

Desain dan Manufacturing Stand Gear Inpection untuk Pemeriksaan Visual Powertrain Transmission Gear

Rabiatul Adawiyah^{1*}, M. Syafwansyah Effendi², Aqli Mursadin³

Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia^{1, 2, 3}

Email: rabiatul_adawiyah@poliban.ac.id*

Abstrak

Visual inspection of powertrain transmission gear components in the heavy equipment industry still faces major challenges, including lengthy inspection processes and non-ergonomic working postures such as prolonged bending and manual handling of heavy components. These conditions increase the risk of work accidents and reduce efficiency. This research aims to design, manufacture, and evaluate a stand gear inspection device as a visual inspection tool that considers ergonomic aspects, safety, and time efficiency. The method used is applied research with both quantitative and qualitative approaches. The process includes literature studies, field observations, 2D and 3D design using Autodesk Inventor and AutoCAD, prototype fabrication using steel material, static load testing, and questionnaire distribution to experienced technicians. The results show that the prototype was successfully fabricated with a stable rotating mechanism capable of safely supporting working loads. The questionnaire results indicate that this device simplifies the inspection process, reduces preparation and inspection time, minimizes the risk of pinching and back injuries, and is easy to operate and maintain. Most respondents stated that this device has the potential to replace conventional methods. In conclusion, the developed stand gear inspection device is proven effective in improving efficiency, safety, and technician work comfort, providing a practical and applicable solution for powertrain system maintenance in the heavy equipment industry.

Keywords: Gear inspection, ergonomics, powertrain, visual inspection, work safety, heavy equipment.

Abstract

Inspeksi visual pada komponen powertrain transmission gear di industri alat berat masih menghadapi kendala utama berupa durasi proses yang panjang dan postur kerja teknisi yang tidak ergonomis, seperti membungkuk serta penanganan manual komponen berat. Kondisi ini meningkatkan risiko kecelakaan kerja dan menurunkan efisiensi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, memproduksi, serta mengevaluasi stand gear inspection sebagai alat bantu inspeksi visual yang mempertimbangkan aspek ergonomi, keselamatan, dan efisiensi waktu. Metode yang digunakan adalah penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Proses meliputi studi literatur, observasi lapangan, perancangan model 2D dan 3D menggunakan Autodesk Inventor dan AutoCAD, fabrikasi prototipe berbahan baja, serta pengujian beban statis dan penyebaran kuesioner kepada teknisi berpengalaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe berhasil difabrikasi dengan mekanisme putar yang stabil dan mampu menahan beban kerja dengan aman. Hasil kuesioner mengindikasikan bahwa alat ini mempermudah proses inspeksi, mempersingkat waktu persiapan dan pemeriksaan, meminimalkan risiko terjepit dan cedera punggung, serta mudah dioperasikan dan dirawat. Sebagian besar responden menyatakan alat ini berpotensi menggantikan metode konvensional. Kesimpulannya, stand gear inspection yang dikembangkan terbukti efektif meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan kenyamanan kerja teknisi, serta menjadi solusi praktis dan aplikatif dalam perawatan sistem powertrain di industri alat berat.

Kata Kunci: gear inspection, powertrain, desain alat, keselamatan kerja, efisiensi inspeksi

PENDAHULUAN

Sistem powertrain merupakan salah satu subsistem utama pada alat berat yang berfungsi untuk mentransmisikan daya dari mesin menuju roda atau track, sehingga memungkinkan terjadinya pergerakan unit (Mahyudi & Indratmoko, 2026; Yan Kondo et al., 2024). Kinerja sistem ini sangat bergantung pada kondisi komponen penyusunnya, terutama gear yang berperan dalam mengatur kecepatan, arah, dan torsi sesuai dengan kebutuhan operasional (Nababan, 2024; Ramadhan, 2024; Siringoringo, 2024). Kerusakan pada komponen powertrain, khususnya gear, dapat menyebabkan

penurunan performa hingga kegagalan fungsi unit secara keseluruhan, sehingga diperlukan proses perawatan dan rekondisi secara berkala.

Dalam praktiknya, gear merupakan salah satu komponen yang memiliki tingkat kerusakan cukup tinggi setelah seal, bearing, dan gasket (Falcata, 2024). Kerusakan yang umum terjadi meliputi crack, scratch, dan discoloration, yang dapat berdampak pada penurunan efisiensi transmisi daya serta meningkatkan risiko kegagalan sistem (Christanov, 2025; Ilham, 2025; Muhamad, 2025). Cacat pada roda gigi dapat bersifat lokal seperti retakan dan keausan permukaan, maupun terdistribusi seperti ketidaksejajaran dan eksentrisitas, yang memerlukan metode inspeksi yang akurat untuk dapat dideteksi secara dini (Bjorn & Weichbrodt, 1973).

Proses inspeksi merupakan tahapan krusial dalam kegiatan perawatan dan rekondisi komponen powertrain. Inspeksi tidak hanya bertujuan untuk mengidentifikasi jenis dan tingkat kerusakan, tetapi juga menentukan apakah komponen masih layak digunakan (reuse) atau harus diganti (replace) sesuai dengan standar industri. Metode inspeksi roda gigi yang ada umumnya melibatkan pengukuran geometri, kontak gigi, serta evaluasi visual berdasarkan karakteristik tertentu (Frazier, 1995). Namun demikian, dalam praktik di lapangan, inspeksi visual masih menjadi metode yang paling sering digunakan karena kemudahan dan fleksibilitasnya.

Berbagai penelitian dan paten telah mengembangkan sistem inspeksi roda gigi, seperti sistem inspeksi visual otomatis untuk double gear (Kyu & Po, 2011), serta perangkat inspeksi untuk mengukur parameter seperti runout, backlash, dan kontak gigi pada roda gigi bevel (Beam & Stapleton, 1954). Selain itu, berbagai alat inspeksi lainnya juga telah dikembangkan untuk mendeteksi kesalahan dimensi, variasi sudut heliks, maupun keausan spline (Vanator, 1961; Smith & Raffer, 1970; Heldt, 1970; Yagiela, 1975). Meskipun demikian, sebagian besar alat tersebut berfokus pada pengukuran presisi dan pengujian karakteristik teknis, sehingga kurang mempertimbangkan aspek ergonomi, efisiensi waktu, dan keselamatan kerja dalam konteks inspeksi visual di lapangan.

Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian terhadap faktor ergonomi dalam aktivitas inspeksi industri semakin meningkat. Studi oleh Murugesan et al. (2025) menunjukkan bahwa faktor ergonomi seperti postur kerja dan beban kognitif memiliki pengaruh signifikan terhadap performa inspeksi visual, dengan kontribusi hingga lebih dari 40% terhadap efektivitas kerja. Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa aktivitas inspeksi manual dan penanganan material berat berkontribusi besar terhadap gangguan muskuloskeletal, khususnya pada bagian punggung, bahu, dan pergelangan tangan (Chen & Luo, 2023). Risiko ini semakin meningkat pada kondisi kerja yang tidak ergonomis, seperti membungkuk dalam waktu lama atau melakukan pengangkatan beban secara berulang.

Upaya perbaikan melalui pendekatan ergonomi terbukti mampu menurunkan risiko cedera kerja secara signifikan. Penerapan desain ulang workstation berbasis antropometri dan mekanisme bantu sederhana dapat menurunkan skor risiko ergonomi secara drastis dan meningkatkan kenyamanan kerja operator (Adiyanto et al., 2022; Tasik et al., 2025). Selain itu, pendekatan evaluasi ergonomi berbasis sensor dan analisis biomekanik juga menunjukkan potensi dalam meningkatkan keselamatan kerja pada aktivitas manual (manual material handling) (Leggieri et al., 2023).

Permasalahan yang sering dihadapi oleh teknisi di lapangan adalah lamanya waktu yang dibutuhkan dalam proses inspeksi visual serta posisi kerja yang tidak ergonomis, seperti membungkuk atau melakukan penanganan manual terhadap komponen gear

yang berat. Kondisi ini tidak hanya menurunkan efisiensi kerja, tetapi juga meningkatkan risiko kecelakaan kerja, seperti terjepit atau cedera akibat beban berat. Hal ini bertentangan dengan prinsip keselamatan kerja industri yang mengedepankan konsep zero accident.

Perkembangan teknologi inspeksi roda gigi telah mengalami kemajuan signifikan dalam beberapa dekade terakhir, dimulai dari berbagai paten awal seperti yang dikembangkan oleh Beam dan Stapleton (1954) mengenai perangkat inspeksi untuk roda gigi bevel, hingga sistem deteksi cacat terdistribusi pada gear assembly oleh Bjorn dan Weichbrodt (1973) yang menggunakan analisis sinyal vibrasi untuk mengidentifikasi ketidaksejajaran dan eksentrisitas. Frazier (1995) kemudian mengembangkan metode inspeksi manual yang lebih sederhana untuk menentukan deviasi sudut heliks pada roda gigi menggunakan master gear segment, sementara Kyu dan Po (2011) serta Ari et al. (2025) mengarah pada pengembangan sistem inspeksi visual otomatis berbasis machine vision yang menawarkan akurasi tinggi namun memerlukan investasi infrastruktur yang besar. Di sisi lain, perhatian terhadap aspek ergonomi dalam aktivitas inspeksi industri mulai mengemuka dengan studi Murugesan et al. (2025) yang membuktikan bahwa faktor ergonomi seperti postur kerja dan beban kognitif berkontribusi lebih dari 40% terhadap efektivitas kerja visual inspector, serta penelitian Chen dan Luo (2023) yang mengungkapkan bahwa aktivitas inspeksi manual dan penanganan material berat berkontribusi besar terhadap gangguan muskuloskeletal pada punggung, bahu, dan pergelangan tangan. Namun demikian, sebagian besar alat inspeksi yang telah dikembangkan—baik yang bersifat presisi tinggi maupun yang sederhana—masih berfokus pada aspek pengukuran geometri dan karakteristik teknis roda gigi, tanpa mempertimbangkan secara memadai aspek ergonomi, efisiensi waktu, dan keselamatan kerja teknisi di lapangan.

Kesenjangan penelitian ini semakin terlihat ketika praktik di industri alat berat menunjukkan bahwa inspeksi visual masih menjadi metode utama karena kemudahan dan fleksibilitasnya, namun teknisi sering menghadapi permasalahan lama waktu persiapan dan proses inspeksi serta posisi kerja tidak ergonomis seperti membungkuk dalam waktu lama dan penanganan manual komponen gear yang berat.

Urgensi penelitian ini semakin diperkuat oleh prinsip keselamatan kerja industri yang mengedepankan konsep zero accident, mengingat risiko kecelakaan seperti terjepit atau cedera akibat beban berat masih sering terjadi di bengkel perawatan alat berat. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan stand gear inspection yang tidak hanya berfungsi secara teknis sebagai alat bantu pemeriksaan visual, tetapi juga secara khusus mengintegrasikan aspek ergonomi dan keselamatan kerja dalam desainnya—sebuah pendekatan yang selama ini belum menjadi fokus utama dalam penelitian dan pengembangan alat inspeksi roda gigi.

Tujuan penelitian ini adalah mendesain dan memproduksi prototipe stand gear inspection untuk sistem powertrain transmission gear, serta mengevaluasi efektivitas alat melalui pengujian kuantitatif terhadap kekuatan struktur dan pengujian kualitatif berdasarkan persepsi pengguna di lapangan. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat praktis berupa alat bantu inspeksi yang mampu meningkatkan efisiensi waktu dan kenyamanan kerja teknisi, mengurangi risiko kecelakaan kerja, serta menjadi solusi aplikatif yang relevan dengan kebutuhan industri perawatan alat berat di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang bertujuan untuk mendesain, memproduksi, dan mengevaluasi kinerja stand gear inspection sebagai alat bantu pemeriksaan visual pada sistem powertrain transmission gear. Pendekatan yang digunakan adalah metode kuantitatif dan kualitatif untuk memperoleh gambaran menyeluruh terkait performa teknis dan persepsi pengguna terhadap alat yang dikembangkan.

Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan utama, yaitu: (1) studi literatur dan observasi lapangan, (2) perancangan desain, (3) fabrikasi prototipe, (4) pengujian, dan (5) analisis data. Studi literatur dilakukan untuk mengidentifikasi state of the art terkait inspeksi gear serta aspek ergonomi dan keselamatan kerja. Observasi lapangan dilakukan dengan melibatkan teknisi berpengalaman untuk memperoleh kebutuhan riil dalam proses inspeksi. Gambar 1 berikut menunjukkan diagram alir dari penelitian ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Desain dan Pengembangan Alat

Perancangan alat dilakukan dengan mempertimbangkan aspek ergonomi, keselamatan kerja, kemudahan pengoperasian, serta kekuatan struktur. Desain awal dikembangkan dalam bentuk model tiga dimensi (3D) menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor 2021 untuk memudahkan visualisasi dan evaluasi desain. Selanjutnya, detail teknis dituangkan dalam gambar dua dimensi (2D) menggunakan AutoCAD 2021 sebagai acuan proses manufaktur.

Fabrikasi Prototipe

Prototipe stand gear inspection dibuat menggunakan material baja dengan proses manufaktur meliputi milling, turning, dan boring sesuai dengan spesifikasi pada gambar teknik. Setelah seluruh komponen selesai diproduksi, dilakukan proses perakitan (assembly) hingga terbentuk alat yang siap untuk diuji.

Variabel dan Rancangan Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa alat dari aspek teknis dan pengguna. Variabel penelitian terdiri dari:

- a. Variabel kuantitatif, yaitu kekuatan alat dalam menahan beban gear saat proses inspeksi.
- b. Variabel kualitatif, yaitu persepsi pengguna terhadap efektivitas, efisiensi, kemudahan penggunaan, dan aspek keselamatan alat.

Pengujian kuantitatif dilakukan melalui uji beban untuk mengetahui kemampuan struktur alat dalam menahan beban kerja. Sementara itu, pengujian kualitatif dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada teknisi yang menggunakan alat dalam simulasi proses inspeksi.

Teknik Pengumpulan Data

Data kuantitatif diperoleh dari hasil pengujian beban terhadap alat, sedangkan data kualitatif diperoleh melalui kuesioner berbasis skala penilaian yang diberikan kepada responden. Pertanyaan dalam kuesioner mencakup aspek kemudahan penggunaan, peningkatan efisiensi waktu, pengurangan risiko kecelakaan kerja, serta tingkat kenyamanan penggunaan alat.

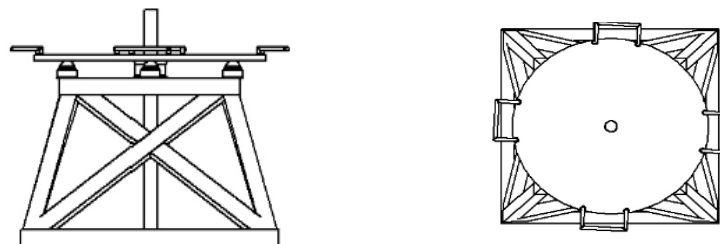
Analisis Data

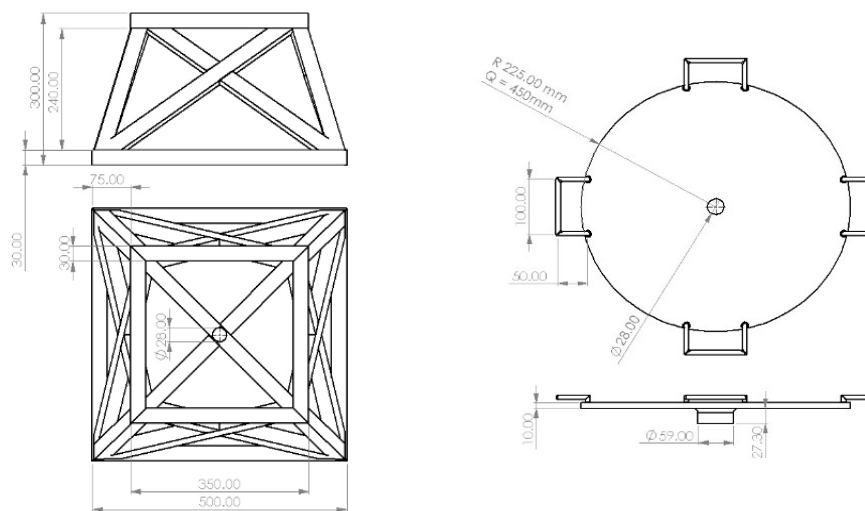
Data kuantitatif dianalisis untuk mengetahui kemampuan alat dalam menahan beban kerja secara aman. Sementara itu, data kualitatif dianalisis menggunakan pendekatan statistik deskriptif dan uji regresi untuk mengidentifikasi hubungan antara penggunaan alat dengan peningkatan efektivitas dan keselamatan kerja. Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 21 atau lebih tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

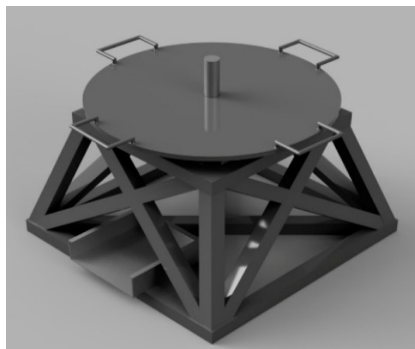
Hasil Desain dan Pengembangan Alat

Hasil dari tahap perancangan menunjukkan bahwa stand gear inspection berhasil dikembangkan dalam bentuk model 2D dan 3D menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor dan AutoCAD. Desain alat dirancang dengan mempertimbangkan aspek ergonomi, kemudahan pengoperasian, serta keselamatan kerja teknisi. Secara fungsional, alat ini terdiri dari struktur penopang utama berbahan baja, rotating plate sebagaiudukan gear, serta mekanisme pemutar yang memungkinkan gear diputar secara stabil selama proses inspeksi. Desain ini memungkinkan teknisi melakukan pemeriksaan visual secara menyeluruh tanpa perlu memindahkan posisi gear secara manual. Dengan demikian, alat ini mampu mengurangi kebutuhan manipulasi langsung terhadap komponen yang memiliki berat relatif besar. Dari sisi rekayasa, desain yang sederhana namun kokoh menjadi keunggulan utama karena memudahkan proses fabrikasi sekaligus meningkatkan keandalan alat saat digunakan di lingkungan industri. Gambar 2 dan Gambar 3 berikut ini menunjukkan hasil dari desain pengembangan alat.





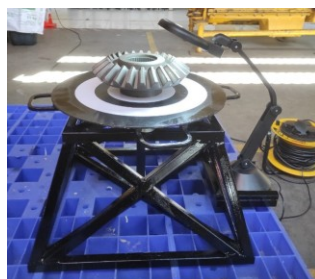
Gambar 2. Desain 2D



Gambar 3. Desain 3D

Hasil Fabrikasi Prototipe

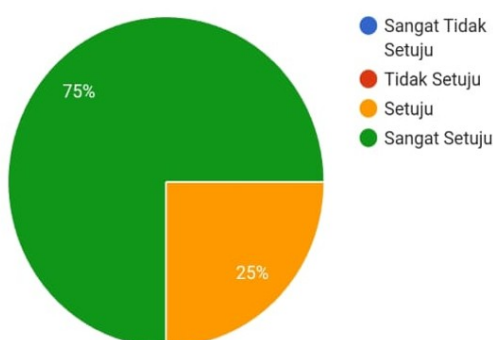
Prototipe alat berhasil diproduksi menggunakan material baja melalui proses machining yang meliputi milling, turning, dan boring seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil fabrikasi menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat dirakit dengan baik sesuai dengan spesifikasi desain. Secara visual dan fungsional, alat yang dihasilkan memiliki stabilitas yang baik saat digunakan untuk menopang gear. Selain itu, mekanisme putar pada *plate* bekerja dengan lancar sehingga mendukung proses inspeksi yang lebih efektif. Hal ini menunjukkan bahwa desain yang telah dibuat dapat diimplementasikan secara nyata tanpa kendala signifikan pada tahap manufaktur.



Gambar 4. Hasil Pabrikasi

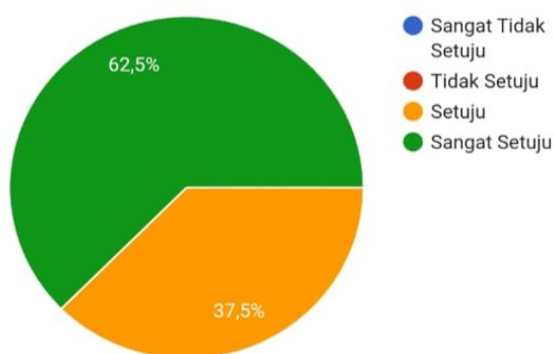
Hasil Uji Sistem Kerja

Pengujian kualitatif dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada teknisi yang menggunakan alat dalam simulasi inspeksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar responden memberikan penilaian positif terhadap alat yang dikembangkan. Terdapat 7 indikator pertanyaan yang digunakan dalam kuesioner. Pertanyaan pertama yaitu “Dengan menggunakan alat ini, apakah dapat mempermudah proses inspeksi gear ?” dari. Dari jawaban-jawaban tersebut dapat disimpulkan bahwa menurut para partisipan alat yang sudah dibuat dapat mempermudah para partisipan dalam melakukan proses penginspeksian gear.



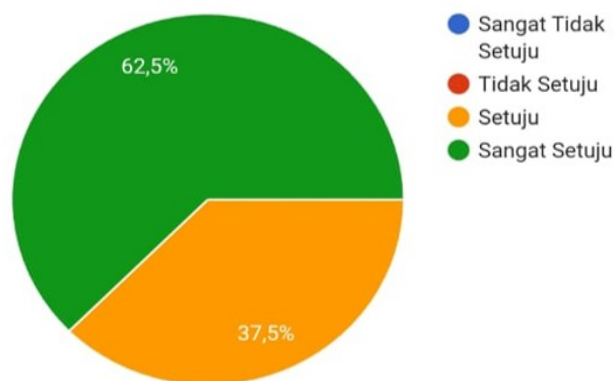
Gambar 5. Grafik pertanyaan pertama

Pertanyaan kedua yaitu “Dengan menggunakan alat ini apakah dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja saat proses penginspeksian gear ?”. Dari jawaban-jawaban tersebut dapat disimpulkan bahwa menurut para partisipan alat yang telah dibuat dapat meminimalisir kecelakaan kerja. Hal ini mengacu pada metode lama (menginspeksi gear tanpa menggunakan alat) dimana saat menggunakan metode ini gear sangat sulit diinspeksi karena teknisi mengalami posisi tidak aman dan tidak nyaman seperti membungkuk selama proses penginspeksian tanpa menggunakan alat dan saat melakukan pemindahan posisi gear, jari bisa mengalami terjepit diantara gear dan palet. Dengan dibuatnya alat ini diharapkan posisi badan dari teknisi lebih aman dan nyaman ketika menginspeksi gear serta dapat terhindar dari terjepit antara gear dan palet.



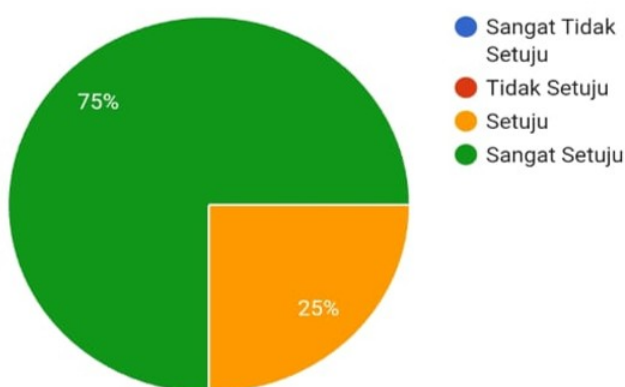
Gambar 6. Grafik Pertanyaan kedua

Pertanyaan ketiga yaitu “Dengan menggunakan alat ini apakah dapat mempersingkat waktu dalam proses penginspeksian gear. Dari jawaban tersebut dapat disimpulkan bahwa menurut para partisipan alat yang telah dibuat dapat mempersingkat waktu persiapan dan proses penginspeksian gear. Hal ini mengacu pada metode lama (inspeksi gear tanpa menggunakan alat) dimana saat menggunakan metode ini diperlukan waktu yang cukup lama untuk melakukan persiapan dan prosesnya, karena berat dari gear sangat menyulitkan teknisi dalam melakukan pekerjaan. Dengan dibuatnya alat ini diharapkan waktu yang diperlukan dalam mempersiapkan dan proses penginspeksian gear dapat dilakukan dengan lebih cepat.



Gambar 7. Grafik Pertanyaan ketiga

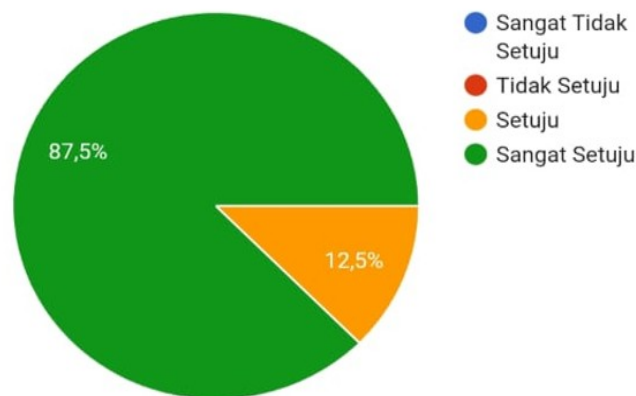
Pertanyaan keempat yaitu “Dari segi pengoperasian apakah alat ini mudah digunakan?”. Dari jawaban tersebut dapat disimpulkan bahwa menurut para partisipan alat yang telah dibuat, mudah dari segi pengoperasian. Hal ini karena alat yang telah dibuat memiliki cara pengoperasian dengan memutar plate untuk menginspeksi.



Gambar 8. Grafik Pertanyaan keempat

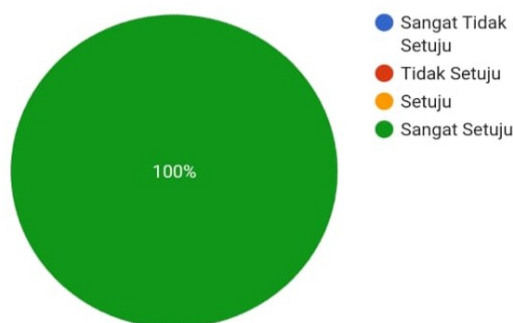
Pertanyaan kelima yaitu “Dari segi pengoperasian apakah alat ini mudah digunakan?”. Dari jawaban tersebut dapat disimpulkan bahwa menurut para partisipan prototype alat yang telah dibuat, aman dari segi konstruksinya. Alat yang telah dibuat sudah didesain agar mampu menahan berat gear saat proses penginspeksian. Pada

pertanyaan kelima ini beberapa partisipan memberikan saran agar mencantumkan specification dari beban static dan dynamic pada alat agar teknisi dapat dengan mudah mengidentifikasi berapa berat maksimal yang dapat ditahan oleh alat yang telah dibuat.



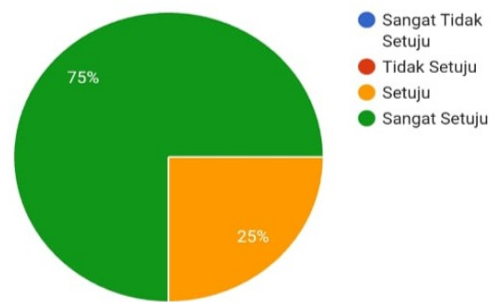
Gambar 9. Grafik Pertanyaan kelima

Pertanyaan keenam yaitu “Apakah perawatan pada alat ini tergolong mudah?”. Dari jawaban tersebut dapat disimpulkan bahwa menurut para partisipan alat yang telah dibuat memiliki perawatan yang tergolong sangat mudah seperti pelumasan berkala pada bearing dan menjaga alat tetap bersih saat digunakan.



Gambar 10. Grafik Pertanyaan keenam

Pertanyaan ketujuh yaitu “Apakah alat ini dapat menggantikan metode yang lama (inspeksi tanpa menggunakan alat) saat melakukan inspeksi gear?”. Dari jawaban tersebut, dapat disimpulkan bahwa menurut para partisipan alat yang telah dibuat dapat menggantikan metode lama (inspeksi tanpa menggunakan alat) untuk kedepannya. Hal ini mengacu pada pernyataan sebelumnya dimana menurut para partisipan alat yang telah dibuat dapat mempermudah proses penginspeksian gear, dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja, dapat mempercepat persiapan dan proses penginspeksian gear, mudah dari segi pengoperasian alat dan aman untuk digunakan. Dari pertanyaan-pertanyaan sebelumnya juga dapat disimpulkan bahwa para partisipan merasa terbantu saat proses penginspeksian gear dengan adanya alat yang telah dibuat.



Gambar 11. Grafik pertanyaan ketujuh

Prototipe alat berhasil diproduksi menggunakan material baja melalui proses machining yang meliputi milling, turning, dan boring seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil fabrikasi menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat dirakit dengan baik sesuai dengan spesifikasi desain. Secara visual dan fungsional, alat yang dihasilkan memiliki stabilitas yang baik saat digunakan untuk menopang gear. Selain itu, mekanisme putar pada *plate* bekerja dengan lancar sehingga mendukung.

Beberapa temuan utama dari hasil kuesioner adalah sebagai berikut:

- a. Kemudahan proses inspeksi
Penggunaan alat terbukti mempermudah proses inspeksi dibandingkan metode konvensional. Hal ini disebabkan oleh kemampuan alat dalam menahan dan memposisikan gear secara stabil.
- b. Peningkatan aspek keselamatan kerja
Alat mampu mengurangi risiko kecelakaan kerja, terutama risiko terjepit dan cedera akibat posisi kerja yang tidak ergonomis. Posisi kerja teknisi menjadi lebih aman dan nyaman selama proses inspeksi.
- c. Efisiensi waktu kerja
Penggunaan alat dapat mempersingkat waktu persiapan dan pelaksanaan inspeksi. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya kebutuhan untuk memindahkan gear secara manual.
- d. Kemudahan pengoperasian
Alat dinilai mudah digunakan oleh teknisi karena mekanisme pengoperasiannya sederhana dan tidak memerlukan keterampilan khusus.
- e. Keamanan dan keandalan alat
Responden menilai bahwa alat memiliki konstruksi yang aman dan mampu menahan beban kerja dengan baik.
- f. Kemudahan perawatan
Perawatan alat relatif mudah, hanya memerlukan pelumasan pada bagian tertentu seperti bearing dan pembersihan rutin.
- g. Potensi menggantikan metode konvensional
Sebagian besar responden menyatakan bahwa alat ini berpotensi menggantikan metode inspeksi tanpa alat yang selama ini digunakan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan stand gear inspection memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan efisiensi dan keselamatan kerja dalam proses inspeksi gear. Temuan ini sejalan dengan penelitian ergonomi yang menyatakan bahwa perbaikan desain alat kerja dapat meningkatkan performa operator serta mengurangi risiko cedera akibat postur kerja yang tidak ergonomis (Murugesan et

al., 2025; Chen & Luo, 2023). Faktor ergonomi seperti posisi kerja, beban fisik, dan interaksi manusia-alat terbukti memiliki kontribusi signifikan terhadap efektivitas kerja di lingkungan industri.

Dari sisi teknis, alat ini berhasil menjawab kebutuhan praktis di lapangan, yaitu menyediakan metode inspeksi yang lebih stabil, aman, dan efisien tanpa memerlukan teknologi kompleks. Hal ini menjadi keunggulan dibandingkan dengan sistem inspeksi berbasis otomatis atau presisi tinggi yang umumnya membutuhkan biaya dan infrastruktur yang lebih besar. Penelitian terkait sistem inspeksi berbasis machine vision menunjukkan bahwa meskipun memiliki akurasi tinggi, implementasinya memerlukan investasi yang besar serta kompleksitas sistem yang tinggi (Ari et al., 2025). Oleh karena itu, pendekatan sederhana namun efektif seperti yang dikembangkan dalam penelitian ini menjadi solusi yang relevan untuk kebutuhan industri, khususnya pada sektor perawatan alat berat.

Selain itu, integrasi aspek ergonomi dalam desain alat terbukti mampu meningkatkan kenyamanan kerja teknisi, yang secara tidak langsung berkontribusi pada peningkatan produktivitas. Studi menunjukkan bahwa desain ulang alat berbasis ergonomi dan antropometri mampu menurunkan tingkat kelelahan kerja dan meningkatkan efisiensi operasional secara signifikan (Adiyanto et al., 2022; Alves et al., 2025). Pengurangan aktivitas manual handling juga menjadi faktor penting dalam menurunkan risiko kecelakaan kerja, terutama pada pekerjaan yang melibatkan beban berat dan gerakan berulang (Leggieri et al., 2023).

Lebih lanjut, pendekatan ergonomi modern yang mengintegrasikan analisis biomekanik dan evaluasi postur kerja juga menunjukkan bahwa intervensi sederhana pada alat kerja dapat memberikan dampak besar terhadap penurunan risiko gangguan muskuloskeletal (Cruciata et al., 2025). Hal ini memperkuat bahwa desain stand gear inspection yang dikembangkan tidak hanya memberikan manfaat teknis, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan kualitas lingkungan kerja.

Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, antara lain belum dilakukannya analisis mendalam terkait umur pakai (fatigue life) material serta pengujian pada berbagai variasi ukuran dan jenis gear. Selain itu, evaluasi kuantitatif masih terbatas pada uji beban statis sehingga diperlukan pengujian lanjutan untuk kondisi dinamis. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan fleksibilitas dan performa alat, termasuk integrasi analisis kekuatan berbasis simulasi serta uji lapangan dalam skala industri yang lebih luas.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan stand gear inspection sebagai alat bantu inspeksi visual pada sistem powertrain transmission gear. Alat yang dirancang memiliki struktur yang sederhana, kuat, dan mudah dioperasikan, serta mampu meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses inspeksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat aman digunakan dan dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja melalui perbaikan aspek ergonomi dan pengurangan aktivitas manual handling. Selain itu, penggunaan alat juga memberikan peningkatan kenyamanan kerja teknisi. Secara keseluruhan, alat ini berpotensi menjadi solusi praktis dan aplikatif dalam mendukung proses inspeksi gear di industri. Pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan alat pada berbagai kondisi operasional.

REFERENSI

- Beam, A. S., & Stapleton, C. B. (1954). *Bevel gear checking master* (U.S. Patent No. US2689410).
- Bjorn, D., & Weichbrodt, B. (1973). *Detection of distributed defects in gear assemblies* (U.S. Patent No. US3712130).
- Chen, Y. L., & Luo, W. H. (2023). Comparative ergonomic study examining work-related musculoskeletal disorders. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 2958. <https://doi.org/10.3390/ijerph20042958>
- Christanov, R. (2025). Analisa kerusakan sistem transmisi pada Nissan Diesel Trintin. *Menulis: Jurnal Penelitian Nusantara*, 1(6), 1157–1162.
- Falcata, F. (2024). *Analisa kerusakan dan perbaikan transmisi wheel loader LG855N yang mengalami low power* [Undergraduate thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta].
- Frazier, C. H. (1995). *Method and apparatus for inspection of gears* (U.S. Patent No. US5392644A).
- Heldt, M. P. (1970). *Spline wear gauge* (U.S. Patent No. US3507049).
- Ilham, N. (2025). *Evaluasi kegagalan pada komponen gear drive shaft screw compressor CompAir L160 menggunakan metode failure analysis* [Undergraduate thesis, Universitas Sangga Buana YPKP].
- Kondo, S. T. Y., Razak, A. H., Arfandy, S. T., Wirawan, T. S., Muttaqin, A. N., & Mihdar, U. H. (2024). *Sistem penerus daya kendaraan ringan*. Nas Media Pustaka.
- Kyu, Y., & Po, Y. (2011). Automated visual inspection system of double gear using inspection system. *Korea Society of Digital Industry and Information Management*, 7(4), 81–88.
- Leggieri, S., et al. (2023). Online ergonomic evaluation in manual material handling using wearable sensors. *Sensors*.
- Mahyudi, E. T., & Indratmoko, L. (2026). *Perawatan alat berat*. PT Kimhsafi Alung Cipta.
- Muhamad, I. (2025). *Identifikasi crack pada pipa FRP: Studi kasus di utility plant polypropylene PT Chandra Asri Pacific*.
- Murugesan, M., Thangavelu, R. B., & Komalanathan, V. (2025). Work performance measurement of visual inspectors in the automotive industry by considering ergonomic factors. *Work*, 82(2), 384–396.
- Nababan, A. W. C. (2024). *Penyelidikan keausan roda gigi lurus akibat variasi bahan pada sistem transmisi* [Undergraduate thesis, Universitas Medan Area].
- Ramadhan, F. W. (2024). *Menentukan besarnya gaya dan kecepatan pada cylinder electropneumatic steering gear system simulation* [Undergraduate thesis, Universitas Ivet].
- Siringoringo, R. (2024). *Penyelidikan keausan roda gigi miring bahan polimer pada sistem transmisi* [Undergraduate thesis, Universitas Medan Area].
- Smith, P., & Raffer, J. S. (1970). *Gear pitch comparison apparatus* (U.S. Patent No. US3522524).
- Tasik, S. A., et al. (2025). Integrating ergonomic intervention and digital human modeling to improve postural safety. *Journal of Industrial Systems*.
- Vanator, G. M. (1961). *Gear inspection apparatus* (U.S. Patent No. US2983141).
- Yagiela, F. D. (1975). *Gear inspection tool* (U.S. Patent No. US3921304).