

PERANCANGAN GEAR HELIX MENGGUNAKAN MATERIAL AISI 4340 DENGAN KEKERASAN 48 HRC

Ahmad Gunawan Sihombing, Junaidi, Muhammad Arifin

Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan, Indonesia

ahmadgunawan.sihombing16@gmail.com; junaidi@unhar.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis gear helix menggunakan material baja paduan AISI 4340 yang telah mengalami perlakuan panas hingga mencapai kekerasan 48 HRC. Gear helix dipilih karena kemampuannya mentransmisikan daya secara efisien, dengan kebisingan rendah dan beban kerja yang merata. Material AISI 4340 dipilih berdasarkan sifat mekanik unggul seperti kekuatan tarik tinggi, ketangguhan, serta ketahanan terhadap keausan dan kelelahan material. Proses pemesinan gear helix dilakukan menggunakan mesin frais universal manual, yang memungkinkan pemotongan presisi dengan kontrol penuh oleh operator. Parameter desain gear meliputi modul 3 mm, jumlah gigi 24, sudut heliks 20° , lebar muka 30 mm, dan diameter bore 20 mm. Setelah proses perlakuan panas, material diuji menggunakan alat uji Rockwell untuk memastikan kekerasan mencapai 48 HRC. Selanjutnya, pemotongan gigi dilakukan secara bertahap, dengan mengatur kecepatan potong dan feed rate yang sesuai, serta penggunaan dividing head untuk membentuk sudut heliks. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin frais universal manual mampu menghasilkan gear helix dengan dimensi dan bentuk yang presisi. Gear helix yang dihasilkan memiliki ketahanan aus yang baik serta kekuatan struktural yang mampu mendukung beban kerja tinggi. Penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi antara material AISI 4340 dan proses pemesinan manual yang tepat dapat menghasilkan komponen mekanik berkualitas tinggi yang layak diaplikasikan dalam industri transmisi daya.

Kata-Kata Kunci : Gear Helix, Aisi 4340, Kekerasan 48 Hrc, Mesin Frais Universal Manual, Transmisi Daya

I. Pendahuluan

Gear helix adalah salah satu jenis roda gigi yang banyak digunakan dalam aplikasi transmisi daya, seperti pada industri otomotif, manufaktur, dan alat berat. Keunggulannya terletak pada kemampuan untuk mentransmisikan daya dengan efisiensi tinggi, kebisingan yang rendah, serta distribusi beban yang lebih merata dibandingkan gear spur. Masalah utama dalam aplikasi gear helix adalah keausan dan kelelahan material yang mengakibatkan kegagalan mekanis, menurunkan efisiensi, dan meningkatkan biaya perawatan. Alasan mengapa dalam penelitian ini harus diteliti sebab kebutuhan industri, gear helix digunakan secara luas di berbagai industri kritis seperti otomotif dan manufaktur, sehingga pengembangan desain yang lebih tahan lama dan efisien akan memberikan dampak signifikan terhadap operasional dan biaya. Efisiensi operasional pada material AISI 4340 dengan kekerasan 48 HRC menawarkan potensi untuk mengatasi masalah keausan dan kelelahan material, namun belum banyak penelitian yang mengeksplorasi aplikasinya secara menyeluruh pada gear helix, dan sebagai kontribusi ilmu pengetahuan, penelitian ini dapat mengisi kesenjangan pengetahuan terkait pengaruh kekerasan material terhadap performa gear helix, serta memberikan data empiris untuk pengembangan desain di masa depan.

II. Metodologi

2.1 Helix

Gear helix, atau roda gigi heliks, adalah jenis roda gigi dengan gigi-gigi yang dipotong

membentuk sudut terhadap sumbu rotasi. Berbanding terbalik dengan gear lurus, gear helix dirancang dengan sudut gigi yang miring (heliks) yang memberikan sejumlah keuntungan, seperti transmisi daya yang lebih halus, efisiensi yang lebih tinggi, dan pengurangan kebisingan saat beroperasi.



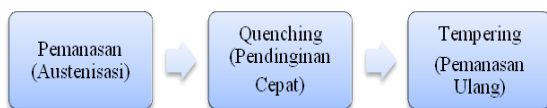
Gambar 1. Gear helix

Pada Gambar 1 di atas, ditampilkan contoh gear helix yang terbuat dari baja karbon dengan kekerasan tinggi.

2.2 Perlakuan Panas dan Kekerasan Material

Perlakuan panas adalah proses penting dalam meningkatkan sifat mekanik material. Untuk mencapai kekerasan 48 HRC pada AISI 4340, biasanya dilakukan proses quenching dan tempering. Perlakuan panas pada material AISI 4340 bertujuan untuk meningkatkan kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan ausnya sehingga dapat digunakan dalam aplikasi industri yang memerlukan

daya tahan tinggi. Proses perlakuan panas dimulai dengan austenisasi, di mana baja AISI 4340 dipanaskan hingga suhu sekitar 830–860°C untuk mengubah struktur mikro menjadi austenit. Selain meningkatkan kekerasan, perlakuan panas juga mempengaruhi sifat lain seperti ketahanan aus dan kelelahan material. Baja AISI 4340 dengan kekerasan 48 HRC memiliki ketahanan aus yang lebih tinggi dibandingkan baja karbon biasa karena struktur martensit temper yang lebih stabil. Dalam aplikasi praktis, perlakuan panas pada AISI 4340 harus dilakukan dengan memperhatikan standar industri seperti ASTM A29 dan SAE AMS 6415, yang memberikan pedoman mengenai suhu pemanasan, media pendingin, dan kondisi tempering yang tepat.



Gambar 2. Siklus Perlakuan Panas AISI 4340

Proses ini menghasilkan material dengan kekerasan yang diinginkan serta sifat mekanik yang optimal untuk aplikasi pada gear helix. Siklus perlakuan panas pada material AISI 4340 terdiri dari tiga tahap utama, yaitu pemanasan (austenisasi), quenching (pengerasan), dan tempering (pemanasan kembali).

2.3 Standar dan Toleransi pada Gear Helix

Dalam perancangan gear helix, penting untuk mempertimbangkan standar dan toleransi yang berlaku guna memastikan kinerja optimal dan kompatibilitas dengan komponen lain. Standar seperti AGMA (American Gear Manufacturers Association)

Tabel 1. Toleransi Umum untuk Gear Helix Sesuai dengan Standar AGMA

Parameter	Toleransi AGMA
Ketebalan Gigi	± 0.02 mm
Kekasaran Permukaan	≤ 1.6 μ m
Deviasi Profil Gigi	± 0.01 mm

Ketebalan gigi roda gigi heliks ditentukan oleh parameter seperti modul, jumlah gigi, dan sudut heliks. Standar AGMA menetapkan toleransi untuk ketebalan gigi guna memastikan distribusi beban yang merata dan menghindari keausan dini.

2.4 Mesin Frais Universal Manual

Mesin frais universal disebut “manual” karena seluruh operasionalnya dijalankan dengan kendali tangan secara langsung oleh operator, bukan dikendalikan melalui sistem numerik seperti CNC (*Computer Numerical Control*). Keunggulan utama dari mesin frais universal terletak pada fleksibilitasnya

2.5 Jenis-Jenis Mesin Frais Universal Manual

1) Hand Milling Machine



Gambar 3. Horizontal Frais

2) Horizontal Frais



Gambar 4. Horizontal Frais

Merupakan jenis mesin dengan spindle yang sejajar dengan meja kerja yang dipakai untuk mengolah berbagai benda atau material.

3) Vertikal Frais



Gambar 5. Vertikal Frais

Mesin frais vertikal (*vertical milling machine*) adalah mesin frais yang sumbu spindelnnya tegak lurus dengan meja. Mesin frais vertikal hanya memiliki alat pemotong atau pisau

yang berorientasi vertikal yang dapat dinaikkan atau diturunkan. Disebut mesin frais horisontal jika kedudukan sumbu spindle mesin sejajar dengan permukaan meja mesin, dan disebut mesin frais vertikal jika sumbu spindle mesin tegak lurus terhadap permukaan meja mesin.

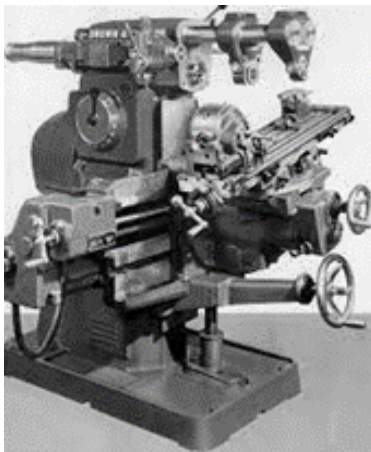
4) Universal Frais



Gambar 6. Universal Frais

Mesin yang ini mempunyai perbedaan dengan mesin lainnya. Jadi, mesin adalah gabungan dari mesin horizontal dan juga vertikal. Mesin ini juga mempunyai spindle dengan posisi yang tegak dan mendatar. Operator dapat menggunakan banyak alat potong dengan menggunakan mesin.

5) Frais Omniversal



Gambar 7. Frais Omniversal

Pada mesin ini, meja memiliki empat gerakan mesin penggilingan universal. Ini juga dapat dimiringkan di bidang vertikal dengan memberikan pengaturan putar di knee. Susunan putar meja tambahan dapat membantu dalam permesinan alur spiral pada mesin frais omniversal.

6) Jenis Frais Fixed Bed



Gambar 8. Frais Fixed Bed

Mesin ini memiliki ukuran yang sangat besar, berat dan kokoh. Biasanya alat ini berada apada satu tempat dan tidak dapat di pindah-pindahkan. Pergerakan meja ini terbatas pada sudut tanpa ketentuan untuk penyetelan silang maupun vertical. Mesin frais ini diklasifikasikan menjadi 3 jenis yaitu:

- 1) *Simplex* (Kepala silinder tunggal)
- 2) *Duplex* (Dua kepala *spindle*)
- 3) *Triplex* (Tiga kepala *spindle*)

Perancangan gear helix dengan material AISI 4340 dan kekerasan 48 HRC bertujuan untuk meningkatkan kinerja dan umur pakai gear dalam aplikasi industri. Kerangka berpikir penelitian ini di dapat dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 9. Kerangka Berpikir

2.5 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen terapan, yang dilakukan untuk merancang, memproduksi, dan mengevaluasi gear helix menggunakan material AISI 4340 dengan kekerasan 48 HRC pada mesin frais universal manual. Tujuan utama penelitian ini adalah mengetahui bagaimana karakteristik mekanik material AISI 4340 mampu mendukung performa gear helix dalam aplikasi kerja nyata, khususnya dari segi ketahanan aus, kekuatan terhadap beban, serta ketepatan bentuk profil gigi gear. Pemilihan material ini didasarkan pada sifat mekanis unggul AISI 4340,

seperti kekuatan tarik tinggi, ketangguhan, dan ketahanan terhadap kelelahan material. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi teknis dalam proses produksi gear berbasis manual, khususnya dalam menentukan parameter kerja yang optimal agar diperoleh keseimbangan antara efisiensi pemesinan, umur pakai gear, dan kualitas hasil akhir.

2.6 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat tiga jenis variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas merupakan faktor yang memengaruhi hasil akhir gear helix yang dirancang. Variabel ini meliputi material yang digunakan, yaitu baja paduan AISI 4340 yang telah mengalami proses perlakuan panas hingga mencapai kekerasan 48 HRC.

2.7 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini di Jln. Brigjen Katamso Gg. Setia No 15 Medan di Bengkel Setia. Lokasi ini dipilih karena memiliki fasilitas permesinan lengkap, termasuk mesin frais universal manual, peralatan ukur presisi seperti mikrometer dan jangka sorong, serta alat bantu lainnya yang mendukung kegiatan produksi dan pengujian gear helix secara manual.

2.8 Prosedur Penelitian

Tahap pertama adalah perancangan gear helix, yang dilakukan secara manual berdasarkan perhitungan teknis untuk menentukan parameter gear, yaitu modul 3 mm, jumlah gigi 24, sudut heliks 20° , lebar muka 30 mm, dan bore 20 mm. Setelah desain ditentukan, tahap selanjutnya adalah persiapan material dan pengujian kekerasan. Tahap ketiga adalah pemasangan material pada mesin frais universal manual. Benda kerja dijepit dengan kuat menggunakan ragum, dan kepala pembagi (*dividing head*) disesuaikan dengan sudut heliks yang telah dirancang sebelumnya. Selanjutnya dilakukan proses pemesinan gear helix, di mana gigi gear dipotong secara bertahap dengan pengaturan parameter sebagai berikut: kecepatan potong sekitar ± 25 m/menit, feed rate 0,05–0,1 mm per gigi, kedalaman potong $\pm 0,3$ –0,5 mm secara bertahap, dan sudut heliks 20° . Setelah proses pemesinan selesai, dilakukan pengukuran dan evaluasi hasil.

2.9 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara langsung selama proses pembuatan gear helix menggunakan mesin frais universal yang manual. Data diperoleh dari pengukuran dimensi gear, termasuk jumlah gigi, modul, sudut heliks, diameter bore, dan lebar muka dengan menggunakan alat ukur presisi seperti mikrometer sekrup dan jangka sorong.

2.10 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif, yaitu dengan mengolah dan menafsirkan data numerik yang dikumpulkan selama proses perancangan dan pemesinan gear helix menggunakan mesin frais universal manual. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil akhir gear helix terhadap standar desain yang telah ditentukan sebelumnya, seperti modul, jumlah gigi, sudut heliks, lebar muka, dan diameter bore.

III. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Bahan AISI 4340

AISI 4340 adalah jenis baja paduan rendah (*low alloy steel*) yang termasuk dalam kelompok baja kekuatan tinggi karena kombinasi unsur paduannya yang dirancang khusus untuk memberikan sifat mekanik unggul. Tiga elemen utama dalam komposisinya nikel (Ni), krom (Cr), dan molibdenum (Mo) berperan penting dalam membentuk karakteristik material ini. Nikel bertugas meningkatkan ketangguhan (*toughness*) dan ketahanan terhadap benturan, bahkan dalam suhu rendah, menjadikan baja ini cocok digunakan dalam aplikasi dinamis dan struktural.

Kelebihan AISI 4340:

1. Sangat cocok untuk komponen mesin yang mengalami beban berat dan getaran tinggi.
2. Bisa difabrikasi dengan berbagai proses pemesinan, pengelasan, dan perlakuan panas.
3. Tahan aus dan lelah (*fatigue resistance*) sangat baik.
4. Cocok digunakan untuk gear, *shaft*, *crankshaft*, dan baut kekuatan tinggi.

3.2 Hubungan AISI 4340 dengan Mesin Frais Universal Manual

Mesin frais universal manual adalah mesin frais yang memiliki kemampuan untuk melakukan pemesinan permukaan datar, alur, profil melengkung, roda gigi, dan lain-lain, dengan poros spindle yang bisa diatur dan meja yang dapat digerakkan ke berbagai arah (x, y, z). Hubungan antara baja AISI 4340 dan mesin frais universal manual sangat penting dalam konteks manufaktur dan rekayasa mekanik. AISI 4340 adalah baja paduan rendah yang mengandung nikel, krom, dan molibdenum, dikenal karena kekuatan tarik tinggi, ketangguhan yang baik, serta ketahanan aus dan kelelahan yang sangat baik, bahkan setelah proses pengerasan.

3.3 Pengaruh Bahan AISI 4340 terhadap Proses Frais Manual

Tabel 1. Bahan AISI 4340 terhadap Proses Frais Manual

Aspek	Penjelasan
Kekerasan Material	AISI 4340 yang sudah mengalami heat treatment (48 HRC) akan lebih keras, sehingga proses frais akan lebih sulit dibandingkan baja lunak seperti AISI 1020.
Pemilihan Mata Frais (cutter)	Untuk pengerjaan AISI 4340 yang keras, diperlukan mata frais berbahan karbida (carbide tool) atau HSS kualitas tinggi (HSS-Co atau HSS-M42).
Kecepatan Potong	Karena keras, maka kecepatan potong (cutting speed) harus rendah (sekitar 20–35 m/menit untuk HSS), dengan depth of cut dan feed rate disesuaikan agar tidak cepat aus.
Pendinginan	Wajib menggunakan pendingin (coolant) untuk menghindari kerusakan pada cutter dan menjaga temperatur kerja.
Keausan alat	Karena abrasif, alat potong akan cepat aus, jadi penting untuk memantau keausan secara rutin.
Kebutuhan Keahlian Operator	Proses frais manual terhadap AISI 4340 membutuhkan operator terampil, karena presisi dan kestabilan pemakanan sangat penting.

3.4 Pengertian Mesin Frais Manual

Mesin frais atau milling machine telah menjadi salah satu mesin paling penting dalam dunia manufaktur sejak awal revolusi industri. Mesin ini pertama kali ditemukan pada abad ke-19 dan terus berkembang hingga menjadi mesin yang kita kenal sekarang, yang digunakan dalam berbagai aplikasi pemesinan, mulai dari pemotongan datar hingga pembuatan roda gigi.

Seiring dengan berjalannya waktu, mesin frais universal manual terus berkembang dengan penyempurnaan pada komponen-komponen utamanya. Beberapa komponen utama dari mesin frais universal manual meliputi:

1. Meja Kerja (Table)

Komponen ini berfungsi untuk menahan benda kerja yang akan diproses. Meja kerja dapat digerakkan secara horizontal dan vertikal, tergantung pada arah pemotongan yang diinginkan.

2. Spindle

Sebagai poros utama yang memutar alat potong, spindle pada mesin frais universal manual dapat diatur kecepatannya untuk disesuaikan dengan kebutuhan pemotongan berbagai material.

3. Kepala Frais (Milling Head)

Kepala frais adalah tempat alat potong dipasang dan dapat diputar atau dimiringkan, memberi fleksibilitas untuk pemotongan pada berbagai sudut.

4. Dividing Head

Komponen ini digunakan untuk membagi gerakan benda kerja secara presisi, penting dalam pemotongan roda gigi dan komponen dengan jumlah gigi tertentu.

5. Pengatur Kecepatan

Mesin frais universal manual dilengkapi dengan pengatur kecepatan putaran spindle, yang memungkinkan operator untuk memilih kecepatan putar yang tepat sesuai dengan material dan jenis pemotongan.

3.5 Karakteristik Material AISI 4340 dengan Kekerasan 48 HRC dalam Mendukung Performa Gear Helix

Material AISI 4340 adalah baja paduan yang mengandung elemen-elemen seperti nikel, krom, dan molibdenum, yang memberikan sejumlah sifat unggul, termasuk kekuatan tarik yang tinggi, ketangguhan yang baik, dan ketahanan terhadap keausan yang signifikan. Mesin frais manual universal memiliki peran penting dalam pemesinan gear helix berbahan AISI 4340 karena dapat memotong dan membentuk gigi gear dengan tingkat akurasi tinggi

3.6 Perancangan Gear Helix yang Optimal dengan Menggunakan Material AISI 4340 untuk Memastikan Keseimbangan Antara Kekuatan dan Ketahanan Aus

Perancangan gear helix yang optimal menggunakan material AISI 4340 dengan kekerasan 48 HRC bertujuan untuk menciptakan komponen yang memiliki keseimbangan sempurna antara kekuatan dan ketahanan terhadap aus. Namun, tantangan utama dalam pemesinan material keras seperti AISI 4340 menggunakan mesin frais manual universal adalah pengaturan parameter pemotongan yang optimal. Dengan mengoptimalkan penggunaan mesin frais manual universal dan memahami karakteristik material AISI 4340, proses perancangan gear helix dapat dilakukan untuk mencapai keseimbangan yang diinginkan antara kekuatan mekanik dan ketahanan aus. Mesin frais manual universal memberikan fleksibilitas dalam proses pemesinan, memungkinkan pembuatan gigi heliks dengan presisi tinggi meskipun dengan material yang cukup keras seperti AISI 4340.

3.7 Performa Gear Helix Berbahan AISI 4340 dengan Kekerasan 48 HRC dalam Menghadapi Beban Kerja yang Tinggi Berdasarkan Hasil Eksperimen dan Simulasi

Gear helix berbahan AISI 4340 dengan kekerasan 48 HRC menunjukkan performa yang sangat baik dalam menghadapi beban kerja yang tinggi, terutama dalam aplikasi yang memerlukan

daya tahan terhadap gaya gesekan dan beban dinamis yang besar. Hasil eksperimen dan simulasi menunjukkan bahwa gear helix yang terbuat dari material ini dapat mempertahankan integritas strukturalnya bahkan ketika terpapar pada beban tinggi yang bersifat siklik maupun statik.

3.8 Ketahanan Keausan dan Kekuatan Material

Material AISI 4340 dengan kekerasan 48 HRC dirancang untuk menghadapi kondisi kerja yang berat. Kekerasan 48 HRC pada AISI 4340 memastikan bahwa gigi gear mampu mentransmisikan daya secara efisien tanpa mengalami deformasi atau kerusakan pada permukaan gigi. Pada kondisi beban tinggi, ketahanan keausan menjadi salah satu faktor penting dalam memastikan umur pakai gear helix yang panjang. Simulasi numerik dan eksperimen eksperimental yang dilakukan pada gear helix berbahan AISI 4340 menunjukkan bahwa material ini mampu bertahan dalam kondisi beban tinggi tanpa menunjukkan tanda-tanda kelelahan material yang cepat.

3.9 Ketangguhan Material

Salah satu karakteristik penting dari AISI 4340 adalah ketangguhannya. Ketangguhan ini sangat penting dalam menghindari kegagalan material akibat kelelahan berulang atau dampak beban tinggi. Pada gear helix, beban yang diterima bisa sangat bervariasi, dan material yang tidak cukup tangguh bisa mengalami retakan atau bahkan patah setelah mengalami siklus beban berulang.

3.9 Performa dalam Pemesinan dengan Mesin Frais Manual Universal

Dalam konteks pemesinan gear helix dengan mesin frais universal manual, keberhasilan pembuatan gear yang optimal sangat bergantung pada keterampilan operator mesin dalam mengatur parameter pemotongan dengan tepat.

3.10 Tantangan dalam Pemesinan dan Solusi

Mesin frais manual universal, meskipun dapat memberikan hasil yang sangat presisi, membutuhkan keterampilan tinggi dari operator untuk mencapai kualitas yang optimal dalam pemesinan gear helix berbahan AISI 4340.

3.11 Simulasi dan Hasil Uji Beban

Dalam simulasi komputer, seperti analisis elemen hingga (FEA), gear helix berbahan AISI 4340 dengan kekerasan 48 HRC menunjukkan distribusi tegangan yang lebih merata dan tahan terhadap perubahan beban dinamis dibandingkan dengan gear yang terbuat dari material lain dengan kekerasan lebih rendah. Kesimpulannya, gear helix yang terbuat dari AISI 4340 dengan kekerasan 48 HRC menunjukkan performa yang sangat baik dalam menghadapi beban kerja yang tinggi, baik

dalam uji eksperimen maupun simulasi. Kombinasi kekerasan, ketangguhan, dan ketahanan terhadap keausan membuat material ini sangat ideal untuk aplikasi yang memerlukan transmisi daya yang efisien dan tahan lama. Namun, untuk memastikan hasil yang optimal, pemesinan gear helix dengan mesin frais universal manual memerlukan perhatian cermat terhadap pengaturan parameter pemotongan dan pemilihan alat potong yang sesuai, guna menghindari kerusakan pada alat potong dan memastikan kualitas produk akhir yang sesuai dengan spesifikasi desain. Secara keseluruhan, gear helix berbahan AISI 4340 dengan kekerasan 48 HRC memiliki kemampuan yang lebih baik dalam meningkatkan umur pakai dan mengurangi risiko kegagalan dibandingkan dengan material atau kekerasan lainnya.

IV. Kesimpulan Dan Saran

4.1 Kesimpulan

1. Penelitian ini menunjukkan bahwa material AISI 4340 dengan kekerasan 48 HRC yang diperoleh melalui perlakuan panas (quenching dan tempering) memberikan performa yang optimal untuk pembuatan gear helix menggunakan mesin frais universal manual. Kekerasan material ini berkontribusi pada peningkatan ketahanan terhadap keausan dan deformasi selama proses pemotongan dengan mesin frais. Desain gear helix dengan parameter yang disesuaikan, seperti sudut helix, modul, dan jumlah gigi, mampu memberikan efisiensi dalam transmisi daya, meskipun dilakukan dengan peralatan manual.
2. Pengujian kekerasan material menunjukkan bahwa kekerasan 48 HRC sudah memadai untuk aplikasi gear helix dalam kondisi tersebut. Penelitian ini terbatas pada kondisi ideal di laboratorium dan tidak mempertimbangkan faktor eksternal seperti korosi atau temperatur ekstrem, serta hanya fokus pada pengaruh material dan kekerasan tanpa membandingkan dengan jenis geometri gear lainnya. Meski demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar yang berguna untuk pengembangan pembuatan gear helix menggunakan mesin frais universal manual di industri.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian dan aplikasi lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Pengujian dalam Kondisi Nyata
Disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut dalam kondisi nyata di lapangan dengan memperhitungkan faktor eksternal seperti korosi, suhu tinggi, dan beban dinamis yang lebih variatif. Hal ini penting untuk mengevaluasi ketahanan dan kinerja gear helix dalam kondisi operasional yang lebih kompleks, terutama pada

mesin frais universal manual yang digunakan dalam produksi.

2. Peningkatan Teknik Pemotongan pada Mesin Frais Manual

Mengingat penelitian ini dilakukan menggunakan mesin frais universal manual, sebaiknya penelitian selanjutnya mengeksplorasi teknik pemotongan yang lebih efisien, seperti penggunaan alat potong yang lebih tajam atau teknik pemotongan yang lebih presisi, untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan gear yang diproduksi.

3. Perbandingan dengan Material Lain

Untuk memperluas pemahaman mengenai material yang tepat untuk gear helix, disarankan untuk membandingkan material AISI 4340 dengan material lain yang mungkin memiliki sifat mekanik yang lebih baik, seperti ketahanan terhadap suhu ekstrem atau ketahanan aus yang lebih tinggi, dalam aplikasi yang lebih luas pada mesin frais manual.

Daftar Pustaka

- [1]. Harahap, M. R. 2021, *Pengaruh Diameter Material dan Waktu Tahan Proses Induction Hardening Terhadap Kekerasan Pada Baja AISI 1045 Untuk Aplikasi Sprocket Gear*. Banten : Jurusan Teknik Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Sultan Agung Tirtaya.
- [2]. *Pengaruh Panas Terhadap Baja AISI 4340 Pada Daerah HAZ, Logam Las dan Bahan Induk Setelah Mengalami Pengelasan SMAW*. Muhammad Nurhasan, I. D. 1, s.l. : Jurnal Polimesin, 2021, Vol. 19.
- [3]. *Optimalisasi Ketangguhan dan Kekerasan Baja AISI 4340 pada Shank Holder Dovetail Cutter Paska Proses Hardening dengan Minimasi Biaya Proses*. Kristian Ismartaya, G. B. 3, s.l. : Jurnal ReKayasa Mesin, 2022, Vol. 17.
- [4]. Nababan, A. W., 2024, *Penyelidikan Keausan Roda Gigi Lurus Akibat Varian Bahan Pada Sistem Transmis*. Medan: Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
- [5]. Haikal, B. M., 2020, *Investigasi Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las Logam Tak Sejenis Antara Baja Tahan Karat AISI 316 dengan Baja Paduan AISI 4340 Menggunakan Rotary Friction Welding*. s.l. : Teknik Industri UMS (18 Maret 2020): Prosiding IENACO, 2020. ISSN: 2337-4349.
- [6]. Nurhasan, M. S., 2021, *Pengaruh Kekerasan Material terhadap Ketahanan Gear pada Mesin Industri*. Yogyakarta : Penerbit Akademika.
- [7]. Manullang, R. I. 2024, *Penyelidikan Keausan Roda Gigi Lurus Bahan Polimer Pada Sistem Transmisi*. Medan : Fakultas Teknik Universitas Area.