

**PENYELIDIKAN KEAUSAN RODA GIGI LURUS
AKIBAT VARIASI BAHAN PADA SISTEM TRANSMISI**

SKRIPSI

OLEH:

**ALBAIK WELKY CANDRA NABABAN
198130116**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 6/5/24

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

HALAMAN JUDUL

PENYELIDIKAN KEAUSAN RODA GIGI LURUS AKIBAT VARIASI BAHAN PADA SISTEM TRANSMISI

SKRIPSI

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

Oleh:

ALBAIK WELKY CANDRA NABABAN

198130116

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 6/5/24

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

HALAMAN PERNYATAAN

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

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

Medan, 24 April 2024



Albaik Welky Candra Nababan
198130116

HALAMAN PERSETUJUAN PERNYATAAN PUBLIKASI SKRIPSI

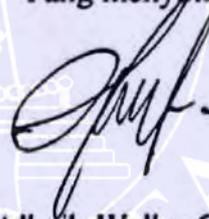
Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Albaik Welky candra Nababan
NPM : 198130116
Program Studi: Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas skripsi saya yang berjudul: Penyelidikan Keausan Rodagigi Lurus Akibat Variasi Bahan, 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, 24 April 2024

Yang menyatakan



(Albaik Welky Candra Nababan)

ABSTRAK

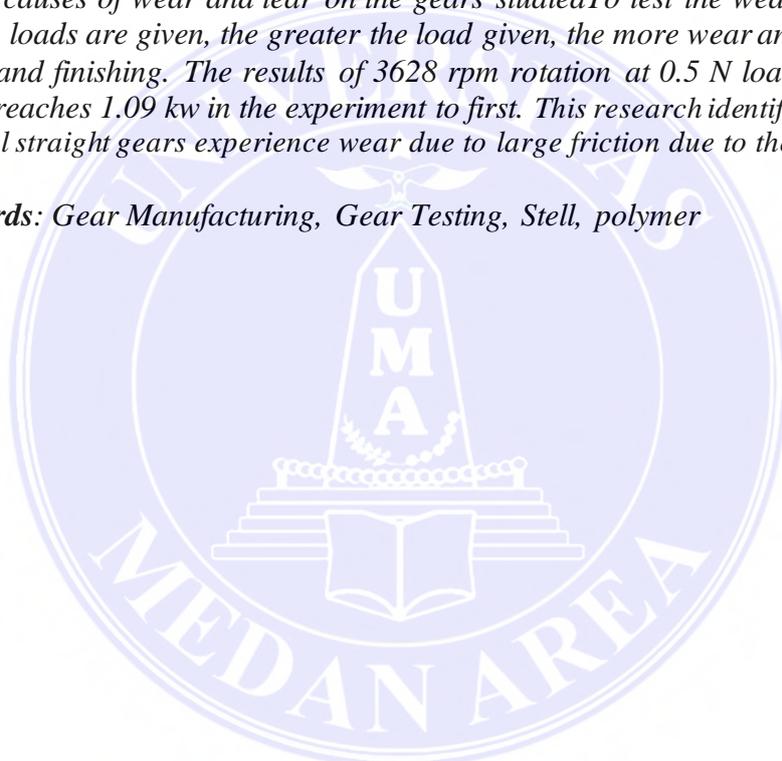
Diera globalisasi Peran roda gigi dalam kendaraan maupun dunia industri sangat penting dalam menghubungkan atau meneruskan putaran, daya yang dihasilkan dari proses *energy kinetic* menjadi *energy* mekanik. Sehingga dengan kemajuan teknologi, ilmu pengetahuan dan pertumbuhan penduduk maka tak hentinya manusia mengembangkan teknologi baru yang berbagai macam tipe dan lebih *modern*. Penelitian ini bertujuan untuk Mengidentifikasi keausan pada roda gigi transmisi train melalui studi literatur. Membuat specimen roda gigi lurus bahan variasi untuk pengujian keausan dengan variasi beban. Menguji keausan pada roda gigi lurus dengan variasi bahan dengan variasi putaran dan beban. Menganalisis pengaruh putaran dan beban yang bervariasi terhadap roda gigi lurus dengan variasi bahan. 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. Untuk menguji keausan roda gigi maka diberikan beban yang bervariasi, semakin besar beban yang diberikan maka semakin aus pula pada kedua roda gigi., dan *finishing*. Hasil putaran 3628 rpm pada beban 0,5 N maka daya yang terbesar mencapai 1,09 kw pada percobaan ke pertama. Penelitian ini di teridentifikasi bahwa roda gigi lurus bahan polimer mengalami keausan diakibatkan adanya gesekan yang besar akibat pembebanan yang diberikan. Hasil putaran 1430 rpm pada beban 2,8 N maka keausan terbesar mencapai 14% pada pengujian.

Kata kunci: Pembuatan Roda Gigi, Pengujian Roda Gigi, Polimer, Baja

ABSTRACT

In the era of globalization, the role of gears in vehicles and in the industrial world is very important in connecting or continuing rotation, the power generated from the process of kinetic energy into mechanical energy. So that with advances in technology, science and population growth, humans are constantly developing new technologies of various types and are more modern. This study aims to identify wear and tear on transmission train gears through literature studies. Making straight gear specimens of various materials for wear testing with varying loads. Test wear on straight gears with a variety of materials with variations in rotation and load. Analyze the effect of rotation and varying loads on straight gears with a variety of materials. The method used in this study, namely the experimental method which is the manufacture or set of actions and observations made and aims to find out the causes of wear and tear on the gears studied. To test the wear of the gears, various loads are given, the greater the load given, the more wear and tear on both gears, and finishing. The results of 3628 rpm rotation at 0.5 N load, the greatest power reaches 1.09 kw in the experiment to first. This research identified that polymer material straight gears experience wear due to large friction due to the applied load.

Keywords: Gear Manufacturing, Gear Testing, Steel, polymer



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Simarantajau, pada tanggal 04 Desember 1997 dari pasangan Miduk Nababan dan Ibu Melva Boru Tobing. Penulis merupakan anak ke dua dari sembilan bersaudara. Penulis bertempat tinggal Sitabotabo Toruan, Kecamatan Siborongborong, Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara.

Pada tahun 2004 penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 178314 Siborongborong. Selanjutnya pada tahun 2010 penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 4 Siborongborong. Kemudian pada tahun 2013 melanjutkan Pendidikan di SMA Negeri 2 Siborongborong. 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 kedepannya.

KATA PENGANTAR

Dengan puji dan syukur penulis mengucapkan terimakasih kepada Tuhan yang maha Esa, Berkat rahmat-nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, dengan judul Penyelidikan Keausan Roda Gigi Lurus Akibat Variasi Bahan Pada Sistem Transmisi.

Terimah kasih penulis sampaikan kepada bapak Bapak M.Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST. MT. selaku dosen pembimbing saya yang telah banyak memberikan masukan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini. Secara khusus penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyak nya kepada orang tua saya yaitu Bapak Miduk Nababan dan Ibu Melfa Lumbantobing beserta seluruh keluarga saya yang telah memberikan dukungan moral dan material selama perkuliahan penulis.

penulis menyadari bahwa tugas akhir skripsi ini masih memiliki kekurangan oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir skripsi ini. Akhir kata penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi. Penulis berharap tugas akhir/skripsi ini dapat bermamfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Medan 24 April 2024

Penulis,



Albaik Welky Candra Nababa

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PERNYATAAN PUBLIKASI SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
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.....	6
2.1. Roda Gigi.....	6
2.2. Klasifikasi Roda gigi.....	15
2.3. Roda Gigi Lurus.....	16
2.4. Variasi Bahan.....	19
2.5. Keausan Roda Gigi.....	22
2.6. Sistem Tranmisi.....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
3.2. Bahan dan Alat.....	31
3.3. Metode Penelitian.....	37
3.4. Populasi dan Sampel.....	38
3.5. Prosedur Kerja.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1. Hasil Identifikasi Keausan Roda Gigi Lurus.....	40
4.2. Hasil Pembuatan Roda Gigi Lurus Bahan Baja Dan Polimer.....	50
4.3. Hasil pengujian roda gigi lurus baja dan poimer.....	42
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	60
5.1. Kesimpulan.....	60
5.2. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi Roda Gigi	16
Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir	31
Tabel 4.1. Hasil Identifikasi Keausan	40
Tabel 4.2. Perhitungan Roda Gigi	51
Tabel 4.3. Data pengujian dengan beban bervariasi	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Roda Gigi	6
Gambar 2.2. Bagian bagian Roda Gigi	9
Gambar 2.3. Roda Gigi Lurus	10
Gambar 2.4. Roda Gigi Miring	11
Gambar 2.5. Roda Miring Ganda	11
Gambar 2.6. Roda gigi helik ganda	12
Gambar 2.7. Roda Gigi Kerucut Spiral	13
Gambar 2.8. Roda Gigi Rak Pinion	13
Gambar 2.9. Roda Gigi Cacing	14
Gambar 2.10. Roda gigi helik	14
Gambar 3.1. Baja	32
Gambar 3.2. Polimer	33
Gambar 3.3. Mesin Uji Roda Gigi Lurus	34
Gambar 3.4. Kertas mili meter	35
Gambar 3.5. Cannon Scanner	35
Gambar 3.6. Pensil	36
Gambar 3.7. Mikroskop	36
Gambar 3.8. Kertas Pasir	37
Gambar 3.9. Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 4.1. Hasil Pembuatan (a) Roda Gigi Baja Roda Gigi Polimer (b)	52
Gambar 4.2. Hasil Pembuatan Roda Gigi polimer	52
Gambar 4.3. Roda Gigi Bahan Baja	53
Gambar 4.4. Roda Gigi Lurus Polimer Sebelum Diuji	42
Gambar 4.5. Pengukuran Roda Gigi Bahan Baja Sebelum Di Uji	43
Gambar 4.6. Pengujian Roda Gigi Lurus Polimer Dengan Baja	44
Gambar 4.7. Grafik beban dengan putaran 1430 (rpm)	50
Gambar 4.8. Roda Gigi (a) setelah di uji (b) sebelum di uji	54
Gambar 4.9. Roda Gigi (a) setelah di uji (b) sebelum di uji	54
Gambar 4.10. Roda Gigi (a) setelah di uji (b) sebelum di uji	55
Gambar 4.11. Analisis Keausan Rida Gigi Baja Dengan Polimer	56
Gambar 4.12. Keausan Setiap 20.000 Putaran	57
Gambar 4.13. Grafik Putaran terhadap Keausan dengan akumulasi (mm ²)	58
Gambar 4.14. Grafik Putaran terhadap Keausan dengan akumulasi (%)	59

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)
α	= Sudut tekan (Derajat)
(i)	= Perbandingan kecepatan antara penggerak dengan yang digerakkan (m/s)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Mekanisme tentang roda gigi telah ada selama beberapa ribu tahun. Meskipun perkembangannya dari Revolusi Industri ke depan, dan setelah munculnya alat mesin, baru pada dekade pertama abad ke-20, dengan kebutuhan untuk kecepatan transmisi yang lebih tinggi, kemunculan gear-cutting machine memungkinkan untuk memperbaiki secara signifikan kualitas permukaan gigi. Seperti proses produksi lainnya yang terlibat, peningkatan presisi ini dikaitkan dengan evolusi sistem kontrol dan pemantauan. Dari tahun 1920 dan seterusnya, dengan penemuan mesin inspeksi gigi berdasarkan metode pemeriksaan profil gigi yang tidak rata relatif terhadap lingkaran dasar, pemeriksaan gigi mulai lebih dapat diandalkan, berkat kelancaran prosedur. Ini bisa dianggap sebagai titik tolak metrologi roda gigi saat ini. Berbagai item peralatan telah dikembangkan sejak saat itu, disesuaikan dengan desain baru dan kebutuhan transmisi berkecepatan tinggi. (Raharja & Sunada, 2018)

Elemen pemindah daya (*power transmission*) banyak ditemukan di banyak bidang pada kehidupan modern sekarang ini. Hampir semua alat-alat mekanik memiliki paling sedikit satu atau dua elemen, kendaraan bermotor memiliki roda gigi sebagai *power transmission*, mesin cuci memiliki puli untuk memutar drum, printer komputer memiliki roda gigi, cam dan puli untuk menggerakkan kertas dan mengatur printing heads, mesin fotokopi dan Anjungan Tunai Mandiri (ATM) memiliki banyak elemen pemindah daya di tiap bagian. Secara umum elemen

pemindah dibagi menjadi dua yaitu pemindah daya (*power transmission*).

Diera globalisasi Peran roda gigi dalam kendaraan maupun dunia industry 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 tak hentinya manusia mengembangkan teknologi baru yang berbagai macam tipe dan lebih modern. Roda gigi bagian yang tidak dapat dipisah kan pertumbuhan dan peningkatan industry permesinan karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan produksi mesin. Dalam merancang suatu mesin banyak factor yang harus di perhatikan seperti mulai dari perancangan roda gigi hingga pemilihan bahan yang tepat untuk menghasilkan gear yang kuat (Siregar et al., 2019).

Keausan paling umum di defenisikan yaitu hilangnya sebagian material dari permukaan yang saling kontak dalam gerak relatif. Defenisi lain tentang keausan yaitu sebagai hilang nya bagian dari permukaan yang saling berinteraksi yang terjadi sebagai hasil gerak *relative* pada permukaan keausan yang terjadi pada suatu material di sebabkan oleh adanya beberapa mekanisme yang berada dan terbentuk oleh beberapa parameter yng bervariasi meliputi bahan, lingkungan kondisi operasi, dan geometri permukaan benda yang terjadi keausan (Alfauzy, 2019).

Keausan adalah kerusakan progresif pada permukaan yang disebabkan oleh gerakan yang ber hubungan dengan zat yang lain. Sebagai komponen yang selalu bergerak kerusakan pada roda gigi didominasi oleh faktor keausan. Penelitian tentang kerusakan dan perilaku roda gigi berbahan logam banyak dipublikasikan dalam bentuk paper maupun buku. Tetapi untuk roda gigi non-logam yang memiliki keterbatasan pada rendahnya putaran dan beban, ketertarikan untuk peneliti relatif

tidak banyak. Untuk bahan non-logam, penelitian tentang keausan pada roda gigi telah lama dilakukan pada berbagai jenis roda gigi, mulai dari roda gigi lurus hingga roda gigi cacing. Roda gigi dengan bahan acetal, diamati keausan yang terjadi dengan menggunakan alat Optik dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) diperoleh hasil bahwa keausan terjadi pada flanks disekitar garis pitch berbeda untuk roda gigi penggerak (*drive*) dan roda gigi yang digerakkan (*driven*) (Raharja & Sunada, 2018).

Penyelidikan keausan roda gigi belakang 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 berbagai objek yang berhubungan pada penelitian ini diantaranya:

- a) Bagaimana cara memilih spesimen roda gigi lurus akibat variasi bahan pada sistem transmisi.
- b) Bagaimana cara menganalisa keausan roda gigi akibat bahan bervariasi bahan.

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 spesimen roda gigi lurus bahan variasi untuk pengujian keausan dengan variasi beban.
- c) Menguji keausan pada roda gigi lurus variasi bahan dengan variasi beban.
- d) Menganalisis pengaruh variasi beban yang terhadap roda gigi lurus dengan variasi bahan.

1.4. Hipotesis Penelitian

- a) Keausan roda gigi disebabkan oleh material roda gigi yang tidak sesuai dan perawatan yang tidak terjaga.
- b) Pembuatan roda gigi dilakukan dengan memperhitungkan ukuran dan bahan yang akandi buat.
- c) Dalam penelitian ini bahwa roda gigi polimer akan mengalami keausan lebih cepat sedangkan roda gigi baja tidak mengalami ke ausan.
- d) Untuk menguji keausan roda gigi maka diberikan beban yang berbeda, semakin besar beban yang diberikan maka semakin aus roda gigi polimer di bandingkan roda gigi bahan baja tersebut

1.5. Manfaat Penelitian

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

- a. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca

tentang keausan pada roda gigi lurus bahan baja dan 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 baja polimer.



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 system 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 terhadap sumber daya. dapat dilihat pada gambar 2.1 (Raharja & Sunada, 2018).



Gambar 2.1. Roda Gigi (Raharja & Sunada, 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.

3. Kemampuan menerima beban lebih tinggi (Erinopriadi et al., 2015).

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 (Alfauzy, 2019).

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 porom dalam menggerakkan cekam. gigi roda juga berfungsi sebagai peredam gaya torsi

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

4. Mengubah Arah 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. (Alfauzy, 2019)

2.2.2. 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 mengelilingi tana slip. Ukuran gigi dinyatakan dengan jarak bagi lingkaran yaitu jarak sepanjang lingkaran jarak ba gi antara profil dua gigi yang berdekatan.

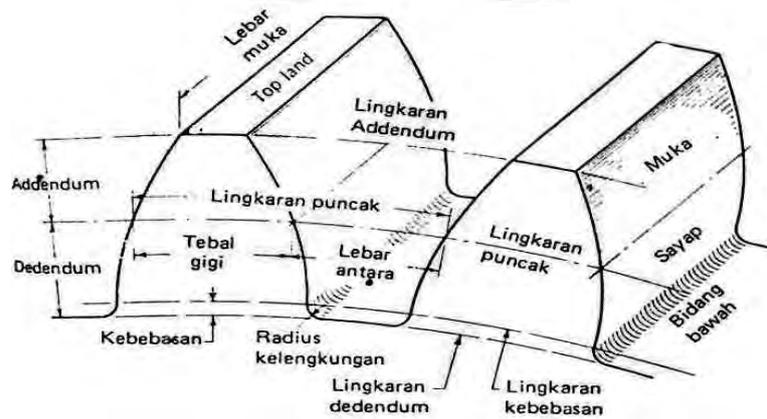
Jika jarak lingkaran bagi dinyatakan dengan d (mm), dan jumlah gigi z , maka jarak bagi lingkaran t (mm) dapat ditulis sebagai berikut :

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

Jadi, jarak bagi lingkaran adalah keliling lingkaran jarak bagi dibagi dengan jumlah gigi. Dengan demikian ukuran gigi dapat ditentukan dari besarnya jarak bagi lingkaran tersebut.

Namun, karena jarak bagi lingkaran selalu mengandung faktor π , pemakaiannya sebagai ukuran gigi kurang praktis. Untuk mengatasi hal ini, diambil ukuran yang di sebut “*modul*” dengan lambang m , di mana :

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



Gambar 2.2. Bagian bagian Roda Gigi (Shigley, 2020)

Keterangan dari gambar:

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

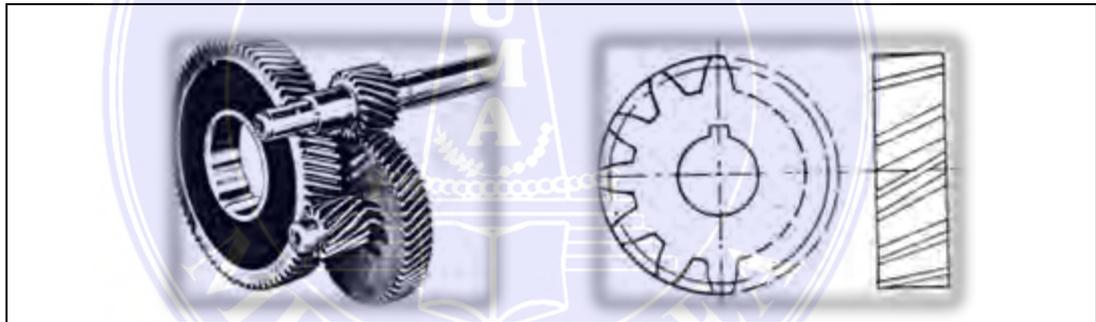
bagi.

10. Lebar gigi (*Face width*) yaitu lebar gigi pada roda gigi secara paralel padasumbunya. (Budiman & Kamil, 2005)

2.2.3. Jenis-jenis Roda Gigi

1. Roda Gigi Lurus

Roda paling dasar dengan jalur gigi yang sejajar dengan poros, contoh nya 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 (Raharja & Sunada, 2018) seperti yang di tunjukan pada gambar 2.3.

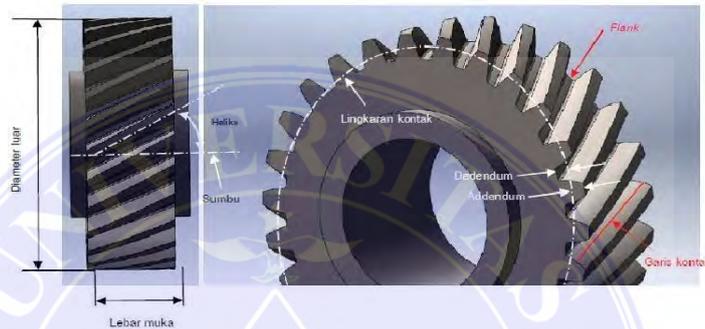


Gambar 2.3. Roda Gigi Lurus

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 (Rullah et al., 2019) 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. Seperti terlihat pada gambar 2.4 (Budiman & Kamil, 2005).



Gambar 2.4. Roda Gigi Miring (Sutanto, 2017)

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 2.5



Gambar 2.5. Roda Miring Ganda (Rullah et al., 2019)

4. Roda Gigi Heliks

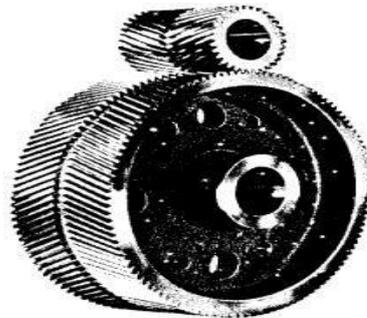
Roda gigi heliks dapat digunakan untuk menghubungkan poros yang sejajar atau untuk poros yang menyudut. Gigi-gigi penyusunnya dibuat menyudut dengan poros roda gigi. Roda gigi ini dipakai untuk menghubungkan poros yang sejajar, atau pada kecepatan yang tinggi. Contoh penggunaannya seperti pada *gearbox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

1. Roda gigi heliks dapat dioperasikan pada kecepatan tinggi daripada roda gigi lurus
2. Roda gigi heliks lebih mudah pengoperasiannya daripada roda gigi lurus
3. Perbedaan senter dapat diatur sesuai dengan sudut gigi
4. Roda Gigi heliks 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*)

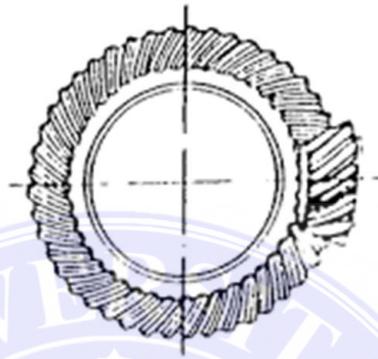
Roda gigi helik ganda merupakan roda gigi helik yang memiliki dua buah alur gigi dengan sudut yang berlawanan. Roda gigi ini digunakan bila kedudukan poros sejajar, diperlukan kecepatan sangat tinggi, dan pada permukaan yang kasar (berat) seperti terlihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6. Roda gigi helik ganda

6. Roda Gigi Kerucut Spiral.

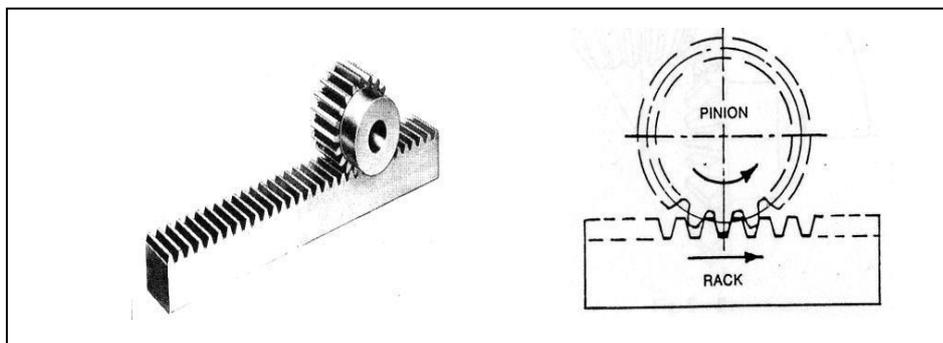
Karena mempunyai perbandingan kontak yang lebih besar, dapat meneruskan tinggi dan beban besar. Contoh penggunaannya pada *grab winch*, *hand winch*, dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Roda Gigi Kerucut Spiral

7. Roda Gigi Rack Dan Pinion

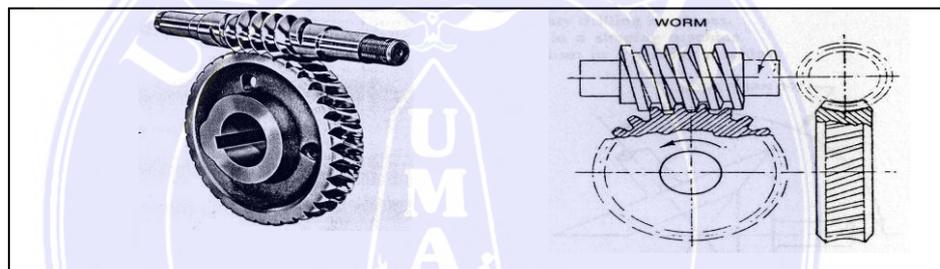
Roda gigi rack merupakan roda gigi dengan gigi-gigi yang dipotong lurus. Sedangkan roda gigi penggeraknya dinamakan pinion. Roda gigi ini bertujuan untuk merubah gerak puitar roda gigi menjadi gerak lurus. Pinion pada umumnya mempunyai jumlah gigi dan ukuran yang lebih kecil dengan gigi lurus ataupun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



Gambar 2.8. Roda Gigi Rak Pinion

8. Roda gigi cacing.

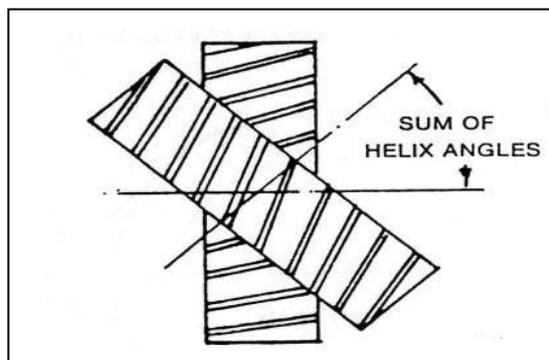
Roda gigi cacing mempunyai gigi yang dipotong menyudut seperti pada roda gigi helik dan dipasangkan dengan ulir yang dinamakan ulir cacing. Penggunaan roda gigi ini biasanya untuk mereduksi kecepatan. Roda gigi ini dalam operasionalnya akan mengunci sendiri sehingga tidak dapat diputar pada arah yang 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.



Gambar 2.9. 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, dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.10. Roda gigi helik

2.2. Klasifikasi Roda gigi

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

1. Sistem transmisinya lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan daya yang besar
2. Sistem yang kompak sehingga konstruksinya sederhana
3. Kemampuan menerima beban lebih tinggi
4. Efisiensi pemindahan dayanya tinggi karena faktor terjadinya slip sangat kecil
5. Kecepatan transmisi rodagigi dapat ditentukan sehingga dapat digunakan dengan pengukuran yang kecil dan daya yang besar (Kiyokatsu Suga, 2004)

Rodagigi harus mempunyai perbandingan kecepatan sudut tetap antara dua poros. Dapat juga dibuat rodagigi yang perbandingan kecepatan sudutnya dapat bervariasi. Ada pula roda gigi dengan putaran yang terputus-putus.

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

2.2.1. Menurut Letak Poros

Klasifikasi roda gigi menurut letak poros dan untuk keterangannya dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1. Klasifikasi Roda Gigi

Letak Poros	Roda Gigi	Keterangan
Roda gigi dengan poros sejajar	Rodagigi lurus	Klasifikasi atas dasar bentuk alur gigi
	Rodagigi miring	
	Rodagigi miring ganda	
	Rodagigi luar	Arah putaran berlawanan
	Rodagigi dalam dan pinion	Arah putaran sama
	Batang gigi dan pinion	Gerakan lurus dan berputar
Roda gigi dengan poros berpotongan	Rodagigi kerucut lurus	Klasifikasi atas dasar bentuk jalur gigi
	Rodagigi kerucut spiral	
	Rodagigi kerucut zerol	
	Rodagigi kerucut miring	
	Rodagigi kerucut miring ganda	
	Rodagigi permukaan dengan poros berpotongan	Rodagigi dengan poros berpotongan berbentuk istimewa
Roda gigi dengan poros silang	Rodagigi miring silang	Kontak gigi
	Batang gigi miring silang	Gerak lurus dan berputar
	Rodagigi cacing silindris	
	Rodagigi cacing selubung ganda	
	Rodagigi cacing samping	
	Rodagigi hiperboloid	
	Rodagigi hipoid	
	Rodagigi permukaan silang	

2.2.2. Menurut arah putaran.

Menurut arah putarannya, rodagigi dapat dibedakan atas:

1. Rodagigi luar ; arah putarannya berlawanan.
2. Rodagigi dalam dan pinion ; arah putarannya sama.(Kiyokatsu Suga, 2004)

2.3. Roda Gigi Lurus

Roda gigi lurus merupakan roda gigi paling dasar dengan jalur gigi sejajar poros. Dalam teori rodagigi pada umumnya dianut anggapan bahwa roda gigi

merupakan benda kaku yang hampir tidak mengalami perubahan bentuk untuk jangka waktulama. Dalam perencanaannya roda gigi memiliki parameter yang harus dimasukkan, diantaranya yang berkaitan dengan ukurannya seperti ditunjukkan gambar, seperti lingkaran jarak bagi, lingkaran kaki dan lain sebagainya. Selain itu juga ada parameter lain seperti modul, bahan roda gigi serta parameter yang berkaitan dengan komponen lain seperti poros dan pasak. (Raharja & Sunada, 2018) Rodagigi lurus digunakan untuk poros yang sejajar atau paralel. Dibandingkan dengan jenis rodagigi yang lain rodagigi lurus ini paling mudah dalam proses pengerjaannya (*machining*) sehingga harganya lebih murah. Rodagigi lurus ini cocok digunakan pada sistem transmisi yang gaya kelilingnya besar, karena tidak menimbulkan gaya aksial.

2.3.1. Ciri-ciri roda gigi lurus adalah:

1. Daya yang ditransmisikan < 25.000 Hp (Hp = *horse power* = daya kuda)
2. Putaran yang ditransmisikan < 100.000 rpm
3. Kecepatan keliling < 200 m/s
4. Rasio kecepatan yang digunakan
 - Untuk 1 tingkat (i) < 8
 - Untuk 2 tingkat (i) < 45
 - Untuk 3 tingkat (i) < 200

(i) = Perbandingan kecepatan antara penggerak dengan yang digerakkan.

5. Efisiensi keseluruhan untuk masing-masing tingkat 96% - 99% tergantung desain dan ukuran. (Raharja & Sunada, 2018)

2.3.2. Analisa Roda Gigi Lurus

1. Perbandingan putaran transmisi (*speed ratio*), dinyatakan dalam notasi: i

Speed ratio:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

Apabila: $i < 1$ = transmisi roda gigi inkripsi > 1 = transmisi roda

2. Jumlah roda gigi

$$Z = \frac{D}{M} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana

Z = Jumlah gigi pada roda gigi (buah).

D = Diameter jarak bagi (mm).

M = Modul gigi (mm).

Harga modul diambil dari tabel harga modul standar JIS B 1701 – 1973 (Buku Sularso, 1983, hal 216).

3. Diameter lingkaran kepala

$$D_k = (Z + 2) m \dots\dots\dots (2.4)$$

Di mana:

D_k = Diameter lingkaran kepala (mm)

4. Diameter lingkaran kaki

$$D_g = z \times m \times \cos \alpha \dots\dots\dots (2.5)$$

Di mana:

D_g = Diameter lingkaran kaki (mm).

α = Sudut tekan (Derajat).

2.4. Variasi Bahan

Dalam penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah roda gigi lurus dengan, material bahan Baja dan bahan Polimer.

2.4.1. Baja

Baja adalah paduan kromium molibdenum karbon sedang, yang merupakan baja paduan yang mengandung kromium dan *molibdenum*. Ini memiliki keunggulan komposisi stabil, elemen berbahaya rendah, kemurnian baja tinggi, lapisan dekarburisasi kecil dan beberapa cacat permukaan. Kekuatan tarik utama adalah 850-1000 Mpa. Bahan ini mencapai keseimbangan yang sangat baik antara kekuatan, ketangguhan dan ketahanan aus. Kandungan kromium dari paduan memberikan kekerasan yang baik, dan elemen *molibdenum* memberikan kekerasan rata-rata dan kekuatan tinggi.

Roda gigi biasa nya terbuat dari baja, besi tuang, perunggu atau bahan sintesis. Yang muktahir nilon, Teflon titanium, dan serbuk besi yang di sinter telah di pakai dengan memuaskan. Banyak variasi bahan yang tersedia memberi kesempatan bagi perencana untuk mendapatkan bahan yang optimum untuk setiap keperluan tertentu, apakah itu berupa kekuatan yang tinggi, umur keausan yang panjang, ketidak seimbangan operasi, atau keandalan yang tinggi. (Shigley, 2020)

Jenis bahan yang tersedia begitu beragam sehingga sulit untuk memilih bahan yang tepat karena itu selama proses perancangan sistem roda gigi disarankan untuk berkonsultasi dengan penyalur bahan. Beberapa dari banyak jenis bahan yang sudah terkenal yang biasa digunakan untuk roda gigi diantaranya ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*), *acetal*, komposit, *polycarbonate*, *polyester*, dan *polyurethane*. Kualitas bahan roda gigi terkait dengan pengoperasian suku cadang

dan seluruh peralatan mesin. Saat memproses gigi besar, kita harus memperhatikan pilihan bahan. Karena itu, kita harus berhati-hati ketika memilih bahan. Bergantung pada kondisi kerja gigi besar (seperti kecepatan dan beban) dan bentuk kegagalan (seperti pitting, *flaking*, atau pecah), roda gigi besar biasanya terbuat dari bahan berikut:

1. Baja struktural karbon sedang atau permukaan dihancurkan dengan 45 baja. Setelah perlakuan panas, sifat mekanik komprehensif baik, tetapi kinerja pemotongan buruk, kekasaran permukaan gigi besar, dan cocok untuk pembuatan roda gigi dengan kecepatan rendah dan beban kecil.

2. Baja karbon berstruktur nano campuran sedang atau permukaannya dipadankan dengan 40cr. Setelah perlakuan panas, bagian mekanis bisa lebih baik dari 45 baja, dan deformasi perlakuan panas kecil, dan digunakan untuk pembuatan roda gigi dengan kecepatan tinggi, presisi tinggi, dan beban besar.

3. Baja karburasi Karburisasi atau *carbonitriding* dilakukan dengan menggunakan 20 cr dan 18 crMnTi. Setelah karburisasi dan pendinginan, kekerasan permukaan gigi dapat mencapai HRc 58-63. Inti memiliki ketangguhan tinggi, yang tahan aus dan tahan benturan. Sangat cocok untuk pembuatan roda gigi berkecepatan.

Karakteristik baja

1. Kekuatan dan ketangguhan tinggi.
2. Properti pendinginan yang bagus dan dapat diperkeras.

Performa permesinan yang bagus di bawah suhu tinggi dan penampilan yang bagus setelah proses permesinan.

3. Kinerja yang baik dalam kemampuan las.

4. Kekuatan tarik yang lebih baik dan persentase perpanjangan dari baja kromium.

Gabungkan dengan Cr dan Mo, Kekerasan tinggi (Raharja & Sunada, 2018).

2.4.2. Polimer

Polimer adalah suatu molekul raksasa (makromolekul) yang tersusun atas molekul kecil (*monomer*) yang berulang melalui ikatan kimia. 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.

Berikut adalah sifat sifat polimer:

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

2.5. Keausan Roda Gigi

Kerusakan roda gigi dapat disebabkan oleh berbagai faktor termasuk pelumasan yang tidak memadai, kondisi operasi, material dan proses manufaktur yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Pelumasan efektif sangat penting pada sistem gigi karena dapat mencegah kontak langsung diantara permukaan gigi, mengurangi gesekan, menghilangkan panas yang dihasilkan oleh permukaan gigi yang saling bersinggungan dan melindungi gigi dari korosi. Secara umum setiap bentuk

kegagalan meninggalkan petunjuk berupa model kegagalan yang khas pada rodagigi.

2.5.1. 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 (kelinding 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:

1. *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*.

2. *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.

3. *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

4. *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.

Ketidaksempurnaan 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.

2.5.2. Faktor Faktorr Yang Mempengaruhi Keausan

1. Dari pasangan (karaterisik dari bahan pasangan tersebut bentuk, kelicinan, kepadatan dan kekerasan permukaan).
2. Dari bahan perantara (fluida butir debu, butir abrasi)
3. Dari beban khusus. Gas, udara dan sebagainya.
4. Dari pergerakan (macam gerakan dan kecepatan).
5. Besaran lainnya (suhu dan segalanya) (Raharja & Sunada, 2018)
(Neimann, G.anton Budiman, 1999)

2.5.3. Pertimbangan terhadap Keausan

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

1. Susunan roda gigi yang terlumasi secara terus menerus yang akan memberikan umur paling panjang.

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

Keuntungan menggunakan roda gigi komposit atau variasi bahan adalah:

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

Kerugian menggunakan bahan Komposit atau bahan Variasi

1. Manufaktur roda gigi membutuhkan peralatan dan perlengkapan khusus.
2. Kesalahan pada pemotongan gigi dapat menyebabkan getaran dan noise

selama pengoperasian.(Rullah et al., 2019)

2.5.4. Pengurangan Keausan

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

1. Pasangan bahan yang ideal. Biasanya keamanan 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 pegas bukan 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 faktorgesek dengan permukaan yang licin, pelumasan yang baik dan penyekat yang lebih aman untuk mencegah masuknya partikel asing dan alur pembuangan debu dan sisa gesekan. (G.Nieman dan Anton Budiman, 199 C.E.)

Untuk mendapatkan perhitungan menganalisa keausan dalam sebuah gear sebagai berikut:

Rumus analisa ke ausan

$$\text{Keausan} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

A_0 = Luas awal

A_1 = Luas akhir

2.6. Sistem Transmisi

Sistem transmisi berfungsi untuk meneruskan putaran dari mesin ke arah putaran roda penggerak, dan untuk mengatur kecepatan putaran dan momen yang dihasilkan oleh putaran mesin saat kendaraan dinyalakan. Momen yang dihasilkan oleh mesin mendekati konstan dan tenaga bertambah sesuai dengan putaran mesin. Momen yang besar dibutuhkan saat pertama kali mesin dinyalakan atau saat melewati jalan dengan kemiringan tertentu. Sedangkan pada jalan yang rata momen yang besar tidak dibutuhkan, kecuali kecepatan.

Transmisi digunakan untuk mengatasi permasalahan ini, yaitu dengan cara menukar kombinasi gigi, untuk merubah tenaga mesin menjadi momen sesuai dengan kondisi jalan dan memindahkan momen tersebut ke roda roda. Bila kendaraan berjalan mundur, arah putaran dibalik oleh transmisi sebelum dipindahkan ke roda. Secara sederhana dapat dijelaskan sistem transmisi, merupakan sistem yang berfungsi untuk mengonversi torsi dan kecepatan (putaran) dari mesin menjadi torsi dan kecepatan yang berbeda beda untuk diteruskan ke penggerak akhir. Konversi ini mengubah kecepatan putar yang tinggi, menjadi lebih rendah tetapi bertenaga. Salah satu sistem transmisi adalah roda gigi. Roda gigi sering digunakan karena dapat meneruskan putaran dan daya yang lebih bervariasi dan lebih kompak daripada menggunakan alat transmisi yang lainnya, selain itu roda gigi juga memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan alat transmisi lainnya, yaitu

1. System transmisinya lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan daya yang besar.
2. Sistem yang kompak sehingga konstruksinya sederhana.
3. Kemampuan menerima beban lebih tinggi.
4. Efisiensi pemindahan dayanya tinggi karena faktor terjadinya slip sangat kecil.

5. Kecepatan transmisi rodagigi dapat ditentukan sehingga dapat digunakan dengan pengukuran yang kecil dan daya yang besar

2.6.1. Sistem Transmisi Pada Roda Gigi

Berikut beberapa jenis sistem transmisi roda gigi yang dipergunakan pada transmisi, yaitu antara lain:

1. *Spur Gear*

Bentuk giginya lurus sejajar dengan poros, dipergunakan untuk roda gigi geser atau yang bisa digeser (*Sliding mesh*).

2. *Helical Gear*

Bentuk giginya miring terhadap poros, dan Roda gigi jenis *Double Helical* bentuk giginya *double* miring terhadap poros dipergunakan untuk roda gigi tetap atau yang tidak bisa digeser (*Constant mesh dan synchromesh*).

3. Roda gigi jenis *Epicyclic*.

Bentuk giginya lurus atau miring terhadap poros, dipergunakan untuk roda gigi yang tidak tetap kedudukan titik porosnya (*Constant mesh*).

Sebenarnya penerapan *gearless transmission* sudah ada sejak jaman dahulu, tetapi mungkin masyarakat sekarang kurang mengetahuinya. Berikut sedikit contoh dari penerapan *gearless transmission* di jaman dahulu maupun saat ini :

1. Mekanisme pada menara Bigben tahun 1685.
2. Pompa pelumasan pada mesin bubut CNC.
3. Digunakan untuk pengeboran sudut antara 0-90 derajat.
4. Pendingin udara pada alat elektronik dan komputer, dll.

Beberapa keuntungan yang diperoleh dalam penggunaan *gearless transmission* adalah sebagai berikut:

1. Efisiensi lebih antara input dan *output*.
2. Mempunyai kecepatan yang konstan tanpa *backlash*.
3. Mudah dalam pembuatan dengan mesin produksi.
4. Sedikit gesekan.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian

3.1.1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian ini yaitu dilakukan di Laboratorium Manufaktur Prodi Teknik Mesin Universitas Medan Area Sumatera Utara kampus 1 jalan Kolam.

3.1.2. Waktu

Adapun waktu dan penelitian yang sejak tanggal di keluarkanya Surat keputusan tugas akhir dan penentuan dosen pembimbing sebagai berikut.

Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir

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

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan

1. Baja

Bahan baja yang di gunakan pada penelitian ini yaitu baja Baja karbon sedang yang mengandung karbon antara 0.3% sampai 0.6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang digunakan untuk peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros engkol, sekrup dan alat presisi.

Diameter luar baja yaitu 113,5 mm, diameter dalam 40 mm. Bentuk *specimen* sebelum dibubut: pada uji roda gigi lurus variasi dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1. Baja

2. Polimer

Bahan yang di gunakan pada penyelidikan ini adalah polimer, 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). Diameter luar yaitu 113,5 mm, diameter dalam 40 mm,

Bentuk specimen sebelum dibubut: pada uji roda gigi lurus variasi bahan dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut ini:

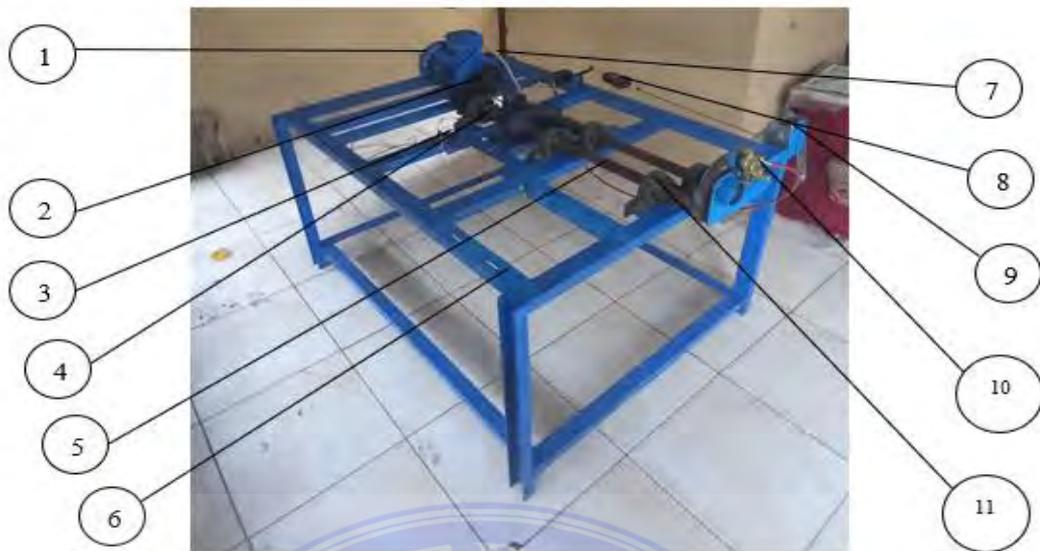


Gambar 3.2. Polimer

3.2.2. Alat

1. Rig Roda Gigi

Merupakan alat uji yang akan digunakan untuk menguji roda gigi, alat ini di buat khusus untuk menguji roda gigi berbagai macam jenis roda gigi. Roda gigi yang digunakan yaitu berbahan polimer dan baja dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3. Mesin Uji Roda Gigi Lurus

Keterangan Gambar

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

Kertas milimeter di gunakan untuk penelitian ini adalah kertas millimeter transparan yang telah di print dengan menggunakan *plastic film* sehingga menghasilkan kertas milimeter yang transparan untuk mempermudah saat mengukur luas awal roda gigi sebelum di uji sampai dengan mengukur luas akhir roda gigi.



Gambar 3.4. Kertas mili meter

2. Canon scanner

Scanner digunakan untuk mengukur luas awal roda gigi sebelum di uji dan dan luas roda gigi setelah di uji untuk mengukur roda gigi dengan cara meletakkan roda gigi di atas kertas millimeter kemudian letakkan pada posisi scan, atur tata letak roda gigi pada alat scan untuk mendapat kan posisi yang di butuhkan atau posisi yang maksimal.



Gambar 3.5. Cannon Scanner

3. Pensil

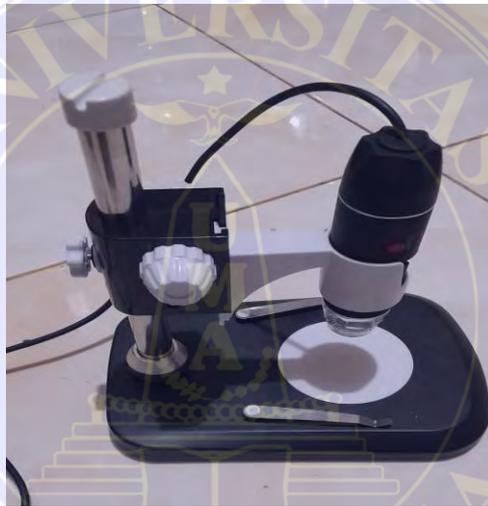
Pensil berfungsi untuk menulis hasil dari semua penelitian mulai dari data awal pengujian sampai data akhir hasil pengujian atau putaran yang di hasilkan.



Gambar 3.6. Pensil

4. Mikroskop

Digunakan untuk mengambil gambar atau men zoom gambar dalam skala kecil untk memudahkan pada saat pengukuran roda gigi.



Gambar 3.7. Mikroskop

5. Kertas pasir

Di gunakan untuk membersihkan permukaan dan gigi pada roda gigi setelah di uji, dan sebelum di uji untuk mempermudah melakukan pengukuran awal roda gigi dengan membersihkan hasil kikisan atau keausan yang mengenggu saat pengukuran



Gambar 3.8. Kertas Pasir

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

1. Mengumpulkan informasi tentang karakteristik roda gigi yang diambil dari berbagai sumber, termasuk spesifikasi teknis, material, dimensi, dan parameter desain.
2. Mengukur dimensi dan fitur fisik dari setiap roda gigi menggunakan kertas milimeter.
3. Menguji ketahanan dan kekuatan setiap roda gigi menggunakan metode uji kekuatan yang sesuai, seperti tes keausan, tes kekuatan bending, dan lain-lain.
4. Menganalisis hasil penelitian untuk menarik kesimpulan tentang kualitas, performa, dan perbandingan antara berbagai jenis roda gigi lurus yang telah diteliti.

3.4 Populasi dan Sampel

3.4.1 Populasi Penelitian:

Populasi penelitian ini terdiri dari berbagai jenis roda gigi lurus 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 100 buah roda gigi lurus yang dipilih secara acak dari berbagai sektor industri yang telah disebutkan sebelumnya. Sampel ini akan mencakup berbagai ukuran dan material roda gigi untuk mencerminkan keragaman yang ada dalam populasi.

3.4.3. Metode Pengambilan Sampel:

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

3.5 Prosedur Kerja

Langkah-langkah prosedur pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

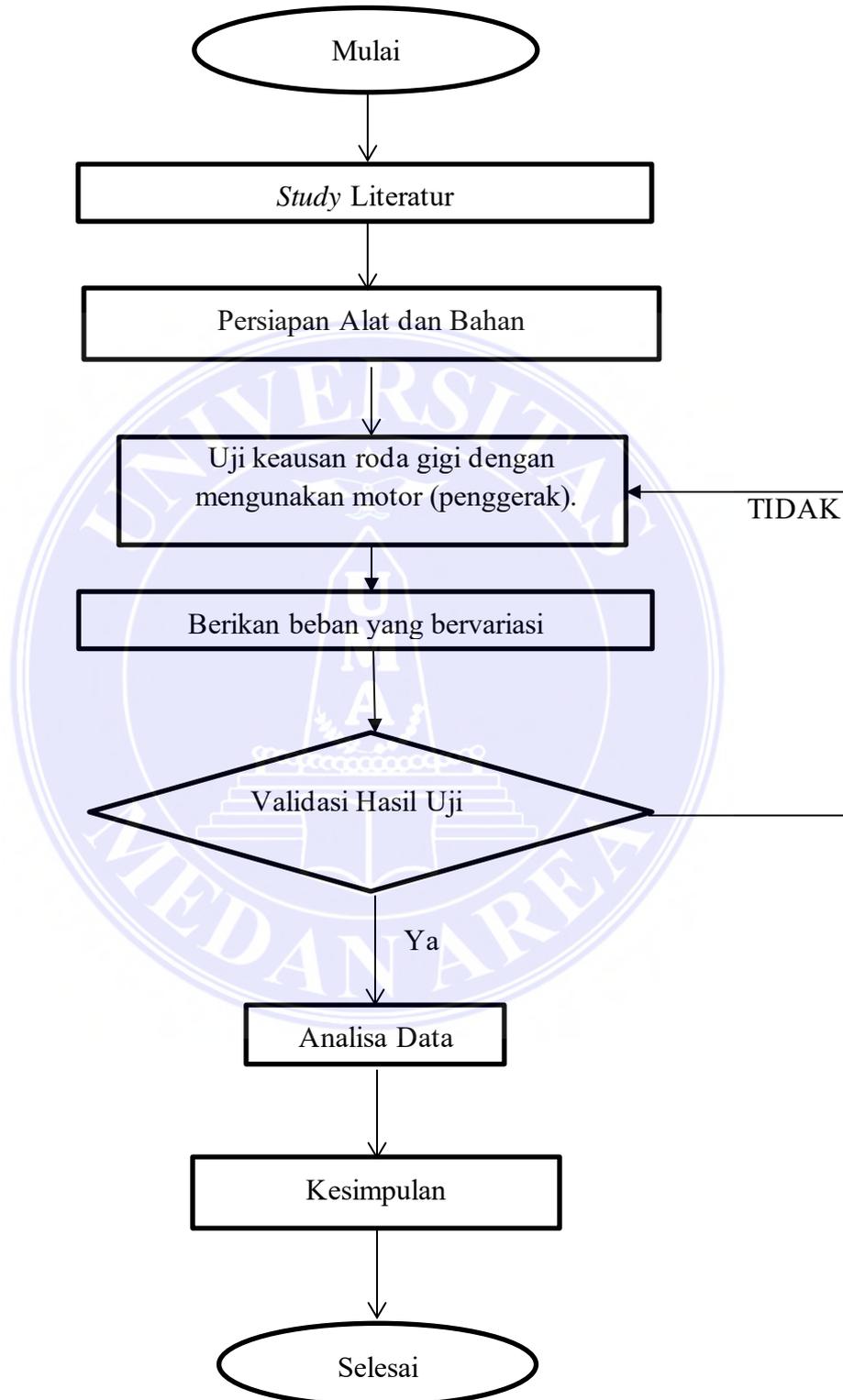
1. Scan Roda gigi sebelum di uji untuk mengetahui ukuran awa sebelum di uji dengan cara meletakkan roda gigi di atas kertas millimeter kemudian atur

tataletak roda gigi pada alat scan untuk mendapat kan posisi yang di butuhkan

2. Setting roda gigi pada alat uji, atur posisi roda gigi pada alat uji rig kemudian kencangkan
3. Nyalakan Mesin uji rig dengan memutar tombol on pada inverter kemudian
4. Berikan Beban beban pada *handle* rem dengan menarik tuas *hanwich* pada alat uji rig, berikan beban sesuai yang di butuh kan.
5. Setting Waktu Pengujian dengan mencari titik stabil pada sensor putaran
6. Ambil Data Pengujian (Putaran, Beban Yang diberikan, dan Waktu)
7. Waktu Pengujian Selesai matikan mesin dengan menekan tombol *of* pada inverter dan tunggu mesin benar benar berhenti kemudian
8. Buka roda gigi dengan pelan supaya tidak terjadi gesekan pada roda gigi
9. Scan kembali roda gigi yang telah di lakukan dengan cara pengukuran luas awal roda gigi.
10. Lakukan pengujian roda gigi kembali menggunakan beban yang berbeda

3.5.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.5 dibawah ini :



Gambar 3.9. Diagram Alir Penelitian.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Keausan roda gigi dapat disebabkan oleh berbagai faktor termasuk pelumasan yang tidak memadai, kondisi operasi, usia material dan proses manufaktur yang tidak sesuai dengan spesifikasi
2. Proses pembuatan dilakukan dengan mengikuti prosedur pembuatan, mulai dari perencanaan, penjadwalan, pemilihan bahan, pengukuran bahan, pembuatan dan finishing.
3. Penelitian ini diidentifikasi bahwa roda gigi lurus bahan polimer mengalami keausan diakibatkan adanya gesekan yang besar akibat pembebanan yang diberikan.
4. Untuk menguji keausan roda gigi maka diberikan beban yang bervariasi, semakin besar beban yang diberikan maka semakin aus pula pada roda gigi bahan polimer. Hasil putaran 1430 rpm pada beban 2,8 N maka keausan terbesar mencapai 14% pada pengujian.

5.2. Saran

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

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

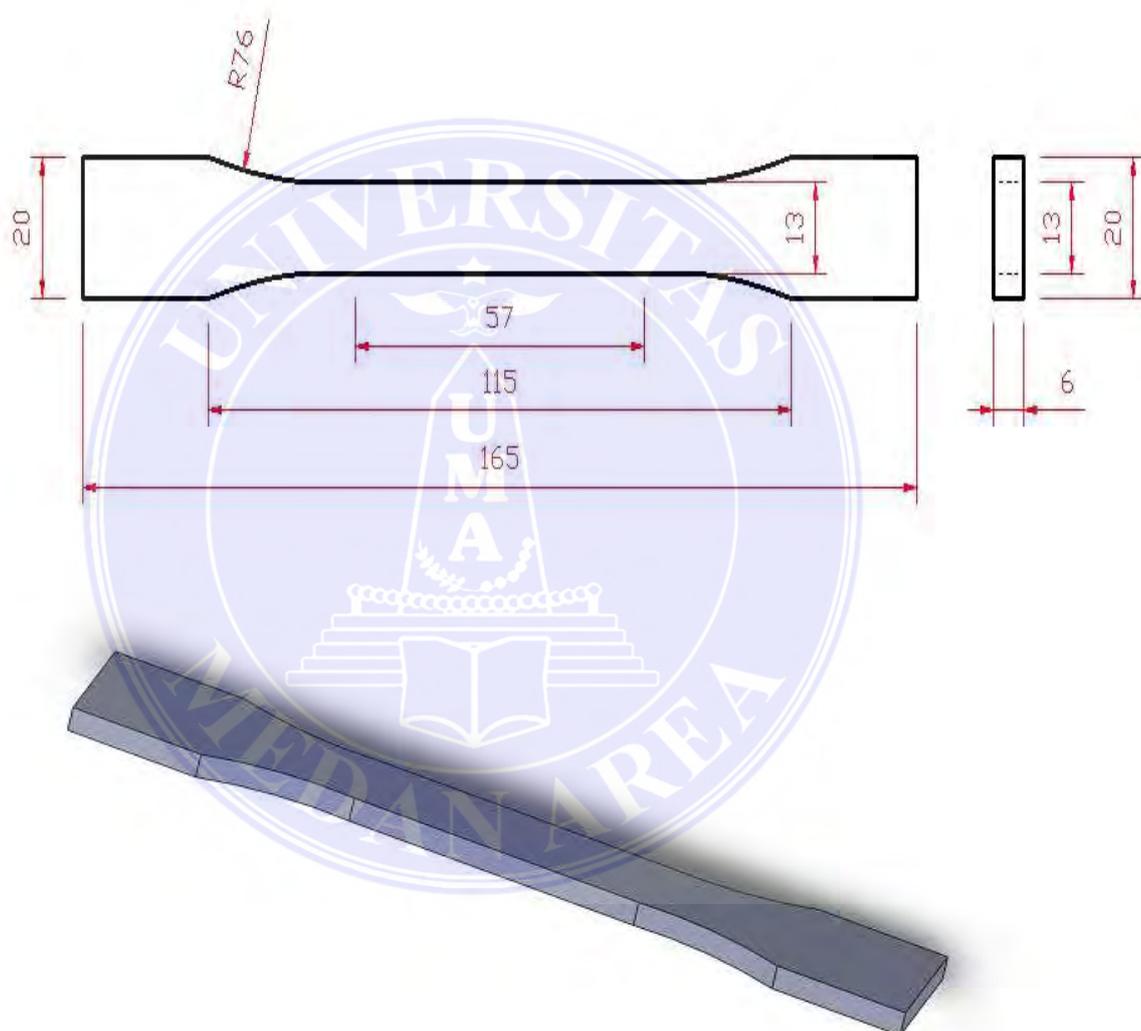


DAFTAR PUSTAKA

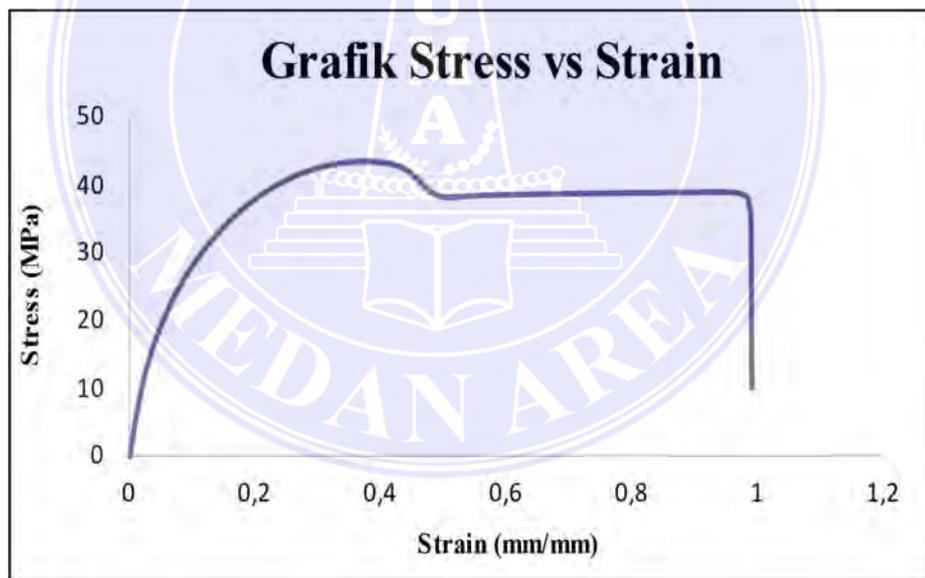
- Alfaury, A. S. (2019). Pembuatan Roda Gigi Dari Bahan Serbuk Logam Tembaga Dan Aluminium Dengan Proses Kompaksi. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(3), 121. <https://doi.org/10.32497/jrm.v14i3.1641>
- Budiman, H., & Kamil, M. (2005). Pemodelan Perencanaan Roda Gigi Lurus. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, 2005(Snati)*, 15–18.
- Erinopriadi, E., Kevin, A., & Hendra, H. (2015). Perancangan Roda Gigi Lurus, Roda Gigi Miring Dan Roda Gigi Kerucut Lurus Berbasis Program Komputasi. *Mechanical*, 4(1), 16–21.
- G.Nieman dan Anton Budiman. (199 C.E.). *Elemen Mesin (Disain dan Kalkulasi dari Sambungan, Bantalan, Poros) Jilid 1* (I. B. Priambodo (Ed.); Keempat). Erlangga.
- Kiyokatsu Suga, S. (2004). *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin* (Ke 1). Pradnya Paramita.
- Neimann, G.anton Budiman, B. P. (1999). *elemen mesin* (Ir. Anton Budiman (Ed.)). Penerbit Erlangga.
- Raharja, B. S., & Sunada, I. M. (2018). Analisa Keausan Roda Gigi Lurus Secara Mikroskopik Dengan Variasi Beban. *Jurnal Teknik Mesin*, 14(2), 299–305.
- Rullah, A. A., Samudra, B. T., Rizki, F. T., Azharis, V., Prasetyo, J., & Junaidi, J. (2019). *Analisis Karakteristik Roda Gigi Miring Pada Transmissi*. March, 1–6.
- Shigley, Joseph E. (2020). *Perancangan Teknik Mesin* (ke-2). Penerbit Erlangga.
- 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>
- Sutanto, H. (2017). Analisis Tegangan Roda Gigi Miring pada Transmisi Kendaraan Roda Empat berdasarkan Agma dan Ansys. *Jurnal Nasional*, 12(1), 17–25.

LAMPIRAN

Uji Tarik Spesimen



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



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