

Kajian Optimasi Material Pengganti Berbahan Baja Karbon AISI 1018 Pada Perbaikan Planetary Gear Mesin Mixer UMKM An-Nur

Aswar^{1*}, Muhammad Naim¹, Harjuma¹, Simon Parekke¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Proram Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Akademi Teknik Soroako
Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1, Sorowako, kab. Luwu Timur Sulawesi Selatan, Indonesia

*Corresponding author : aswar@ats-sorowako.ac.id

Abstract

This study aims to address the issue of damage occurring in the planetary gear components of a mixer machine used by UMKM An-Nur in Towuti District through a technological approach. Initial investigations revealed that the original cast iron material had limited strength and uneven hardness distribution, which initiated early damage and cracks in the gear profiles. To solve this problem, low carbon steel (AISI 1018) was selected as a replacement material due to its technical aspects, availability, cost efficiency, and ease of machining. The carbon steel gears were manufactured through processes including cutting, turning, gear profile formation, and heat treatment, followed by installation of the gears into the gearbox. Hardness testing showed an increase in hardness to 37.9 HRC on the AISI 1018 carbon steel gears, with a significant strength improvement from the original cast iron gears, which had a hardness of 19.3 HRC. Functional testing of the assembled gears showed good performance at varying rotational speeds. This study provides a solution for improving mixer performance and extending the service life of planetary gear components in machines, offering a repair model for other small industries facing similar challenges.

Keywords: gear, low carbon steel, heat treatment, gear manufacturing, community service

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah kerusakan yang terjadi pada komponen roda gigi mesin pengaduk (*mixer*) milik UMKM An-Nur di Kecamatan Towuti melalui pendekatan teknologi. Hasil investigasi awal menunjukkan bahwa material asli dari besi tuang memiliki keterbatasan kekuatan dan distribusi kekerasan yang tidak merata, menginisiasi kerusakan dini dan retakan pada profil gigi. Untuk mengatasi masalah tersebut, baja karbon rendah (*AISI 1018*) dipilih sebagai material pengganti karena aspek teknis, ketersediaan, efisiensi biaya, dan kemudahan dalam proses permesinan. Roda gigi berbahan baja karbon dimanufaktur meliputi proses pemotongan, pembubutan, pembentukan profil gigi, dan perlakuan panas, diikuti dengan pemasangan roda gigi ke dalam gearbox. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan peningkatan kekerasan sebesar 37,9 HRC pada roda gigi pengganti berbahan baja karbon (*AISI 1018*) yang dikeraskan diperoleh kekuatan meningkat signifikan dari roda gigi mula dengan kekerasan 19,3 HRC yang berbahan besi tuang. Hasil rakitan diuji fungsi menunjukkan kinerja yang baik pada variasi putaran. Penelitian ini memberikan solusi untuk meningkatkan performa mixer dan memperpanjang umur pakai komponen *planetary gear* pada mesin, menawarkan model perbaikan bagi industri kecil lainnya dengan tantangan yang serupa.

Kata kunci: roda gigi, baja karbon, perlakuan panas, manufaktur roda gigi, pengabdian masyarakat

1. Pendahuluan

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) memainkan peran penting dalam struktur ekonomi Indonesia. Dengan lebih dari 64 juta unit usaha, UMKM menyumbang sekitar 60% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan menyerap sekitar 97% tenaga kerja nasional. Ketangguhan UMKM telah terbukti dalam menghadapi berbagai krisis ekonomi, termasuk krisis ekonomi 1998 dan pandemi COVID-19 yang melanda Indonesia. Sektor UMKM tidak hanya mendukung ketahanan

ekonomi nasional tetapi juga berkontribusi pada penciptaan lapangan kerja serta pemerataan kesejahteraan masyarakat [1,2].

UMKM An-Nur di Kecamatan Towuti, Kabupaten Luwu Timur, adalah salah satu unit usaha masyarakat yang aktif dalam memberdayakan perekonomian lokal melalui penyediaan lapangan kerja. UMKM ini bergerak di sektor pengolahan pangan dan memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar. Untuk mendukung aktivitas produksi, Pemerintah Kabupaten Luwu

Timur memberikan bantuan berupa mesin pengaduk makanan (*food mixer*) kapasitas 20L. Mesin ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi dan kualitas produk, sehingga dapat memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat. Namun, meskipun bantuan ini memberikan dampak positif, perawatan mesin masih menjadi tantangan karena keterbatasan kemampuan teknis masyarakat dalam hal perawatan dan perbaikan kebanyakan menjadi kendala tersendiri dalam kegiatan masyarakat [3,4].

Komponen roda gigi cincin (*ring gear*) atau dikenal roda gigi planet (*Planetary gear*) adalah komponen utama dalam mesin mixer yang berfungsi mengatur torsi dan kecepatan rotasi untuk pencampuran yang merata. Namun, komponen ini mengalami kerusakan pada UMKM An-Nur, yang mengakibatkan terhambatnya proses produksi. Kondisi ini menyebabkan penurunan produktivitas dan kemampuan UMKM untuk memenuhi permintaan. Permasalahan pada *planetary gear* ini membutuhkan perhatian khusus, mengingat pentingnya komponen tersebut dalam operasi mesin mixer. Kerusakan *planetary gear* dapat disebabkan oleh beban kerja berat dan minimnya pemeliharaan secara berkala [5].

Ketersediaan suku cadang dengan spesifikasi teknis tertentu untuk *planetary gear* di pasar lokal masih sangat terbatas. Keterbatasan ini menyebabkan kendala dalam perbaikan mesin pengaduk (*mixer*) karena UMKM tidak memiliki akses mudah terhadap suku cadang yang sesuai dengan kebutuhan teknis. Situasi ini memperlihatkan kebutuhan akan kolaborasi dengan instansi teknis atau akademisi yang dapat menyediakan solusi alternatif, baik melalui desain ulang komponen atau pemanfaatan teknologi perbaikan yang lebih efisien [6,7].

Kegiatan ini meliputi beberapa tahapan, yakni investigasi kerusakan awal untuk menentukan penyebab utama masalah, desain ulang komponen roda gigi, pembuatan dan komponen pengganti, serta uji coba fungsi. Melalui tahapan-tahapan ini,

diharapkan UMKM An-Nur dapat mengatasi kendala teknis yang ada sekaligus memperpanjang umur alat melalui metode teknis. Dengan adanya solusi ini, UMKM diharapkan mampu meningkatkan produktivitas, efisiensi demi mempertahankan keberlanjutan usaha di masa mendatang [2,8,9].

Perbaikan *planetary gear* melibatkan proses pemilihan baja karbon AISI 1018 sebagai material pengganti yang didasarkan pada beberapa pertimbangan teknis dan aplikatif. AISI 1018 merupakan baja karbon rendah dengan kandungan karbon sekitar 0,18%, memiliki sifat machinability yang sangat baik, homogenitas struktur mikro, serta respons yang optimal terhadap perlakuan panas seperti *carburizing* dan *quenching*. Baja ini mampu menghasilkan permukaan yang keras dan inti yang tetap tangguh, sehingga sangat sesuai untuk aplikasi komponen transmisi seperti gear yang mengalami beban berulang. Pemilihan AISI 1018 tidak hanya mempertimbangkan aspek ketersediaan dan biaya, tetapi juga didasarkan pada kecocokannya terhadap proses manufaktur yang melibatkan pembubutan, pembentukan profil gigi, dan perlakuan panas. Hal ini membuat AISI 1018 menjadi pilihan yang tepat untuk penggantian *planetary gear* pada mesin mixer UMKM An-Nur yang membutuhkan daya tahan lebih tinggi dibandingkan material besi tuang sebelumnya. Gambar 1 menunjukkan jenis baja karbon rendah jenis AISI 1018 yang banyak ditemui dipasaran.



Gambar 1. Baja AISI 1018

2. Metode Penelitian

2.1 Investigasi Kerusakan Komponen

Metodologi investigasi penyebab kerusakan *planetary gear* pada mesin *mixer* UMKM An-Nur meliputi pengumpulan data melalui observasi langsung, pengamatan kerusakan komponen, dan wawancara dengan pemilik. Observasi dilakukan untuk mengevaluasi pola kerusakan yang terlihat pada komponen, seperti pola retakan dan keausan pada roda gigi. Wawancara dengan pemilik memberikan informasi tambahan mengenai riwayat penggunaan dan pemeliharaan. Kombinasi metode ini memberikan gambaran menyeluruh tentang penyebab kerusakan, sehingga analisis dan langkah perbaikan dapat dilakukan dengan akurat dan efektif. Data spesifikasi alat ditampilkan pada tabel.1 dan hasil pengamatan visual/inspeksi mesin ditampilkan pada gambar 2.

Tabel 1. Spesifikasi mesin pengaduk adonan (*food mixer*) UMKM An-Nur

No	Spesifikasi	Data
1	Model	Food Mixer B20S
2	Tegangan, Freq dan Daya	220V, 50Hz, 1500W
3	Dimensi (mm), Berat Mesin (kg)	560x435x850, 85 kg
4	Kecepatan (rpm)	130/450
5	Kapasitas	20L, Tepung 5 kg (adonan padat 7 kg)
6	Tahun Produksi, Tahun Pengadaan	Mei 2009 / April 2010
7	Negara Produsen	China



Gambar 2. Inspeksi mesin dan komponen yang rusak

2.2 Perancangan Roda Gigi Pengganti

Pada tahap perancangan roda gigi pengganti, perangkat lunak AutoCAD digunakan untuk membuat gambar kerja yang akurat dan detail sesuai spesifikasi komponen. Gambar kerja ini mencakup semua dimensi penting, seperti diameter luar, diameter dalam, modul gigi, dan jumlah gigi, yang dirancang dengan presisi tinggi untuk memastikan kesesuaian dengan komponen lain dalam *gearbox*. Desain ini memperhitungkan aspek-aspek mekanis yang dibutuhkan untuk transfer daya yang optimal dan daya tahan komponen. Setelah rancangan selesai, gambar kerja disiapkan untuk proses manufaktur lanjutan, di mana desain ini akan menjadi acuan bagi tahap pembuatan komponen roda gigi pengganti. Proses ini membantu memastikan bahwa hasil manufaktur sesuai dengan spesifikasi desain, meningkatkan akurasi dan kualitas produk akhir. Dimensi komponen telah disesuaikan untuk mendukung torsi optimal serta memastikan kompatibilitas dengan komponen gearbox eksisting, data dimensi utama ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Parameter utama roda gigi rancangan

No	Parameter	Dimensi
1	Diameter Luar	170 mm
2	Diameter Dalam	134 mm
3	Modul Gigi	2 mm
4	Jumlah Gigi	67
5	Bahan	AISI 1018 (<i>Hardened</i>)

2.3 Pemilihan Material dan Proses

Pada tahap pemilihan material dan proses manufaktur, material ST37 (*AISI 1018*) dipilih untuk *planetary gear* karena pertimbangan teknis, ketersediaan, efisiensi biaya, dan kemudahan dalam proses permesinan. Tahap awal manufaktur dimulai dengan persiapan dan pemotongan kasar menggunakan teknik pemotongan oksiasetilin (*oxy-acetylene cutting*), di mana kombinasi gas oksigen dan asetilin menghasilkan panas tinggi yang mampu memotong material secara cepat dan efektif sesuai dimensi awal yang dibutuhkan. Setelah pemotongan kasar, material

dilanjutkan ke tahap pembubutan bakal roda gigi. Pada tahap ini, material dipasang pada mesin bubut (*turning machine*) untuk membentuk diameter luar dan dalam dengan presisi tinggi, sesuai dengan spesifikasi desain roda gigi. Pembubutan ini penting untuk memastikan geometri roda gigi akurat sebagai dasar dalam pembentukan profil gigi yang tepat. Tahap akhir melibatkan proses pembentukan profil gigi menggunakan mesin sekrap (*shaping*). Cutter modul (modul ukuran 2mm) dimodifikasi dengan tangkai sebagai alat potong profil gigi. Bakal roda gigi dicekam pada kepala pembagi (*dividing head*) dan kombinasi plat indeks lubang 67 dipasang sesuai pembagian jumlah gigi. Proses ini memastikan bahwa setiap gigi terbentuk dengan akurasi tinggi yang memungkinkan transfer torsi lebih efisien dan mengurangi risiko kerusakan prematur pada roda gigi.

2.4 Proses Perlakuan Panas (Heat treatment)

Metodologi perlakuan panas pada kegiatan ini bertujuan meningkatkan kekerasan permukaan komponen *planetary gear* melalui proses pemanasan, pengkarbonan padat (*carburizing*) dan celup cepat (*quenching*). Pertama, komponen dipanaskan hingga suhu 850°C dan ditahan dalam lingkungan kaya karbon menggunakan arang tempurung. Pada suhu ini (suhu *austenite*), karbon diharapkan berdifusi ke permukaan baja karbon rendah, membentuk lapisan keras yang meningkatkan kekuatan dan ketahanan aus. Setelah proses *carburizing*, komponen langsung dicelup cepat (*quenching*) dalam oli untuk mendinginkan permukaan dengan cepat, sehingga membentuk struktur martensit yang keras. Metode ini diharapkan menghasilkan kombinasi optimal antara permukaan keras dan inti yang tangguh, menjadikan *planetary gear* lebih tahan lama dan sesuai untuk operasional berat.

2.5 Pengujian Sifat Mekanik

Metodologi pengujian kekerasan ini bertujuan untuk menilai kekuatan

permukaan *planetary gear* sebagai representasi ketahanan produk, menggunakan metode uji *Rockwell Type C (HRC)*. Uji dilakukan pada *planetary gear* standar berbahan besi tuang (RG1) dan *planetary gear* pengganti berbahan baja karbon (RG2) yang telah dikeraskan melalui proses *Heat treatment*. Pengujian kekerasan dilakukan pada 10 profil gigi, di mana setiap profil gigi diuji pada 5 titik dengan jarak antar titik uji 3 mm. Prosedur ini bertujuan untuk mendapatkan data distribusi kekerasan pada profil gigi. Pada setiap titik, indenter berlian (*diamond cone*) diterapkan dengan beban standar sebesar 150 kgf sesuai metode Rockwell C untuk mengukur resistensi material terhadap penetrasi. Data kekerasan yang dihasilkan dari roda gigi pengganti kemudian dibandingkan dengan data dari roda gigi standar untuk menilai peningkatan kekuatan.

2.6 Perakitan dan Uji Coba

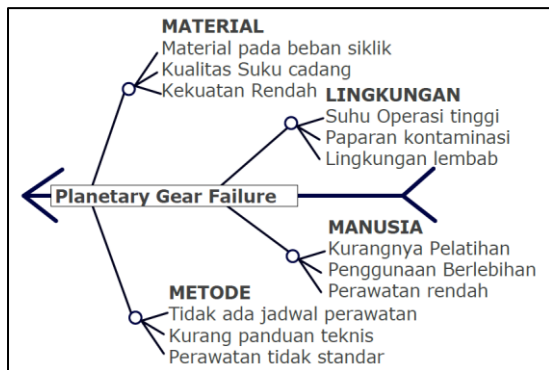
Metodologi perakitan dan uji coba *planetary gear* dimulai dengan memasang komponen ke dalam dudukan *gearbox* dengan presisi untuk memastikan ketepatan pemasangan antar-gigi. Setelah perakitan, dilakukan uji coba operasional pada berbagai kondisi beban dan kecepatan untuk menilai kestabilan rotasi, kebisingan dan getaran. Parameter ini dipantau guna memastikan *planetary gear* berfungsi optimal dan memenuhi standar performa dan fungsi yang diinginkan. Jika terjadi masalah seperti kebisingan berlebih atau vibrasi abnormal, dilakukan penyesuaian atau penyetelan agar *planetary gear* bekerja sesuai spesifikasi yang diharapkan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Investigasi Kerusakan Komponen

Proses pengumpulan informasi langsung telah dilakukan, selanjutnya aspek kegagalan komponen dirancang dalam model diagram *Fishbone* dan ditampilkan pada gambar. 3, aspek kegagalan komponen *planetary gear* dikelompokkan menjadi faktor manusia, mesin, lingkungan, metode dan material. Selanjutnya dalam penelitian

ini, faktor material menjadi fokus utama dalam investigasi kerusakan dan optimalisasi *planetary gear* pada mesin *mixer* UMKM An-Nur.



Gambar 3. Diagram Fishbone Kerusakan Mixer UMKM An-Nur

Berdasarkan hasil analisis berdasarkan diagram *Fishbone*, kerusakan komponen *planetary gear* pada kasus kerusakan *planetary gear mixer* UMKM AN-Nur menunjukkan bahwa material mula/bawaan, yaitu besi tuang, memiliki keterbatasan teknis dalam hal ketahanan yang dibutuhkan untuk aplikasi mekanis dengan beban berulang. Besi tuang karena proses produksinya dikenal memiliki struktur mikro yang tidak seragam dan cenderung rapuh (*brittle*), dengan ketahanan beban berulang yang rendah [10]. Keterbatasan sifat material ini menyebabkan degradasi kekuatan, sehingga menyebabkan kerusakan pada profil *planetary gear*. Untuk mengatasi hal ini, material baja karbon (AISI 1018) dipilih sebagai alternatif optimalisasi sesuai untuk aplikasi *planetary gear* setelah melalui proses pengerasan seperti *carburizing* dan *quenching* [11].

Aspek-aspek lain yang turut mempengaruhi kerusakan pada dasarnya tidak dapat dipisahkan dalam kasus kerusakan ini, seperti desain mekanis, metode perawatan, faktor lingkungan, dan manusia, juga berperan penting dalam keandalan komponen. Faktor manusia sebagai salah satu penyebab kerusakan dalam diagram Fishbone didasarkan pada hasil wawancara dengan operator dan pengelola UMKM An-Nur. Mereka

menyatakan belum pernah mendapatkan pelatihan atau pendampingan teknis terkait perawatan mesin, termasuk pengecekan berkala dan pelumasan gear. Hal ini mengindikasikan bahwa aspek *preventive maintenance* tidak dilakukan secara rutin, yang dapat mempercepat kerusakan, terutama pada komponen dinamis seperti *planetary gear*., sehingga faktor "kurangnya pelatihan teknis" sebagai salah satu penyebab tidak langsung kerusakan. Meski demikian, pembahasan mendalam mengenai faktor-faktor ini akan disajikan dalam artikel terpisah, guna memberikan fokus yang lebih terarah pada setiap aspek yang memengaruhi performa *planetary gear*. Fokus utama penelitian ini untuk memahami dan mengatasi keterbatasan material guna meningkatkan umur pakai komponen, sementara aspek non-material diidentifikasi sebagai elemen tambahan yang perlu diselidiki lebih lanjut untuk mendapatkan solusi komprehensif

Investigasi selanjutnya menunjukkan bahwa *planetary gear* berbahan besi tuang mengalami kerusakan yang signifikan, dengan sekitar 30 dari 67 (44,7%) gigi mengalami kerusakan rompal hingga patah terlihat pada gambar 4. Besi tuang memiliki struktur mikro yang mengandung grafit, yang dapat menyebabkan retak dini di bawah beban siklik atau getaran. Struktur ini mengakibatkan distribusi kekerasan yang tidak merata, membuat beberapa area lebih rentan terhadap fatiq dan kerusakan [10]. Hal ini konsisten dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa besi tuang kurang cocok untuk aplikasi berulang yang memerlukan kekerasan dan ketangguhan yang seragam [12].

Pengujian kekerasan menunjukkan bahwa profil gigi pada *planetary gear* ini memiliki kekerasan yang cukup rendah, dengan nilai 16,6 HRC hingga 23,2 HRC. Ketidakteraturan kekerasan ini menunjukkan bahwa proses tuangan (*casting*) tidak mampu memberikan kekerasan permukaan yang seragam dan optimal yang diperlukan untuk komponen

mekanis seperti *planetary gear*. Sebagai perbandingan, material baja karbon rendah yang telah dikarburisasi menunjukkan kekerasan dan ketahanan fatiq yang jauh lebih baik, karena proses *carburizing* dan *quenching* menghasilkan lapisan martensit pada permukaan yang keras dan inti yang tangguh [13,14,15]. Penelitian oleh Zhang et al. (2021) menunjukkan bahwa baja karbon yang dikarburisasi memiliki ketahanan aus dan kekerasan yang lebih tinggi yang penting untuk komponen yang terpapar beban berulang.



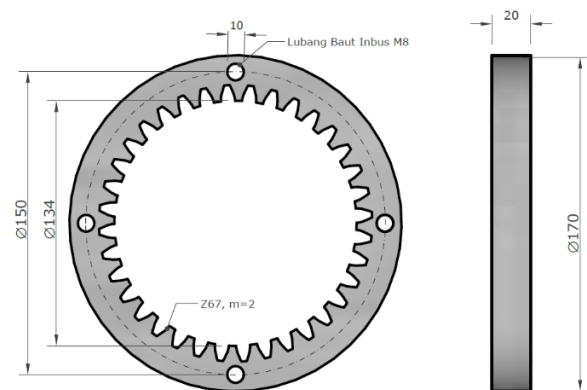
Gambar 4. Visualisasi cacat rompal/patahan roda gigi

Berdasarkan hasil ini, penggunaan baja karbon rendah yang dikarburisasi dan di-*quench* dapat menjadi solusi lebih baik untuk *planetary gear*. Proses *carburizing* menciptakan lapisan permukaan keras dengan tegangan sisa kompresif yang meningkatkan ketahanan terhadap fatiq. Proses ini juga menghasilkan distribusi kekerasan yang lebih merata dibandingkan besi tuang, sehingga mengurangi risiko retak dan kerusakan dini pada profil gigi [11]. Dengan demikian, implementasi material dan teknik perlakuan panas yang tepat dapat meningkatkan performa dan umur pakai *planetary gear* secara signifikan.

3.2 Perancangan *Planetary Gear*

Rancangan *planetary gear* ditampilkan pada gambar 5, dengan spesifikasi diameter luar 170 mm, diameter dalam 134 mm, modul 2 mm, jumlah gigi (z) 67, dan jumlah gigi pasangan (*pinion gear*) penggerak 20 bertujuan untuk mencapai efisiensi pemindahan daya yang optimal

serta mengurangi kebisingan dan getaran. Penelitian menunjukkan bahwa pemilihan modul gear yang tepat, seperti modul 2mm dalam desain ini, sangat berperan dalam mengoptimalkan performa transfer torsi dan kestabilan operasional *planetary gear* [16]. Modifikasi material, struktur gigi juga telah terbukti mengurangi masalah getaran dan kebisingan, yang dapat menimbulkan gangguan pada performa mesin. Dalam sistem *planetary gear*, rasio gigi yang diperoleh dari konfigurasi ini mendukung peningkatan torsi dan stabilitas rotasi, yang sangat penting dalam aplikasi yang memerlukan distribusi beban secara merata pada setiap gigi [17].



Gambar 5. Rancangan *Planetary Gear* Berbahan Baja Karbon AISI 1018 yang dikeraskan

Selain itu, aspek vibrasi mekanis dan kebisingan juga menjadi aspek yang perlu dipertimbangkan dalam rancangan *planetary gear*, terutama pada aplikasi yang menuntut rotasi yang stabil dan minim getaran, seperti dalam mesin *mixer*. Getaran dan kebisingan berlebih dapat mendindikasi awal kegagalan dalam sistem mekanis. Penelitian oleh Wang (2023) menemukan bahwa kebisingan dan getaran dapat dikurangi melalui desain struktur gigi yang mempertimbangkan kekakuan *mesh* dan distribusi beban antar komponen gear. Dengan memanfaatkan metode elemen hingga dan simulasi respons dinamis, desain *planetary gear* dapat dimodifikasi untuk menghindari frekuensi resonansi yang meningkatkan kebisingan saat beroperasi pada kecepatan tinggi. Teknik pengujian ini

juga menunjukkan bahwa ketahanan komponen terhadap kelelahan fatiq meningkat ketika distribusi beban antar gigi lebih seragam, seperti yang dihasilkan oleh konfigurasi modul 2 dalam rancangan ini [18].

3.3 Pemilihan Bahan dan Proses Manufaktur

a) Persiapan Material Pelat Baja ST37 (AISI 1018)

Pemilihan material baja karbon (AISI 1018) didasarkan pada faktor teknis, ketersediaan, ekonomis, dan kemudahan dalam proses permesinan. Material ini memiliki karakteristik yang cocok untuk aplikasi dengan beban sedang setelah proses peningkatan kekerasan. Setelah dipilih, material pelat berbahan baja karbon (AISI 1018) dipotong kasar menggunakan teknik oksiasetilin (*oxy-acetylene cutting*). Proses ini menggunakan kombinasi gas oksigen dan asetilen untuk menghasilkan api panas yang cukup untuk memotong baja dengan efisien dan cepat, memberikan dimensi awal yang sesuai dengan kebutuhan diameter *planetary gear* sebelum proses pembubutan lebih lanjut, visualisasi pemotongan ditampilkan pada gambar 6.



Gambar 6. Pemotongan pelat dengan oksiasetilin

b) Pembubutan Diameter Bakal Roda Gigi

Pada tahap ini, material yang telah dipotong kasar dipasang pada mesin bubut untuk membentuk diameter luar dan dalam *planetary gear* dengan presisi tinggi (gambar 7.). Geometri bahan dasar diproses dengan mesin bubut sesuai dengan spesifikasi diameter luar (170 mm) dan diameter dalam (134 mm) yang diperlukan.

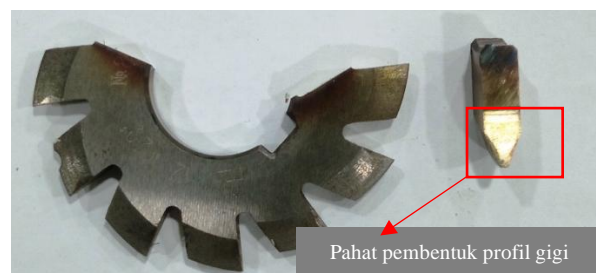
Proses pembubutan dilakukan untuk mencapai bentuk dasar roda gigi dengan permukaan yang halus dan akurat, sebagai dasar pembentukan profil gigi yang tepat. Pembubutan ini penting agar *planetary gear* memiliki geometri yang benar dan sesuai dengan rancangan, yang berperan dalam transfer daya dan stabilitas operasional.



Gambar 7. Pembuatan diameter bakal dengan bubut

c) Pembuatan Profil Gigi

Setelah pembentukan diameter secara presisi dengan mesin bubut, tahap berikutnya adalah pembuatan profil gigi menggunakan mesin sekrap (*shaping*) dengan modifikasi *cutter modul* ukuran 2mm sebagai gigi pahat pemotong pada sekrap (gambar 8.). Mesin shaping ini bekerja dengan memotong profil gigi satu per satu, yang memungkinkan pembentukan gigi secara bertahap dengan presisi tinggi. *Cutter modul* 2mm dipilih untuk memastikan ukuran gigi yang tepat sesuai dengan desain, yang akan menghasilkan transfer torsi yang efisien dan mengurangi risiko keausan prematur. Tahap ini dilakukan dengan hati-hati untuk menjamin kesesuaian profil setiap gigi agar mendukung kinerja *planetary gear* secara optimal dalam operasional.



Gambar 8. Sisi potong cutter modul pembentuk profil gigi pada *planetary gear*

d) Perlakuan Panas (*Hardening Process*)



Gambar 9. Proses *heat treatment* hingga 850°C pada oven pemanas

Proses perlakuan panas disertai dengan *carburizing*, di mana komponen dipanaskan sesuai diagram pemanasan hingga suhu 850°C dalam lingkungan arang tempurung yang kaya karbon (gambar 9). Pada suhu ini, karbon dari arang akan berdifusi ke permukaan baja, menciptakan lapisan yang lebih keras dan meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus. Setelah proses *carburizing*, komponen segera didinginkan dengan cepat (*quenching*) dalam media oli untuk mengubah struktur mikro permukaan menjadi martensit [15]. Martensit adalah struktur yang sangat keras, yang dihasilkan dari pendinginan cepat dan membantu meningkatkan kekuatan permukaan komponen secara signifikan, menjadikan *planetary gear* lebih tahan terhadap keausan dan beban berulang.

e) Pemeriksaan Akhir dan Evaluasi Sifat Mekanik

Pada tahap akhir, *planetary gear* yang telah melalui proses pembentukan dan perlakuan panas diperiksa secara menyeluruh untuk memastikan kualitas dan kesesuaian spesifikasi (gambar 10). Pemeriksaan ini meliputi verifikasi dimensi akhir untuk memastikan kesesuaian dengan ukuran desain, serta pengujian kekerasan permukaan untuk memastikan efek dari proses *carburizing* dan *quenching* berhasil meningkatkan ketahanan material (gambar 11). Setelah pemeriksaan, proses finishing dilakukan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan sisa-sisa proses produksi, sehingga *planetary gear* siap untuk digunakan tanpa adanya cacat yang

dapat mempengaruhi performa atau durabilitas



Gambar 10. Pengukuran dan pemeriksaan kesesuaian roda gigi pengganti



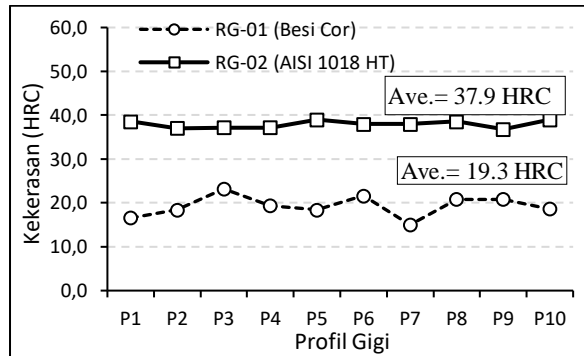
Gambar 11. Pengukuran kekerasan dengan *Rockwell Hardness Tester*

3.4 Analisa Kekerasan Permukaan Efek Perlakuan Panas

Berdasarkan grafik hasil pengujian kekerasan (gambar 12) untuk *planetary gear* pada dua jenis material, yaitu roda gigi mula berbahan besi tuang (Kode RG-01) dan roda gigi berbahan baja karbon dikeraskan (Kode RG-02), terlihat bahwa RG-02 memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi dengan rata-rata 37,6 HRC dan konsisten di berbagai profil gigi dibandingkan RG-01 yang memiliki kekerasan rata-rata 15,8 HRC.

Material baja karbon (AISI 1018) yang telah *dikarburisasi* dan dicelup cepat (*quenching*) menghasilkan lapisan permukaan yang keras dan tahan terhadap keausan, yang sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan tinggi pada permukaan, seperti *planetary gear* dalam mesin mixer. Perlakuan panas ini meningkatkan kekerasan secara signifikan, dengan cara mendifusikan karbon ke dalam permukaan baja karbon rendah dan kemudian didinginkan dalam media oli. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa

carburizing diikuti dengan *quenching* dapat menghasilkan peningkatan kekerasan yang optimal, terutama bila diterapkan pada baja karbon rendah seperti AISI 1018 yang memiliki mikrostruktur seragam setelah perlakuan ini [19,20].



Gambar 12. Grafik uji kekerasan roda gigi

Sementara itu roda gigi mula/bawaan berbahan besi tuang/cor (RG-01) menunjukkan sebaran kekerasan yang tidak merata pada profil gigi, yang dapat memengaruhi keandalannya di bawah beban siklik. Besi tuang cenderung lebih rentan terhadap keretakan akibat mikrostruktur heterogennya, yang mengandung grafit sebagai sumber retak alami. Ketidakseragaman dalam struktur ini menyebabkan distribusi kekerasan yang tidak stabil, membuatnya lebih mudah mengalami kerusakan fatiq saat menerima beban berulang (siklik). Kelemahan ini membuat besi tuang kurang cocok untuk aplikasi dengan beban tinggi yang berulang, seperti pada *planetary gear* pada kasus ini, yang memerlukan kekerasan yang konsisten di seluruh permukaan. Sebagai perbandingan, penelitian oleh Jabbar & Kadhim (2020) mengungkapkan bahwa baja karbon yang telah melalui proses *carburizing* dan *quenching* memiliki ketahanan fatiq yang lebih baik dibandingkan besi tuang karena adanya tegangan sisa kompresif pada permukaan yang membantu mengurangi inisiasi retak [21].

Secara keseluruhan, perlakuan *carburizing* dan *quenching* pada baja karbon rendah, seperti AISI 1018, tidak hanya

meningkatkan kekerasan tetapi juga meningkatkan ketahanan terhadap fatiq, menjadikannya pilihan yang lebih baik untuk aplikasi *planetary gear*. Giordani et al. (2013) menunjukkan bahwa proses ini membentuk lapisan martensit yang keras di permukaan, sementara inti baja tetap lunak, memberikan kombinasi yang ideal antara ketahanan permukaan dan ketangguhan inti untuk aplikasi di lingkungan dengan beban tinggi dan berulang [11,21].

3.5 Perakitan Komponen dan uji coba

Setelah selesai melalui tahapan produksi dan perlakuan panas untuk modifikasi sifat teknik, *planetary gear* kemudian dipasang pada gearbox, pembersihan kontaminan dan pelumasan dilakukan (gambar 13). Proses pemasangan ini memerlukan ketelitian tinggi untuk memastikan semua komponen terpasang dengan tepat dan sesuai dengan spesifikasi desain. Pemasangan *planetary gear* dimulai dengan memasukkan roda gigi planet ke dalam dudukan yang sesuai dalam mekanisme *planetary carrier*, memastikan bahwa jarak dan posisi gigi sejajar dengan pinion penggerak serta cincin luar. Penyelarasan yang baik antara roda gigi planet, pinion penggerak, dan poros (*shaft*) sangat penting agar transfer daya berjalan efisien dan mekanisme tetap stabil. Kesesuaian posisi dan jarak antar komponen juga menghindari keausan dini akibat kontak yang tidak tepat serta mengurangi kebisingan dan getaran selama operasional gearbox. Teknis pemasangan dan penyettingan ditampilkan pada gambar 14.

Setelah perakitan selesai, uji coba fungsi dilakukan untuk memastikan *planetary gear* dan seluruh mekanisme dalam gearbox bekerja dengan optimal. Uji coba dimulai dengan mengoperasikan gearbox pada berbagai beban dan kecepatan untuk menilai kinerja transfer daya dan respons *planetary gear* dalam kondisi operasional yang mirip dengan aplikasi sebenarnya. Parameter yang diamati mencakup kebisingan, getaran, dan efisiensi transfer daya/putaran, serta kestabilan

putaran *mixer*. Pada tahap ini, pengujian (*running test*) dilakukan memastikan bahwa *planetary gear* tidak mengalami gesekan berlebih atau ketidakselarasan, yang dapat menyebabkan kerusakan pada profil gigi atau mekanisme lain. Hasil uji coba yang positif menunjukkan bahwa *planetary gear* telah terpasang pada *gearbox* berfungsi dengan baik, sementara jika ditemukan masalah seperti kebisingan berlebih atau vibrasi yang tidak wajar, penyesuaian lebih lanjut atau pengecekan ulang perakitan mungkin diperlukan untuk mencapai performa optimal, serah terima dilakukan (gambar 15) dilakukan pada kondisi dapat diterima (*acceptance condition*) oleh pihak pengelola UMKM.



Gambar 13. Pembersihan dan pelumasan



Gambar 14. Proses perakitan pada *gearbox*



Gambar 15. Proses penyerahan perbaikan produk

4. Kesimpulan

Investigasi pada penelitian ini menunjukkan bahwa material besi tuang pada *planetary gear mixer* memiliki keterbatasan teknis dalam hal kekuatan dan ketahanan fatiq, yang menyebabkan kerusakan berupa keausan dan retakan pada profil gigi. Material ini juga memiliki distribusi kekerasan yang tidak merata, membuatnya kurang cocok untuk aplikasi mekanis beban berulang.

Pemilihan dan peningkatan kekuatan material baja karbon *AISI 1018* dapat menjadi solusi teknis, menawarkan keuntungan dari aspek teknis, ekonomis, mudah diperoleh, dan lebih mudah dalam proses permesinan, perlakuan panas melalui proses *carburizing* dan *quenching* dapat meningkatkan kekuatan secara signifikan.

Planetary gear yang telah dirancang dan dibuat ulang dengan material baja karbon (*AISI 1018*) dan dipasang dalam *gearbox* menunjukkan kinerja yang baik. Solusi ini tidak hanya memperbaiki performa *mixer* UMKM An-Nur tetapi juga memperpanjang umur pakai mesin, yang dapat menjadi model perbaikan untuk masalah serupa.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih pihak Akademi Teknik Soroako melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) mendukung penuh pendanaan dan pelaksanaan kegiatan ini.

Referensi

- [1] Harahap, E. F. et al., 2020. Tinjauan Defisit Fiskal, Ekspor, Impor, dan Jumlah UMKM terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. *Jurnal Bisnis dan Ekonomi* 5, 151–161.
- [2] Aliyah, A. H., 2022. Peran Usaha Mikro Kecil dan Menengah untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat. *WELFARE: Jurnal Ilmu Ekonomi* 3, 1.

- [3] Nazaruddin, T., 2016. Peranan Bank Indonesia Sumatera Barat dalam Pengembangan Produk UMKM Menghadapi Masyarakat Ekonomi Asia. *Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan* 2, 3.
- [4] Putra, A., Basri, H., 2019. Representasi Kehidupan Sosial Ekonomi Pelaku UMKM di Kawasan Objek Wisata Percandian Muaro Jambi. *JBMP (Jurnal Bisnis, Manajemen dan Perbankan)* 5, 1.
- [5] Oktafiah, Y. et al., 2023. Peningkatan Pemberdayaan UMKM dan Pengembangan Lahan Inovasi Melalui Ekonomi Kreatif di Kota Pasuruan. *J-ABDI: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*.
- [6] Simanjuntak, R. D., Sa'roni, C., 2019. Analisis Pengaruh PDB UMKM, Investasi UMKM, dan Upah Minimum terhadap Penyerapan Tenaga Kerja Sektor UMKM. *JIEP: Jurnal Ilmu Ekonomi dan Pembangunan*.
- [7] Prasetio, R. T. et al., 2018. Upaya Peningkatan Produktivitas UMKM Melalui Implementasi ICT pada Look At Hijab Bandung. *Jurnal Abdi Masyarakat* 1, 1.
- [8] Harmar, P., 2021. Peran Perbankan Syariah dalam UMKM untuk Mengembangkan Ekonomi Indonesia. *PROFIT: Jurnal Kajian Ekonomi dan Perbankan Syariah* 5, 1.
- [9] Yulianto, H. et al., 2022. Pelatihan Manajemen UMKM Sebagai Upaya Peningkatan Ekonomi pada Masa Pandemi di Desa Jembrak. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Waradin*.
- [10] Mohebbi, H. et al., 2010. The fracture and fatigue properties of cast irons used for trunk mains in the water industry. *Materials Science and Engineering A* 527, 5915–5923.
- [11] Syahid, M. et al., 2020. Fatigue Strength Improvement of Low Carbon Steel through Carburizing Process with Coconut Shell Charcoal. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 875, 012064.
- [12] Chen, Z. et al., 2015. Improved fatigue wear resistance of gray cast iron by localized laser carburizing. *Materials Science and Engineering A* 644, 1–9.
- [13] Bhadak, B. et al., 2023. Evaluation and Prediction of Fatigue Behavior of Carburized Steel under Uniaxial and Torsional Cyclic Loading. *SAE Technical Paper Series*.
- [14] Zhang, T. et al., 2021. Effect of Carbon Partition and Precipitation on Wear Resistance of Carburized Layer in Heavy-Duty Gear. *Materials* 14.
- [15] Muhyi, A. et al., 2023. Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Perlakuan Panas Terhadap Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Fully Pearlitic Steel. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro. TURBO* 12, 2, 189-195
- [16] Ryali, L., Talbot, D., 2021. Dynamic load distribution of planetary gear sets subject to both internal and external excitations. *Forschung im Ingenieurwesen* 86, 283–294.
- [17] Wang, P., Cai, X., 2013. Vibrational Analysis of Planetary Gear Trains by Finite Element Method. *Applied Mechanics and Materials* 284-287, 1012–1017.
- [18] Wang, P., 2023. Evaluation of vibration and radiated noise of electric vehicle planetary gearbox. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* 12922, 129221C.
- [19] Akanji, A. O. et al., 2015. Influence of particle size and soaking time on surface hardness of low carbon steel during carburizing. *Nigerian Journal of Technology* 34, 1, 112–119.
- [20] Giordani, E. et al., 2012. Evaluation of fatigue in carburized and conventionally quenched steels for automotive applications. *Materials*

- Science and Engineering: A 537, 190–196.
- [21] Jabbar, A. M., Kadhim, M. A., 2020. Investigation and characterization of coating by carburizing on high carbon steel. *Materials Today: Proceedings* 20, 30–35.
- [22] Giordani, E. et al., 2013. Metallurgical evaluation of carburized conventionally and low pressure treated AISI 8620 gear steels. *Journal of Materials Research and Technology* 2, 3, 228–234.