putaran

Menurut arah Putarannya, roda gigi dapat di bedakan atas:

1. Roda gigi luar; arah putarannya berlawanan.
2. Roda gigi dalam dan pinion; arah putaran sama (Sularso, 2004).

2.1.3. Bagian-Bagian Roda Gigi

Nama-nama bagian utama Roda gigi diberikan dalam gambar. Adapun ukurannya dinyatakan dengan diameter lingkaran jarak bagi, yaitu Lingkaran hayal yang menggelinding tana slip. Ukuran gigi dinyatakan dengan jarak bagi lingkaran yaitu jarak sepanjang lingkaran jarak bagi antara profil dua gigi yang berdekatan (Edward, 2020).



Gambar 2.2. Bagian-Bagian Roda Gigi

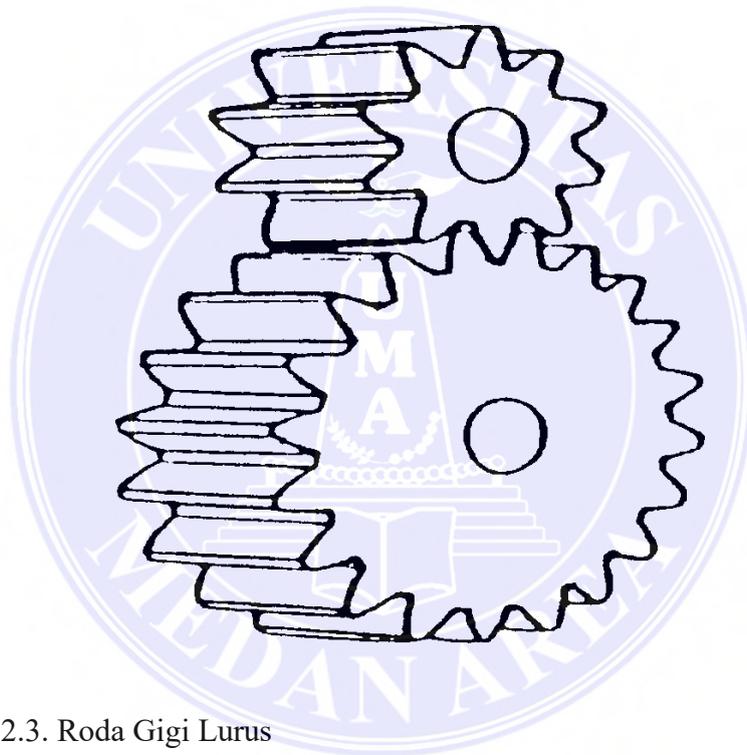
Berikut adalah nama-nama bagian dari roda gigi dari gambar diatas berikut ini :

1. Diameter pitch 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 (Maros, 2016).

2.1.4. 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 (Sularso, 2004). Roda gigi lurus terdiri dari silinder atau piringan dengan gigi-gigi yang terbentuk secara radial/berporos. Ujung dari gigi-gigi tersebut berbentuk lurus dan tersusun paralel terhadap aksis.



Gambar 2.3. Roda Gigi Lurus

b. Roda Gigi Cacing

Roda gigi cacing menyerupai screw berbentuk batang yang dipasangkan dengan roda gigi biasa atau spur. Roda gigi cacing merupakan salah satu gigi termudah yang digunakan untuk mendapatkan rasio torsi yang tinggi namun kecepatan putar gigi rendah. Namun, kekurangan dari pemakaian roda gigi cacing adalah adanya gesekan pada roda gigi cacing yang mengakibatkan efisiensi yang rendah sehingga roda gigi harus diberi pelumas.



Gambar 2.4. Roda Gigi Cacing

c. 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, 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° (tetapi mungkin tidak sama dengan 90°). Mirip dengan roda gigi silinder, roda gigi miring memiliki kerucut pengindeksan, kerucut addendum, kerucut akar gigi, dan kerucut dasar

Adapun perhitungan roda gigi sebagai berikut dibawah ini:

a. Modul

$$dp = m.z \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana : m = Modul (mm)
 dp = Diameter Pitch (mm)
 z = Jumlah Gigi

b. Diameter Pitch

$$dp = da - 2.m \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana : dp = Diameter Pitch (mm)
 da = Diameter Addendum
 m = Modul (mm)

c. Addendum

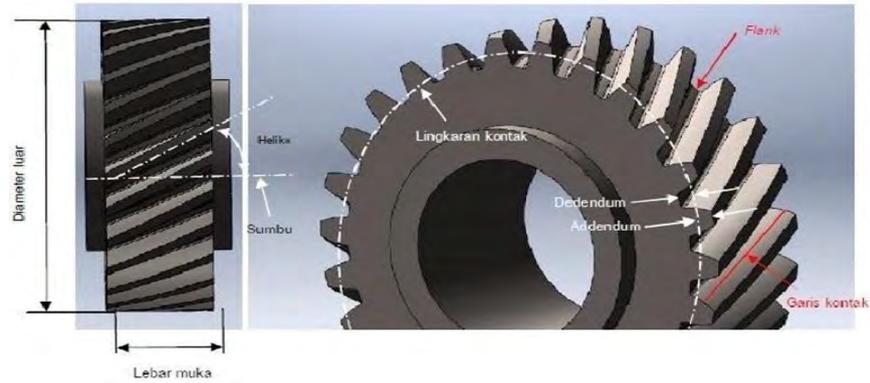
$$h_a = m \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana : h_a = Tinggi Addendum (mm)
 m = Modul (mm)

d. Dedendum

$$h_f = 1,25.m \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana : h_f = Dedendum (mm)
 m = Modul (mm)



Gambar 2.5. Roda Gigi Miring

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 2.6 berikut ini:



Gambar 2.6. 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 pN . normal *pitch* dapat juga didefinisikan sebagai *circular pitch* pada bidang normal yang tegak lurus terhadap gigi.

1. Jenis-Jenis Roda Gigi Miring

Beberapa jenis roda gigi miring diantaranya: (Wilian, 2018)

- a. Roda gigi miring biasa
- b. Roda gigi miring silang. 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.

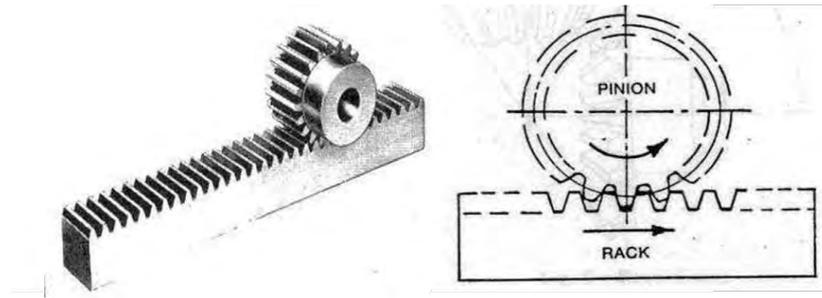
Jenis-jenis roda gigi miring dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.7. Jenis-Jenis Roda Gigi Miring

2. Roda Gigi Rack dan Pinion

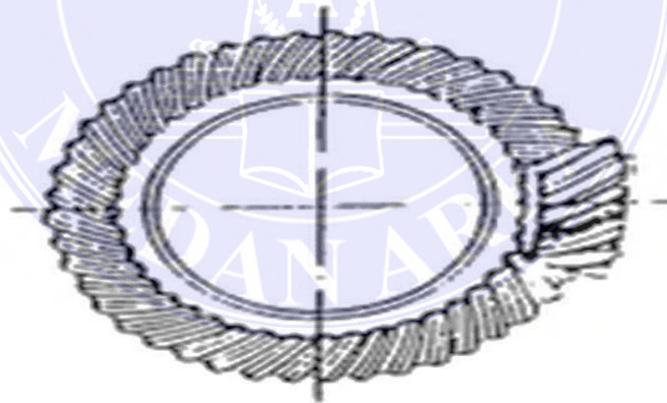
Roda gigi rack merupakan roda gigi dengan gigi-gigi yang dipotong lurus. Sedangkan roda gigi penggeraknya dinamakan pinion. Roda gigi ini bertujuan untuk merubah gerak puitar roda gigi menjadi gerak lurus. Pinion pada umumnya mempunyai jumlah gigi dan ukuran yang lebih kecil dengan gigi lurus ataupun 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. Berikut roda gigi rack dan pinion dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Roda Gigi Rak Pinion

3. Roda Gigi Kerucut Spiral

Roda gigi kerucut spiral adalah jenis roda gigi yang memiliki gigi-gigi yang dibentuk seperti spiral mengelilingi permukaan kerucut. Ini adalah bentuk spesifik dari roda gigi kerucut yang memberikan keunggulan tertentu dalam aplikasi tertentu. Karena mempunyai perbandingan kontak yang lebih besar, dapat meneruskan tinggi dan beban besar. Contoh penggunaannya pada *grab winch*, *hand winch*, dapat dilihat pada gambar



Gambar 2.9. Roda Gigi Kerucut *Spiral*

2.2. Mc Blue

Nilon *Mc blue* adalah sejenis polimer yang dibuat melalui metode pemangkin-alkali anion (pempolimeran rantai terbuka) dan berasal dari poliamida. Nilon *Mc blue* menonjol dengan kekuatan mekanikal yang superior dan

kemampuan pelumasan mandiri yang sangat baik. Polimer ini umumnya digunakan dalam pembuatan gear, bola, dan bantalan. Nilon *Mc blue* semakin populer dalam industri manufaktur dan sering kali menggantikan peran bahan logam seperti tembaga, aluminium, dan baja. "Mc" merupakan singkatan dari "Monomer casting" dan tersedia dalam berbagai warna, termasuk hitam, putih gading, merah, dan juga biru. *MC Blue* adalah poliamida yang dihasilkan melalui proses pengecoran. Proses ini memungkinkan produksi material yang bebas dari tekanan internal (*Internal Stress*) sehingga mempunyai properti yang lebih baik daripada *Nylon* yang dihasilkan dengan metode lain.



Gambar 2.10. Profil Material *Mc Blue* (*Monomer Casting Blue*)

2.3. Teflon

Teflon adalah merek dagang dari politetrafluoroetilena (PTFE), yang merupakan salah satu jenis polimer fluorokarbon. Ini adalah materi serbaguna yang dikenal karena sifat non-stick, tahan panas, dan ketahanan kimia tinggi. Berikut beberapa karakteristik utama Teflon :

1. *Non-Stick* (Anti-Lengket): Permukaan Teflon sangat halus dan tidak lengket, membuatnya ideal untuk penggunaan di mana perlu gesekan dan ketidaktergantungan adalah faktor penting.

2. Tahan Panas: Teflon memiliki ketahanan panas yang baik. Ini dapat menahan suhu tinggi tanpa mengalami degradasi atau pelelehan.
3. Ketahanan Kimia: Teflon tahan terhadap banyak zat kimia yang umumnya digunakan dalam rumah tangga dan industri.
4. Isolator Listrik: Teflon memiliki sifat isolatif yang baik, sehingga sering digunakan sebagai bahan isolasi dalam kabel dan komponen elektronik.
5. Kekuatan dan Kekakuan: Meskipun Teflon cenderung lembut dan fleksibel, ia memiliki kekuatan dan kekakuan yang cukup untuk banyak aplikasi.
6. Biokompatibilitas: Teflon bersifat biokompatibel, yang berarti dapat digunakan dalam aplikasi medis seperti implan dan peralatan medis lainnya.



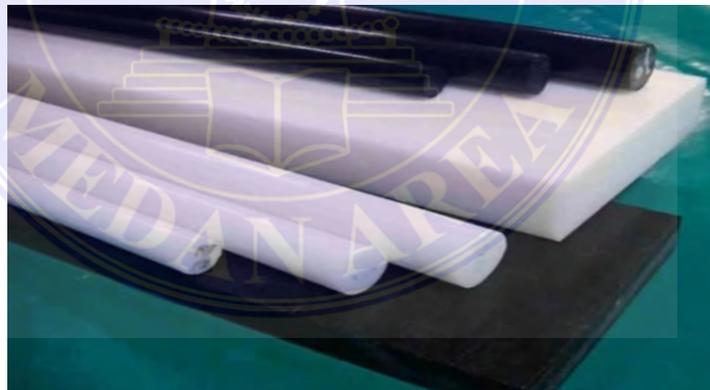
Gambar 2.11. Profil Material Teflon PTFE (*Polytetrafluoroethylene*)

2.4. Polyethylene (PE)

Polyethylene (PE) adalah salah satu jenis polimer termoplastik yang paling umum digunakan. Ini adalah material serbaguna yang memiliki berbagai aplikasi di berbagai industri. Berikut adalah beberapa karakteristik dan penggunaan utama *polyethylene* (Ronca, n.d.2018):

1. Tahan Terhadap Bahan Kimia: *Polyethylene* memiliki ketahanan yang baik terhadap berbagai jenis bahan kimia.
2. Ringan dan Tahan Terhadap Air: *Polyethylene* adalah material yang ringan dan tahan terhadap air.
3. Tahan Terhadap Suhu Rendah: PE tetap fleksibel bahkan pada suhu rendah, menjadikannya pilihan yang baik untuk aplikasi di lingkungan beku.
4. Kekuatan dan Ketahanan Terhadap Aus: Meskipun tidak sekuat beberapa polimer lainnya, PE memiliki kekuatan yang baik dan tahan terhadap keausan, terutama dalam aplikasi beban ringan hingga sedang.

Polyethylene ditemukan dalam berbagai produk sehari-hari, seperti wadah makanan, botol minuman, tas plastik, pipa saluran air, dan berbagai produk kemasan. Kehadirannya yang melimpah dan sifat-sifatnya yang berguna menjadikannya salah satu plastik paling banyak digunakan di dunia.



Gambar 2.12. Profil Material *Polyethylene* (PE)

2.5. POM (Polyformaldehyde)

Polyformaldehyde adalah jenis rekayasa termoplastik yang biasa digunakan pada bagian presisi yang memerlukan kekakuan tinggi, gesekan rendah dan stabilitas dimensi yang sangat baik (Yulianto et al., 2014). *Polyformaldehyde*, juga dikenal dengan nama dagang *Delrin*, *Celcon*, atau *Polyoxymethylene* (POM),

adalah bahan plastik yang sering digunakan untuk membuat roda gigi miring Menurut Archodoulaki et al., (2007) *polioksimetilen* (POM) yang biasa disebut poliasetal adalah salah satu termoplastik rekayasa utama karena kekuatan, kekakuan, dan ketahanan kimianya yang tinggi. Namun resistensi dampaknya yang buruk membatasi jangkauan penerapannya. Umumnya pengerasan resin rekayasa tersebut dilakukan dengan mencampurkannya dengan sejumlah kecil karet modulus rendah. (Uthaman et al., 2006).

2.5.1. Karakteristik material Polyformaldehyde (POM)

Polyformaldehyde, yang juga dikenal sebagai POM, *Delrin*, atau *Polyoxymethylene*, adalah polimer termoplastik yang memiliki beberapa karakteristik kunci :

1. Kekuatan dan Kekakuan

POM memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Ini membuatnya cocok untuk digunakan dalam aplikasi yang memerlukan bahan yang tahan terhadap tekanan dan beban berat.

2. Tahan terhadap Aus

POM memiliki keausan yang rendah, sehingga tahan terhadap abrasi dan pemakaian yang berulang. Ini menjadikannya pilihan yang baik untuk komponen yang harus tahan lama.

3. Ketahanan Terhadap Pelumas

Polyformaldehyde tahan terhadap pelumas, dan gigi-gigi roda gigi yang terbuat dari POM biasanya tidak memerlukan pelumasan tambahan.

4. Tahan terhadap Suhu

POM dapat berkinerja baik dalam suhu ekstrem, baik suhu rendah maupun.

5. Dukungan Kimia

Tahan terhadap banyak pelarut kimia, bahan kimia, dan minyak. Hal ini membuatnya tahan terhadap korosi dan reaksi kimia..

6. Insulasi Listrik

Ini adalah isolator listrik yang baik, sehingga sering digunakan dalam aplikasi elektrik.

7. Ketahanan Terhadap Getaran

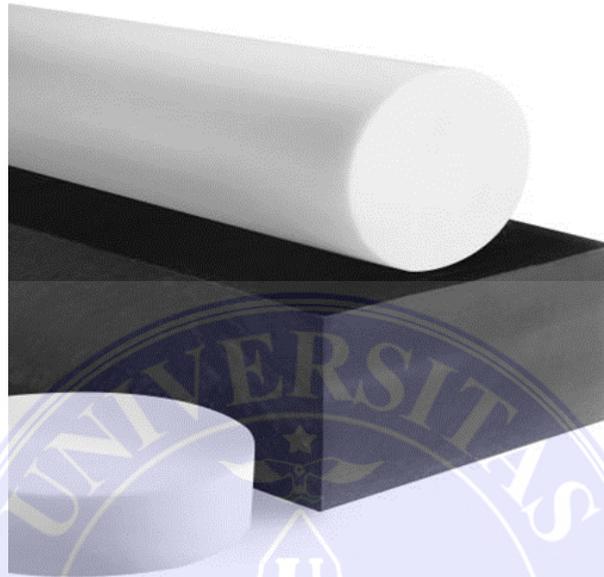
Memiliki ketahanan yang baik terhadap getaran dan dampak, membuatnya cocok untuk aplikasi mesin dan otomotif.

2.5.2. Kelebihan Polyformaldehyde (POM)

Bahan *polyformaldehyde* memiliki beberapa kelebihan, di antaranya:

1. Kekuatan dan Kekakuan Tinggi: *Polyformaldehyde* memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi, menjadikannya tahan terhadap tekanan dan beban.
2. Tahan Terhadap Aus: Kekuatan ausnya yang rendah membuatnya tahan terhadap abrasi dan pemakaian berulang, sehingga bahan ini memiliki umur.
3. Ketahanan Terhadap Pelumas: *Polyformaldehyde* tahan terhadap pelumas, sehingga komponen yang terbuat dari bahan ini sering tidak memerlukan pelumasan tambahan.
4. Ketahanan Terhadap Getaran dan Dampak: Memiliki ketahanan yang baik terhadap getaran dan dampak, menjadikannya pilihan yang baik untuk aplikasi mesin dan otomotif.
5. Presisi dan Ketelitian: Dikenal dengan toleransi yang ketat dan kemampuan untuk mempertahankan dimensi yang tepat, yang sangat penting dalam aplikasi.

Kombinasi kelebihan-kelebihan ini menjadikan *Polyformaldehyde* sebagai bahan yang populer dalam berbagai industri, termasuk manufaktur otomotif, elektronik, mesin, dan banyak lagi (Archodoulaki et al., 2007).



Gambar 2.13. Profil Material POM (*Polyformaldehyde*)

Tabel 2.1. Spesifikasi Spesimen

<i>Property</i>	<i>Densitas Material (kg/m³)</i>	<i>Tensile Strength (Mpa)</i>	<i>Elongation at break (%)</i>	<i>Elastic Modulu (Mpa)</i>	<i>Yield Strenth (Mpa)</i>
<i>Polyformaldehyde</i>	1.410	57.125	98.098	21.698	57.11

2.6. Perilaku Keausan

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 (Widyanto et al., n.d.).

$$Keausan\ total = \frac{A_1 - A_0}{A_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

A_1 : Luas penampang setelah keausan (mm^2)

A_0 : Luas penampang sebelum keausan, (mm^2)

$$Keausan = m_0 - m_1 \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Keausan\ total = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana : m_0 : Massa sebelum pengujian (Gram)

m_1 : Massa Sesudah Pengujian (Gram)

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.

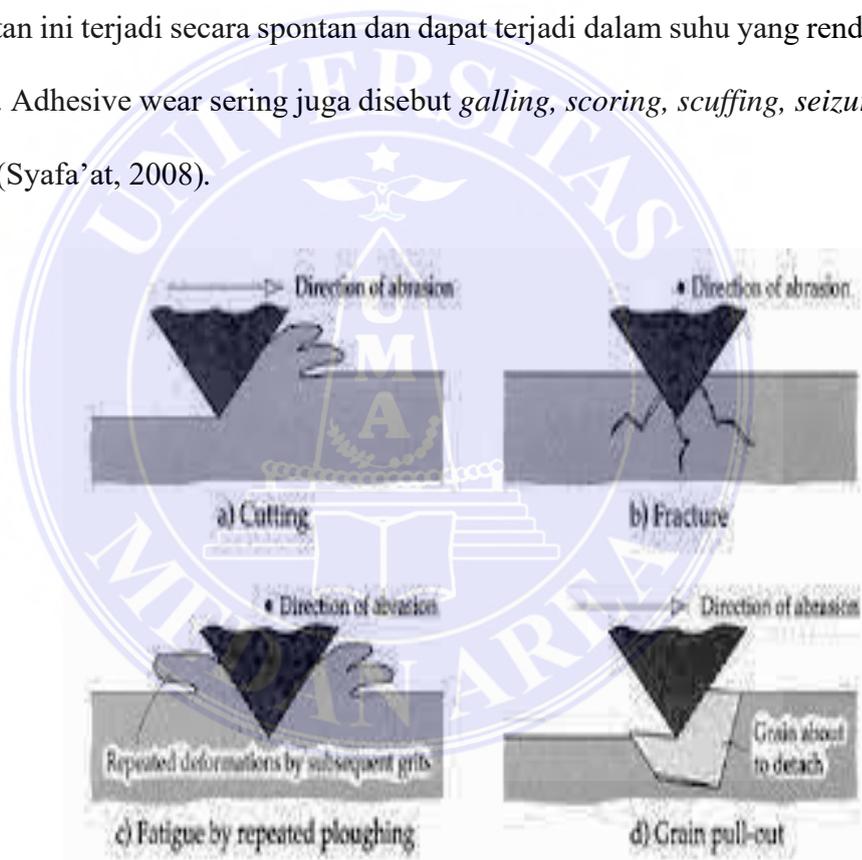
2.6.1. Macam-Macam Keausan

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)

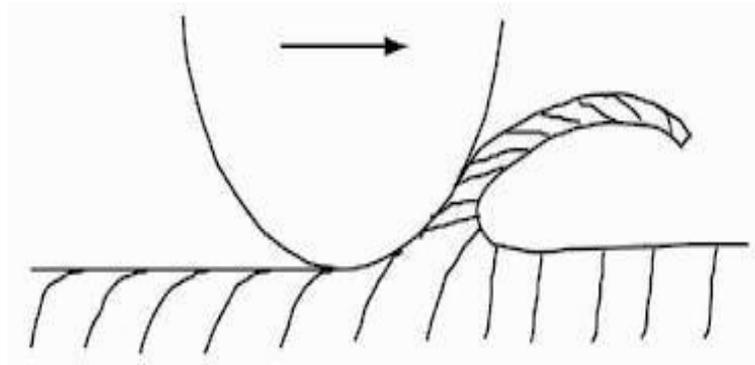
Keausan adhesif adalah salah satu jenis keausan yang disebabkan oleh terikat dan berpindahya partikel dari suatu permukaan material yang lemah ke material yang lebih keras. Proses itu bermula ketika benda dengan kekerasan yang lebih tinggi menyentuh permukaan yang lemah kemudian terjadi pengikatan. Pengikatan 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 2.14. Keausan Adhesif

b. *Abrasive wear*

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

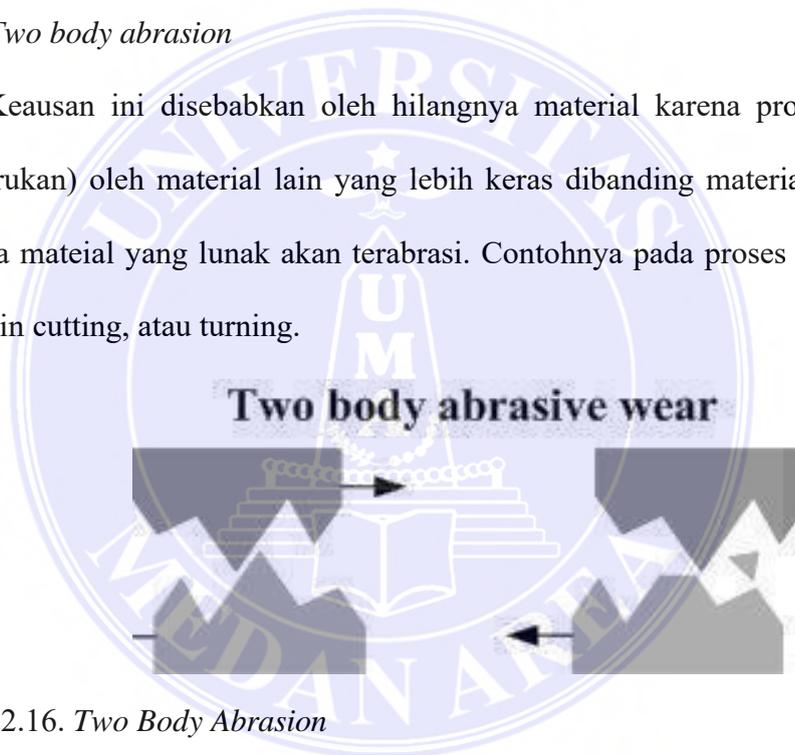


Gambar 2.15. Keausan Abrasif

Ada dua kategori keausan abrasif ini, yaitu:

1. *Two body abrasion*

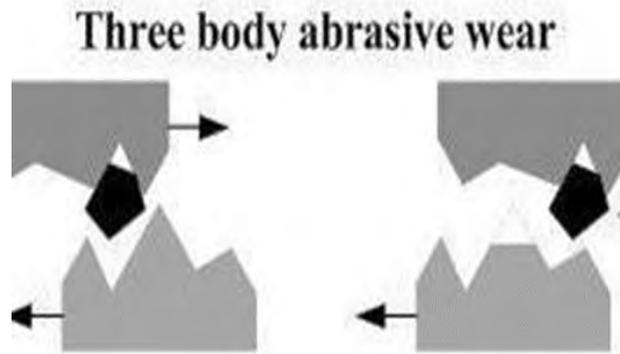
Keausan ini disebabkan oleh hilangnya material karena proses rubbing (penggarukan) oleh material lain yang lebih keras dibanding material yang lain. Sehingga material yang lunak akan terabrasi. Contohnya pada proses permesinan, antara lain cutting, atau turning.



Gambar 2.16. *Two Body Abrasion*

2. *Three body abrasion*

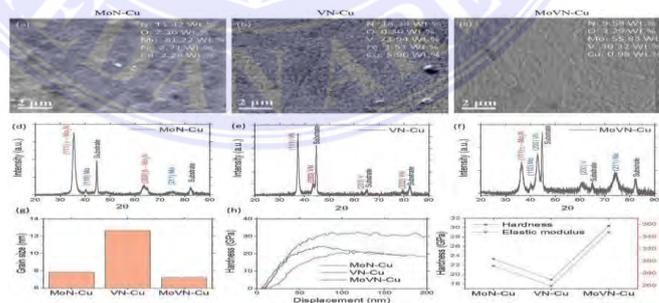
Aus yang disebabkan proses galling sehingga serpihan hasil gesekan yang terbentuk (debris) mengeras serta ikut berperan dalam hilangnya material karena proses gesekan yang terjadi secara berulang-ulang. Jadi pengertian “tiga benda” disini adalah dua material yang saling bergesekan dan sebuah benda serpihan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



Gambar 2.17. *Three Body Abrasion*

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.

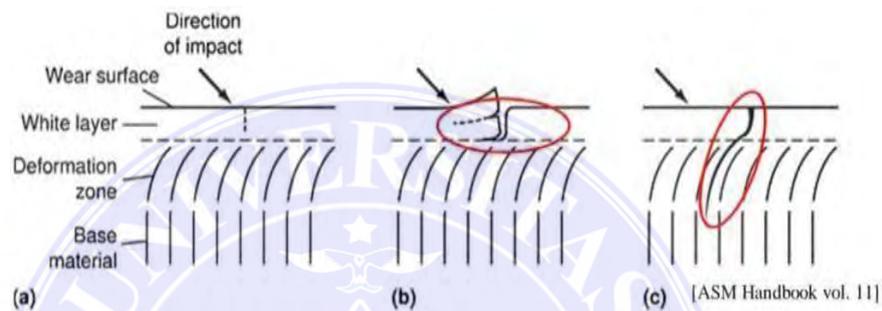


Gambar 2.18. *Tribo Chemical Wear*

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.

Ketidaktepurnaan 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 (Syafa'at, 2008).



Gambar 2.19. *Surface Fatigue Wear*

2.6.2. Tanda-tanda keausan

Dalam keausan luncur dapat timbul permukaan kasar atau butir-butir halus karena oksidasi dan juga terjadi diformasi plastis dan lepasnya lapisan dipermukaan. Debu korosi dapat ikut tersisip diantara dua bagian luncur. Tanda-tanda seperti deformasi plastis, retak (*crack*), pitting, kepingan yang berlapis yang rapuh, bekas karena benda-benda asing menunjukkan terjadinya keausan rol.

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) (Winter, 1992).

2.7. Pelumasan

Pelumasan pada mesin sangatlah penting, karena tanpa pelumasan maka komponen-komponen mesin akan mengalami kontak langsung sehingga menimbulkan panas dan menimbulkan kerusakan berupa keausan yang pada akhirnya menyebabkan umur mesin dan komponen-komponennya tidak dapat bertahan lama. Sistem pelumasan merupakan salah satu sistem penting pada suatu kendaraan dengan tujuan menyalurkan minyak pelumas pada bagian-bagian mesin yang bergerak. Salah satu fungsi sistem pelumasan adalah mengurangi dampak gesekan antara komponen mesin dan menyerap panas yang ditimbulkan oleh gesekan antar bagian-bagian mesin. Pelumas adalah zat kimia yang umumnya cairan, yang diberikan di antara dua benda bergerak untuk mengurangi gaya gesek antara dua benda tersebut (Pujiono et al., 2019).

Fungsi sistem pelumasan yaitu sistem pelumasan harus bisa memberikan lapisan oli (oil film) agar efek dari gesekan dua komponen bisa diminimalisir. Sebagai pendingin komponen, proses pembakaran menyebabkan panas pada mesin dan komponen-komponen mesin, hal ini dapat menyebabkan keausan lebih cepat pada komponen. Sebagai perapat, oli mesin membuat lapisan antara torak dengan dinding silinder, ini berfungsi sebagai perapat (seal) yang dapat mencegah terjadinya kehilangan tenaga mesin. Sebagai pembersih, kotoran yang berasal dari debu atau butiran-butiran logam hasil dari gesekan antar komponen akan mengendap dalam komponen mesin (Pujiono et al., 2019). Sistem Pelumasan dibagi menjadi dua yaitu:

a. Pelumasan fluida cair

Pada pelumas cair, kemampuan menahan beban cukup baik dan kemampuan pada putaran 700-3000 rpm yang sangat baik. Hal ini dikarenakan pelumas cair dapat melapisi bagian-bagian yang tidak dapat dijangkau oleh pelumas tipe lain karena viskositasnya rendah. Pelumas cair memiliki viskositas rendah, sehingga dapat dilakukan proses sirkulasi dan penyaringan, dengan adanya proses sirkulasi, maka pelumas cair dapat melakukan proses pendinginan pada mesin. Oli-oli yang beredar di pasaran sebaiknya telah memiliki kode SAE dan API. SAE adalah singkatan dari *Society of Automotive Engineer* yang menunjukkan kekentalan oli. SAE adalah asosiasi yang berfungsi menstandarisasi berbagai bidang rancang desain teknik dan manufaktur. Contoh kode SAE oli yang tertulis pada oli misalnya SAE 10W-30, 20W-50, dan 20W-40. Ini adalah contoh oli *multigrade*. Huruf W pada kode SAE itu merujuk kepada Winter. Jadi, angka di depan huruf W adalah tingkatan kekentalan oli pada suhu dingin. Sedangkan angka di belakang huruf W menunjukkan kekentalan oli saat mesin bekerja atau saat kondisinya panas. Semakin kecil angka di depan huruf W, artinya oli tersebut semakin encer.

b. Pelumasan kental atau padat

Pada pelumas semi padat, kemampuan menahan beban sangat baik, kemampuan pada putaran 700-3000 rpm yang kurang baik serta tidak adanya proses penyaringan. Kemampuan pelumas semi padat pada putaran 700-3000 rpm kurang baik dikarenakan pada studi kasus ini, *gearbox* yang diterapkan adalah *gearbox* tertutup, sehingga suhu pada lingkungan kerja akan bertambah, sedangkan kelemahan pada pelumas semi padat yang didapat dari keterangan sebelumnya adalah tidak mampu menghilangkan panas atau kemampuan menghilangkan panas

yang buruk, sehingga jika suhu *gearbox* tinggi, akan menyebabkan *gearbox* mengalami pemuaian dan pemuaian yang tidak disertai pendinginan (kontrol suhu) akan menyebabkan kerusakan pada *gearbox*. Sistem pelumasan kental dapat berupa *grease* atau *minyak gemuk*. *Grease* atau gemuk adalah suatu zat pelumas yang digunakan untuk mengurangi gesekan antara dua permukaan yang bergesekan satu sama lain. Zat ini terdiri dari campuran minyak dan zat padat seperti sabun batang atau tanah liat, yang berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga minyak dan zat padat tetap tercampur secara homogen (tercampur secara merata dan tidak dapat dibedakan secara visual). Biasanya, *grease* digunakan pada mesin atau peralatan yang menghasilkan gesekan dan keausan, seperti roda gigi, bantalan, dan persneling mobil. Namun, penggunaan *grease* juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain kemampuan penghantar panas dan listrik yang buruk, dan ketahanan terhadap air yang terbatas. Oleh karena itu, penggunaan *grease* harus disesuaikan dengan jenis aplikasi dan kebutuhan spesifik dari peralatan yang digunakan. Penggunaan *grease* harus dilakukan dengan hati-hati dan disesuaikan dengan jumlah yang diperlukan. Penggunaan *grease* yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan,

2.7.1 Pemilihan Bahan Pelumasan

Pemilihan suatu bahan pelumas yang sesuai memerlukan pertimbangan dari berbagai sudut pandangan. Maka proses pemilihannya seringkali melalui konsultasi dengan para spesialis, untuk kesemuanya pada yunan teknir dari pabrik bahan pelumas..

Bahan pelumas adalah elemen konstruksi yang sangat penting, karakteristik dan kekhususannya pada perancangan mesin pertimbangannya adalah setepat mungkin seperti misalnya pada baja yang digunakan. Maka diperhatikan sejak

pertama terhadap suatu pelumasan yang sesuai dengan konstruksinya", tetapi juga tes hadap suatu konstruksi yang sesuai dengan pelumasannya"!

2.7.2 Cara-cara pelumasan

Pelumasan adalah proses pelumasan atau pemberian pelumas pada mesin atau peralatan untuk mengurangi gesekan antara komponen-komponen yang bergerak. Proses ini sangat penting untuk menjaga agar mesin tetap berfungsi dengan baik dan memperpanjang umur pakai peralatan tersebut

Berikut adalah langkah-langkah umum dalam proses pelumasan:

1. Identifikasi Poin Pelumasan: Tentukan bagian-bagian mesin yang memerlukan pelumasan. Ini bisa termasuk bantalan, poros, gigi, dan area gesekan lainnya.
2. Pilih Pelumas yang Tepat: Pilih jenis pelumas yang sesuai dengan kebutuhan mesin dan lingkungan kerjanya. Ini bisa berupa minyak pelumas, gemuk, atau pelumas kering, tergantung pada aplikasi dan suhu operasional.
3. Persiapkan Area Pelumasan: Pastikan area pelumasan bersih dari kotoran dan debris. Bersihkan area yang akan dilumasi dengan menggunakan pembersih yang sesuai agar pelumas dapat menjangkau permukaan dengan baik.
4. Aplikasikan Pelumas: Terapkan pelumas ke area yang membutuhkan pelumasan dengan menggunakan metode yang sesuai. Ini bisa berupa penyemprotan, pencelupan, atau aplikasi manual dengan alat bantu seperti sikat atau spatula.
5. Perhatikan Frekuensi Pelumasan: Tentukan jadwal pelumasan yang tepat sesuai dengan rekomendasi pabrikan atau pengalaman operasional.
6. Monitor Kinerja: Amati kinerja mesin setelah pelumasan untuk memastikan bahwa pelumas bekerja dengan baik dan tidak terjadi gesekan yang berlebihan.

7. Catat dan Dokumentasikan: Penting untuk mencatat semua kegiatan pelumasan, termasuk jenis pelumas yang digunakan, jumlah yang diterapkan, dan frekuensi pelumasan. Dokumentasi ini akan membantu dalam perencanaan pemeliharaan yang lebih baik di masa mendatang.

Penting untuk diingat bahwa proses pelumasan dapat bervariasi tergantung pada jenis mesin atau peralatan yang digunakan. Selalu ikuti panduan dan rekomendasi dari pabrikan untuk memastikan pelumasan yang efektif dan aman.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 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	Tahun 2023 – Tahun 2024						
	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Ags	Sep
Pengajuan Judul							
Penulisan Proposal							
Seminar Proposal							
Proses Penelitian							
Pengolahan Data							
Penyelesaian Laporan							
Seminar Hasil							
Evaluasi dan persiapan Sidang							
Sidang Sarjana							

3.1.2. 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

3.2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

1. *polyformaldehyde* (POM)

POM membawa sifat viskoelastik yang mempunyai kelebihan untuknya digunakan sebagai antara bahan penting dalam penghasilan komponen mesin. Dilihat pada gambar

3.1.



Gambar 3.1. Bahan *Polyformaldehyde* (POM)

2. Pelumas Oli

Pelumas. oli transmisi SGMW API GL-5 adalah cairan yang digunakan untuk melumasi komponen dalam sistem transmisi kendaraan. Fungsi utama dari pelumas ini adalah untuk mengurangi gesekan, mencegah keausan, dan menjaga suhu operasi komponen transmisi agar tetap stabil



Gambar 3.2. Pelumas Oli SGMW API GL-5

3.2.2. Alat

Adapun alat yang digunakan ialah sebagai berikut :

1. Mesin uji keausan

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



Gambar 3.3. Mesin Uji Keausan

2. Laptop

Laptop berfungsi untuk menampilkan informasi tentang daya, putaran (Rpm), dan pembebanan dari *loadcell* selama proses pengujian.



Gambar 3.4. Laptop

3. Kertas Milimeter

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



Gambar 3.5. Kertas Milimeter

4. Scanner

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



Gambar 3.6. *Scanner*

5. Thermogun

Thermogun merupakan alat yang pada umumnya digunakan untuk mengukur suhu tubuh. *Thermogun* merupakan jenis *thermometer* inframerah untuk mengukur temperatur suhu. *Thermogun* diperlukan pada penelitian ini untuk mengukur suhu spesimen yang telah diberi pengaruh suhu.



Gambar 3. 7. *Thermogun*

6. Tachometer

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, biasanya dalam satuan putaran per menit (RPM). Alat ini umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi industri, otomotif, dan teknik untuk memonitor dan mengendalikan kecepatan mesin dan komponen yang berputar



Gambar 3.8. *Tachometer*

7. Timbangan Digital

Timbangan digital adalah alat yang digunakan untuk mengukur berat atau massa suatu objek dengan akurasi tinggi, menggunakan sensor elektronik dan menampilkan hasilnya secara digital. Timbangan ini telah menjadi alat yang penting dalam berbagai aplikasi, termasuk industri, laboratorium, rumah tangga, dan Kesehatan.



Gambar 3.9. Timbangan Digital

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:

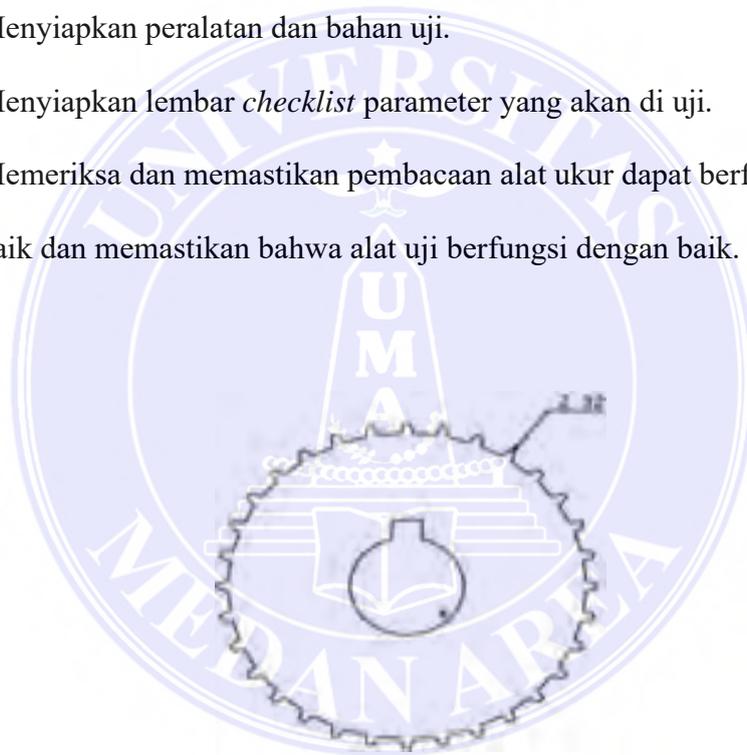
1. Studi literatur. Dengan menggunakan jurnal pendukung, internet, web, dan buku sebagai sumber acuan pembelajaran, dan mengadakan diskusi penelitian ini dengan dosen pembimbing.

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 dan kelelahan roda gigi dengan putaran dan beban.

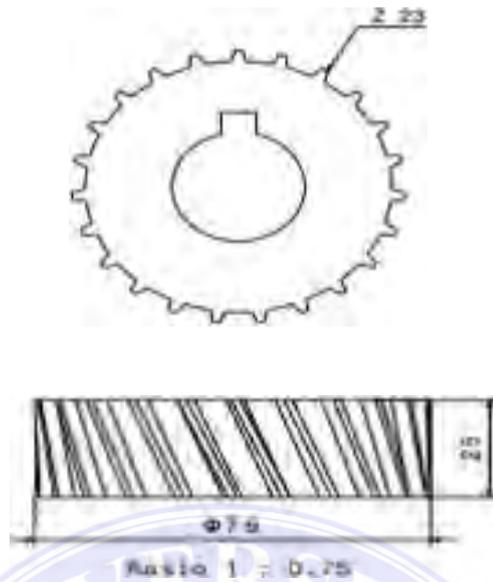
3.3.2 Prosedur Penelitian

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.



Gambar 3.10. Spesimen Roda Gigi Miring Modul 3, Rasio 1:1



Gambar 3. 11. Spesimen Roda Gigi Miring Modul 3, Rasio 1:0,75

3.4 Populasi dan Sampel

3.4.1 Populasi Penelitian

Populasi penelitian ini terdiri dari berbagai jenis roda gigi miring yang digunakan dalam sistem transmisi mesin industri di berbagai sektor seperti manufaktur, pertambangan, otomotif, dan lain-lain. Populasi ini mencakup berbagai ukuran dan material roda gigi yang digunakan dalam berbagai aplikasi.

3.4.2 Sampel Penelitian

Untuk membatasi penelitian, akan diambil sampel acak dari populasi di atas. Sampel penelitian ini akan terdiri dari 4 set roda gigi miring yang dipilih secara acak dari berbagai sektor industri yang telah disebutkan sebelumnya.

Tabel 3.2. Populasi dan Sampel

No	Bahan	Modul (mm)	Rasio	Kondisi
1	POM	3	1:1	Kering dan
2			1:0,75	Terlumasi

3.5 Prosedur Kerja

Langkah–langkah prosedur pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Scan Roda gigi sebelum di uji untuk mengetahui ukuran awal sebelum di uji dengan cara meletakkan roda gigi di atas kertas millimeter kemudian atur tata letak roda gigi pada alat scan untuk mendapatkan posisi.
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 pada *handle* rem dengan menarik tuas *hanwich* pada alat uji rig, berikan beban sesuai yang di butuhkan.
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.

3.5.1. Proses Pembuatan Spesimen

Proses pembuatan roda gigi lurus dari bahan pom melibatkan beberapa tahap yang penting dan terstruktur. Tahap pertama adalah pemilihan bahan, di mana pom dipilih karena sifat-sifatnya yang sesuai untuk aplikasi ini, seperti kekuatan, ketahanan terhadap aus, dan kemampuannya untuk dibentuk dengan presisi tinggi.

Setelah bahan dipilih, langkah selanjutnya adalah desain dan perhitungan awal.

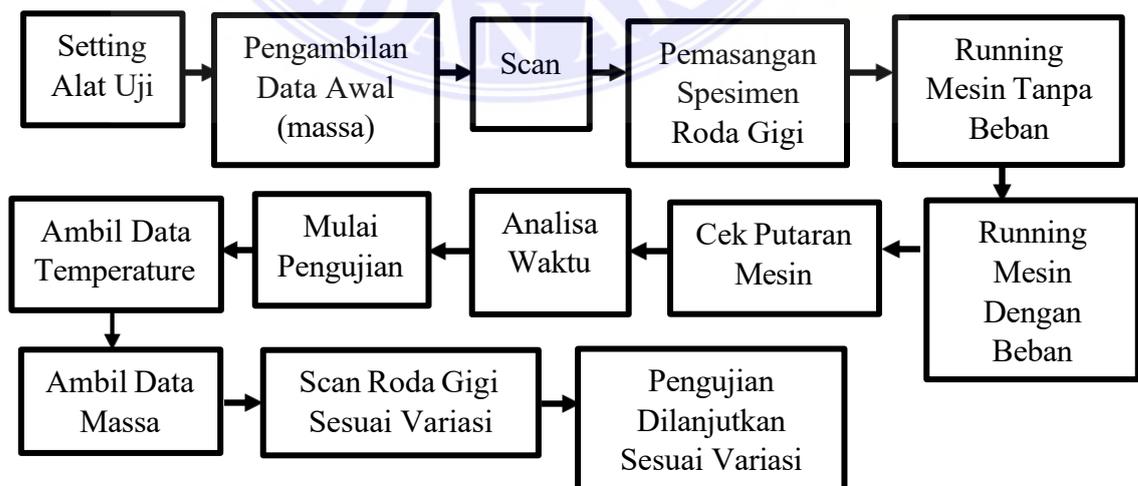
Roda gigi yang dirancang memiliki 1 jenis rasio, yaitu 1:1,



Gambar 3.12. Prosedur Pembuatan Roda Gigi

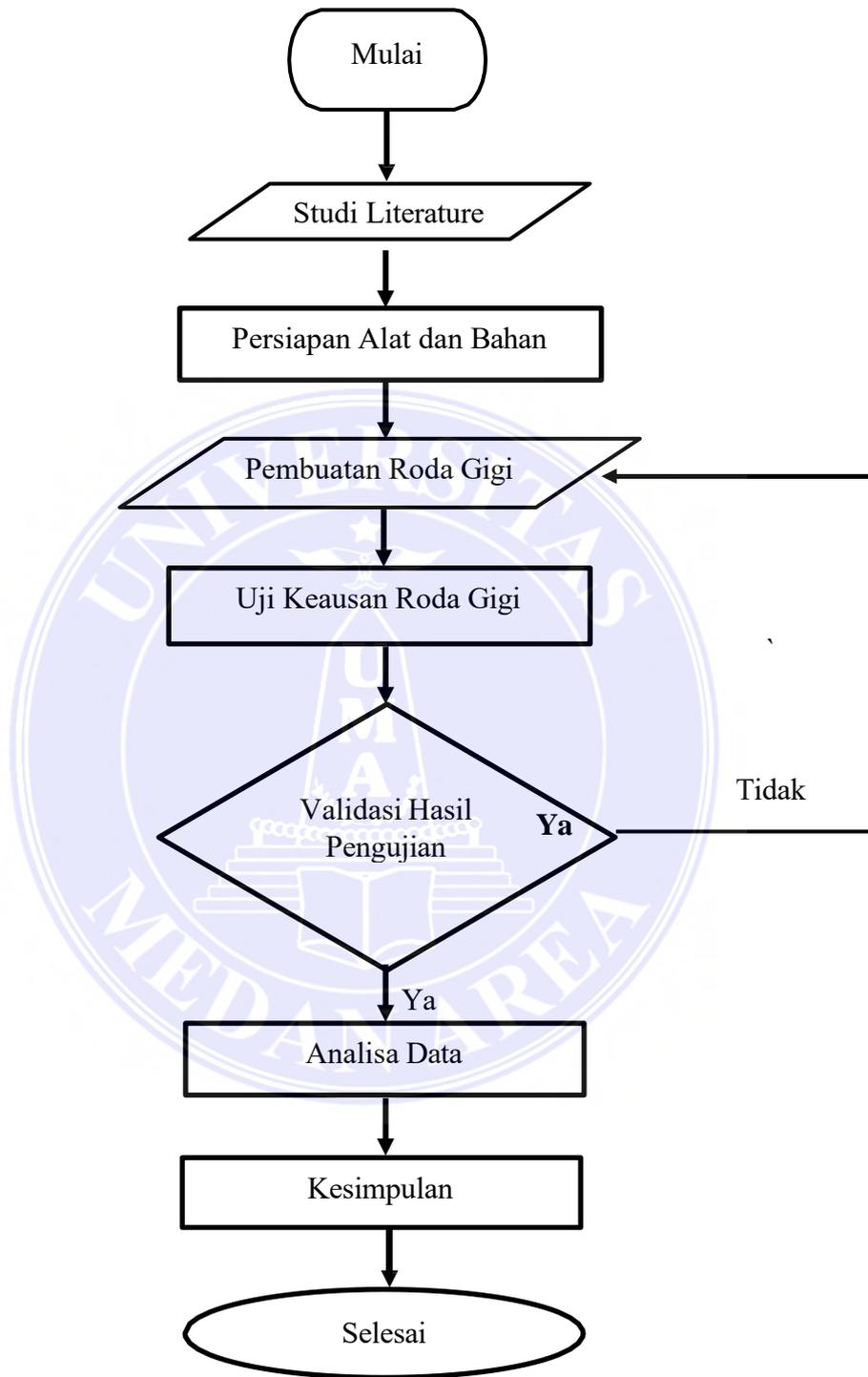
3.5.2. Proses Pengujian Keausan

Tahap persiapan meliputi penentuan parameter pengujian dan penyiapan peralatan pengujian yang diperlukan. Selanjutnya, proses pengujian melibatkan pengujian keausan abrasif dengan menggunakan mesin uji gesek, di mana roda gigi mengalami gesekan untuk mensimulasikan kondisi operasional yang sebenarnya. Selama pengujian berlangsung, parameter seperti beban dan kecepatan dipantau dengan ketat.



Gambar 3.13. Prosedur Pengujian Keausan Roda Gigi

3.5.1. Diagram Alir



Gambar 3.14. Diagram Alir

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai keausan roda gigi miring berbahan polimer dalam kondisi kering dan terlumasi, beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan spesimen roda gigi miring dengan bahan *polyformaldehyde* menggunakan rasio 1:1 dan 1:0,75. Spesimen ini dibuat dengan modul 3. Berhasil dibuat sebanyak 4 set (8 pcs) roda gigi miring.
2. Pengujian ini berhasil dilakukan menggunakan metode eksperimen. Data menunjukkan bahwa pada kondisi kering dengan rasio 1:1, temperature pada putaran 100 rpm sebesar 60,6°C mengalami kenaikan menjadi 65,9°C pada putaran 200 rpm. Hal ini mengindikasikan bahwa gesekan yang terjadi antara gigi-gigi yang tidak dilumasi dengan baik mengakibatkan peningkatan suhu. Gesekan yang terus-menerus ini dapat mengikis material dari permukaan gigi, menyebabkan keausan dan deformasi bentuk asli gigi. Oleh karena itu, pelumasan yang memadai sangat penting untuk menjaga keawetan komponen serta menghindari kerusakan yang lebih parah.
3. Hasil analisis pengaruh putaran terhadap roda gigi miring berbahan polyformaldehyde menunjukkan bahwa dalam kondisi kering, roda gigi yang digerakkan mengalami keausan lebih tinggi dibandingkan roda gigi penggerak, terutama pada rasio 1:1 adalah 4,52 saat kondisi kering. Dan cenderung suhu mengalami keausan tertinggi dengan rasio 1:1 di angka suhu 68 °C ketika kondisi kering dan suhu mengalami keausan tertinggi

dengan rasio 1:0,75 di angka 67 °C Ketika kondisi kering. keausan terjadi secara signifikan. Pelumasan terbukti sangat efektif dalam mengurangi keausan pada kedua roda gigi, baik pada rasio 1:1. Oleh karena itu, memastikan pelumasan yang memadai serta pemilihan rasio putaran yang tepat menjadi faktor kunci dalam mengurangi keausan dan memperpanjang umur roda gigi.

5.2. Saran

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

1. Keamanan dan kesehatan kerja adalah aspek yang krusial dan harus diutamakan dalam proses manufaktur.
2. Simpan rig uji di lokasi yang terlindungi dari panas dan hujan untuk memastikan keandalan peralatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Archodoulaki, V. M., Lüftl, S., Koch, T., & Seidler, S. (2007). Property changes in polyoxymethylene (POM) resulting from processing, ageing and recycling. *Polymer Degradation and Stability*, 92(12), 2181–2189. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2007.02.024>
- 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.
- Maros, H., & Juniar, S. irsyah. (2016). *Pembuatan Roda Gigi*. 1–23. https://www.academia.edu/8696770/pembuatan_roda_gigi
- Pujiono, A., Feriansah, A., & Pratama, D. (2019). Analisa dan Cara Mengatasi Gangguan Sistem Pelumas pada Mesin Diesel Mitsubishi PS 100SURYA TEKNIKA. *Surya Teknika*, 5, 32–34.
- Ronca, D. S. (n.d.). Brydson Plastics Materials. *Polyethylene, sepuluh*.
- 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>
- Sularso. (2004). *Elemen Mesin dasar perencanaan dan pemilihan* (K. Suga (ed.); Kesebelas). PT. Pradnya Paramita.
- Sutanto, H. (2017). Analisis Tegangan Roda Gigi Miring pada Transmisi Kendaraan Roda Empat berdasarkan Agma dan Ansys. *Jurnal Nasional*, 12(1), 17–25.
- Syafa'at, I. (2008). Tribologi, Daerah Pelumasan Dan Keausan. *Jurnal Momentum UNWAHAS*, 4(2), 21–26.
- Uthaman, N., Majeed, A., & Pandurangan. (2006). Impact Modification of Polyoxymethylene (POM). *E-Polymers*, 034, 1–9. <https://doi.org/10.1515/epoly.2006.6.1.438>
- Widyanto, S. A., Ismail, R., Mesin, J. T., Teknik, F., Wahid, U., Mesin, J. T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (n.d.). *Pemodelan Keausan Kontak Sliding Antara Silinder Dengan Bidang Datar*. 024.
- Wilian, E. (2018). Tugas sarjana konstruksi dan manufaktur. *Skripsi*, 1–58. Winter, G. N. dan H. (1992). *Elemen Mesin (Disain dan Kalkulasi dari Sambungan, Bantalan, Poros) Jilid 2* (I. B. Priambodo (ed.); kedua). Erlangga.
- Yulianto, I., Rispiana, & Prasetyo, H. (2014). Rancangan Desain Mold Produk Knob Regulator Kompor Gas pada Proses Injection Molding. *Reka Integra*, 2(3), 140–151.
- Richard G Budynas, J. K. (2011). *Shigley's Mechanical Engineering Design, 11th Editions*.
- Sigrid Lüftl, V. P. (2014). *Polyoxymethylene Handbook Structure, Properties, Applications and Their Nanocomposite*. Wiley-Scrivener.