

Design dan Manufacturing Special Tool Turbocharger Housing Remover sebagai Alat Bantu untuk Pengoptimalan Perawatan Perbaikan Cat Engine Turbocharger

M. Syafwansyah Effendi^{1*}, Rabiatul Adawiyah², Aqli Mursadin³

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

Email: msyafwansyah@poliban.ac.id*

Abstrak

Turbocharger ini adalah komponen yang membutuhkan perawatan dan perbaikan, beberapa komponen utama *turbocharger* diantaranya *turbine wheel*, *compressor wheel*, *Turbine housing*, *compressor housing*, *bearing*, *shaft*, *seal*, *gasket*. Cara yang umum dalam melakukan perawatan perbaikan *turbocharger* dan melepas *turbocharger housing turbine* dengan cara dipukul menggunakan palu (palu kuningan) pada bagian tepi dari *housing turbine* secara berkeliling. Namun, tak jarang langkah tersebut masih sulit dan memerlukan waktu yang sedikit lama dalam poses pelepasannya juga potensi akan bahaya yang ditimbulkan sangat mungkin terjadi. Perlu desain *special tool* yang yang dapat digunakan untuk melepas *turbine housing* pada saat proses perawatan perbaikan *turbocharger* yang bisa dimanfaatkan mitra. Hipotesa akan terjadi optimasi penghematan waktu penggunaan dari desain *special tool* melepas *turbine housing*. Variabel uji adalah berupa data waktu penggunaan tool untuk melepas *turbine housing*. Pengujian langsung pada *turbocharger CAT Engine* dan pengujian dilakukan berkali kali dengan person yang berbeda yang sudah mempunyai bekal keterampilan dalam melakukan service Analisis data menggunakan akan metode deskriptif dimana pengolahan data dilakukan dengan cara membandingkan data dua kelompok sampel berupa durasi waktu yang dibutuhkan ketika melepas *turbine housing*, dengan uji statistik *t-Test Paired Sample for Means*. Perhitungan statistik dengan menggunakan software SPSS versi 21 atau diatasnya. Kesimpulan dari penelitian ini adalah kesimpulan yang diambil dari penelitian ini adalah desain dari *special* yang yang dapat digunakan untuk melepas *turbine housing* pada saat proses perawatan perbaikan *turbocharger* adalah cukup sederhana dan berfungsi dengan baik, karena sangat efektif digunakan dengan optimasi selisih penghematan waktu 12 menit ketika menggunakan alat ini dibandingkan cara manual.

Kata Kunci: *turbocharger*, *spesial tool*, *turbine housing*, pengoptimalan

Abstract

This turbocharger is a component that needs maintenance and repair, some of the main components of turbochargers include turbine wheel, compressor wheel, turbine housing, compressor housing, bearing, shaft, seal, gasket. A common way to repair turbochargers and remove the turbocharger housing turbine is by hitting it with a hammer (brass hammer) on the edge of the turbine housing around. However, it is not uncommon for this step to be difficult and takes a little longer in the release poses as well as the potential for harm to occur. It is necessary to design a special tool that can be used to remove the turbine housing during the maintenance process of turbocharger repair that can be used by partners. The hypothesis is that there will be optimization of time savings from the design of the special turbine housing release tool. The test variable is in the form of data on the time of using the tool to remove the turbine housing. Direct testing on the CAT Engine turbocharger and testing was carried out many times with different people who already had the skills to perform the service Data analysis used a descriptive method where data processing was carried out by comparing data from two sample groups in the form of the duration of time needed when removing the turbine housing, with the t-Test Paired Sample for Means statistical test. Statistical calculation using SPSS software version 21 or above. The conclusion of this study is that the design of the special that can be used to remove the turbine housing during the turbocharger repair maintenance process is quite simple and works well, because it is very effective to use with an optimization of 12 minutes time saving difference when using this tool compared to manual methods

Keywords: *turbocharger*, *special tool*, *turbine housing*, optimization

PENDAHULUAN

Pada *CAT engine Caterpillar* secara umum terdapat lima sistem yang saling bekerjasama untuk menghasilkan tenaga (Hartono, 2024; Iswar & Pitriadi, 2025; Thofani et al., 2024). Sistem-sistem engine diantaranya yaitu sistem bahan bakar (*Fuel System*), sistem elektrik (*Electrical System*), sistem pelumasan (*Lubrication System*), sistem pemasukan udara

dan pengeluaran gas buang (*Air intake and Exhaust System*) serta sistem pendinginan (*Cooling System*).

Di dalam sistem pemasukan udara dan pengeluaran gas buang (*Air intake and Exhaust System*) terdapat komponen *Turbocharger* (Marsudi, 2022; Taufik et al., 2024). Saat ini hampir semua *engine diesel* menggunakan *Turbocharger* terutama *Caterpillar* untuk memanfaatkan gas buang sisa pembakaran yang digunakan untuk memutar sudu-sudu pada *turbine*, akibat *turbine* yang berputar maka *compressor* juga berputar menyebabkan udara (oksigen) dari *atmosfer* terhisap melewati *air filter* kemudian dimampatkan oleh *Turbocharger* sehingga terjadi penambahan *volume* udara yang akan masuk keruang pembakaran. Salah satu yang diharapkan *engine* akan mendapatkan tenaga yang jauh lebih besar (Agung, 2023; Ashari, 2025; Irvan, 2024; Muhammad Fadel Mansyur, 2023; Syahrul, 2025).

Turbocharger ini adalah komponen yang membutuhkan perawatan dan perbaikan, beberapa komponen utama *turbocharger* diantaranya *turbine wheel*, *compressor wheel*, *Turbine housing*, *compressor housing*, *bearing*, *shaft*, *seal*, *gasket*. Ketika melakukan perawatan perbaikan salah satu komponen yang dilepas adalah *turbocharger housing turbine*, dimana komponen ini adalah salah satu komponen yang sulit untuk dilepas pada *Turbocharger Group* apabila terdapat *corrothion*/karat pada bagian *cardtridge* dan *housing turbine*. Berdasarkan informasi dari interview para mekanik PT. Trakindo Utama ketika mereka melakukan perawatan perbaikan *turbocharger* dan melepas *turbocharger housing turbine* dengan cara pelepasan *housing* tersebut adalah dengan cara dipukul menggunakan palu (palu kuningan) pada bagian tepi dari *housing turbine* secara berkeliling. Namun, tak jarang langkah tersebut masih sulit dan memerlukan optimasi waktu yang sedikit lama dalam poses pelepasannya juga potensi akan bahaya yang ditimbulkan sangat mungkin terjadi.

Penelitian terkait dengan *Turbocaherger* memang diantaranya Monieta, Jan (Monieta, 2018) *Fundamental investigations of marine engines turbochargers diagnostic with use acceleration vibration signals*, Lukman Hafidz dan M. Wibowo, Tri (Lukman Hafidz & Wibowo, 2020) *Analysis of Blade Turbine Damage in Turbocharger System in PLTD Diesel Engine*, Arso, Wilarso dkk (Arso et al., 2020), Menentukan Predictive Maintenance Pada Kerusakan Turbocharger Diesel Engine, Neževikć, Vlatko (Neževikć et al., 2020) *Fault tree analysis and failure diagnosis of marine diesel engine turbocharger system*.

Beberapa patent terkait *Turbocharger* diantaranya patent nya Mackey, Rickey Albert (Mackey et al., 2009) US Patent nomor US 20090313991A1 *Turbocharger Cleaner*, Blackstone, Michael S (Blackstone, 2005) US Patent nomor USOO6745568B1 *Turbo System and Methode of Instaling*, Oxley Jimmie (Oxley Jimmie, Smith James, Busby Taylor, 2022) US Patent nomor US 20120051899A1 *Turbine Housing Assembly*. Belum ditemukan patent terkait peralatan khusus yang dipergunakan untuk melepas *turbine housing* pada *turbocharger*.

Sangat penting untuk mendesain *special tool* guna meningkatkan efektifitas pekerjaan dan menurunkan level kerumitan pemakaian ketika melakukan pekerjaan perawatan perbaikan *turbocharger*, dimana salah satu prosesnya yang cukup rumit adalah melepas *turbine housing*. Alasan mendasar sangat pentingnya mendesain *special tool* yaitu pertama mengatasi masalah optimasi waktu terkait pekerjaan perawatan perbaikan *turbocharger* ini yang berdasarkan dari pengamatan pekerjaan service, kedua review pengalaman para mekanik dalam melakukan pekerjaan perawatan perbaikan *turbocharger* selama ini, dan yang ketiga adalah berdasar pada kajian beberapa penelitian terkait *turbocharger* serta tool dan prosedur yang sudah dipatenkan terkait pekerjaan perawatan, perbaikan dan desain *turbocharger*.

METODE PENELITIAN

Desain Model 3D dan Detil 2D

Tahapan awal desain dengan mempertimbangkan aspek-aspek *safety*, ergonomis, efisien berdasarkan pada kajian kajian *research* terdahulu dan paten. Disamping itu juga mempertimbangkan masukan-masukan para mekanik yang berpengalaman terlibat langsung menggunakan tool standar selama ini ketika mereka melakukan *general overhaul* maupun *top overhaul*.

Desain menggunakan software *Autodesk Inventor 2026* untuk model 3D yang tujuannya nantinya memudahkan visualisasi model sebelum masuk tahap fabrikasi, serta mereview dan meminimalisir kesalahan desain. Detil rancangan akan dituangkan dalam gambar 2D dengan *Autocad 2026*, dimana detil-detil ukuran semua komponen yang membangun tool ini yang dijadikan informasi proses machining pembuatan komponen-komponen dengan ketelitian yang tinggi.

Prototipe Manufacturing

Semua komponen berbahan baja, yang dikerjakan dengan menggunakan *milling machine*, serta turning *machine* berdasarkan rancangan yang tertuang dalam gambar 2D. Selanjutnya akan di *assemble* menjadi *special tool* pelepas *turbine housing turbocharger* yang siap untuk dilakukan pengujian.

Variabel Uji dan Rancangan Pengujian

Variabel uji adalah berupa data waktu penggunaan tool untuk melepas *turbine housing*. Pengujian langsung pada *turbocharger CAT Engine* dan pengujian dilakukan berkali kali dengan person yang berbeda yang sudah mempunyai bekal keterampilan dalam melakukan service, dan data akan ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 1. Data uji penggunaan *special tool* ketika melepas *turbine housing*

1.	Penguji 1		
2.	Penguji ke n		

Sumber: Data primer hasil pengujian langsung pada *turbocharger CAT Engine* oleh 14 orang mekanik (2026).

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan cara membandingkan data dua kelompok sampel berupa durasi waktu yang dibutuhkan ketika melepas *turbine housing*, dengan uji statistik *t-Test Paired Sample for Means*. Perhitungan statistik dengan menggunakan SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen-komponen Turbocharger

Turbocharger tersusun dari tiga bagian utama, *center bearing housing assembly* (*Cartridge*), *turbine housing* (terhubung dengan *exhaust*) dan *compressor housing* (terhubung dengan *intake*), *Bearing housing* yang mengandung dua buah *plain bearing*, *seal* jenis *piston ring*, *retainer* (penahan) dan sebuah *trust bearing*. Ada juga sejumlah saluran untuk suplai dan pembuangan oli dan dari *cartridge* atau *housing bearing*.



Gambar 1. Turbocharger

Saat terangkai, *compressor wheel*, *center shaft* dan *turbine wheel* menjadi satu kesatuan utuh yang berputar di *journal bearing free-floating*. Sebuah *thrust bearing* yang diam terletak di dekat *compressor wheel* mengatur *end play*. Turbocharger yang lebih besar mempunyai dua *journal bearing* yang terpisah, sementara beberapa unit yang lebih kecil mempunyai *bearing* tunggal. *Thrust washer* diposisikan di tiap sisi *thrust bearing* dengan *spacer* ditengah. Saat *compressor wheel* terpasang, *retaining nut* menekan *thrust washer* dan *spacer* melawan *shoulder* di *center shaft*, menyebabkan semua komponen menjadi sebuah rangkaian berputar. Semua *bearing* berputar diatas oli selama turbocharger beroperasi.

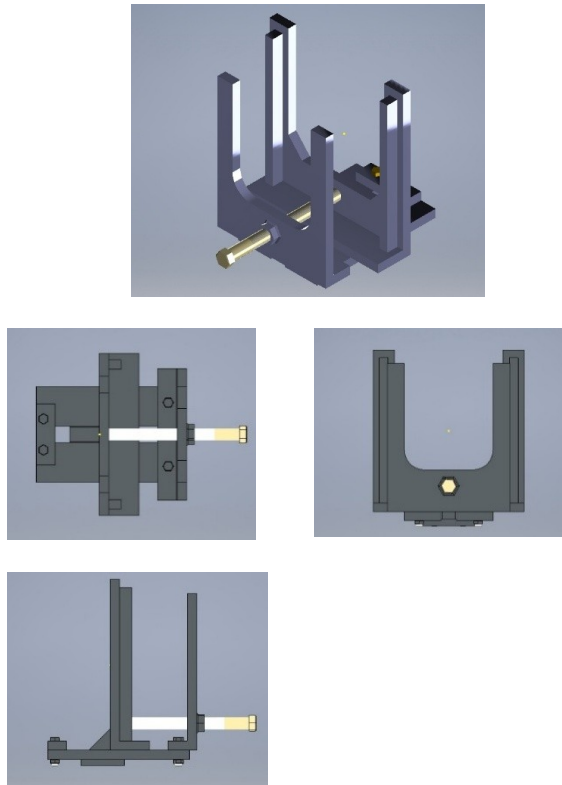
Turbine back plate, atau alat pelindung panas (*heat shield*), dan ruang udara (*air space*) di belakangnya berfungsi sebagai *isolator* untuk menjaga temperatur *exhaust* yang tinggi agar tidak memasuki *center housing*. Panas yang dikonduksi ke dalam *center shaft* dibuang pada *bearing* di dekat *turbine wheel* oleh oli pelumas.

Dengan demikian walaupun temperatur suhu dapat mencapai 760°C (1400°F) pada *turbine wheel*, temperatur normal adalah dibawah 150°C (300°F) pada *journal bearing* karena efek pendinginan oli pelumas ini. *Part* yang berputar harus di seimbangkan dengan sangat hati-hati. Hal ini berarti bahwa keseimbangan komponen yang diperlukan harus tepat. Keseimbangan komponen adalah keseimbangan tiap individu *part* terhadap garis tengah. Rangkaian komponen berhubungan dengan ketegaklurusan dan kesejajaran dari komponen terangkai. Ketegaklurusan menunjukkan kesiku-sikuan permukaan relative terhadap lubang (*bore*), sementara kesejajaran menunjukkan kelurusan (*alignment*) permukaan ujung komponen.

Jika kedua aspek ketegaklurusan dan kesejajaran tidak benar, saat *nut compressor wheel* dikencangkan, beban renggang (*tensile*) ditengah *shaft* tidak aksial, sehingga membengkokkan *shaft* dan menghasilkan ketidakseimbangan yang serius. Keseimbangan komponen individu dan rangkaian komponen harus diatur dengan sangat hati-hati. Selama rekondisi dan perbaikan dilapangan fakta-fakta ini harus diingat dan kehati-hatian dilakukan saat menangani dan merangkai bagian-bagian komponen yang berputar.

Desain Tool

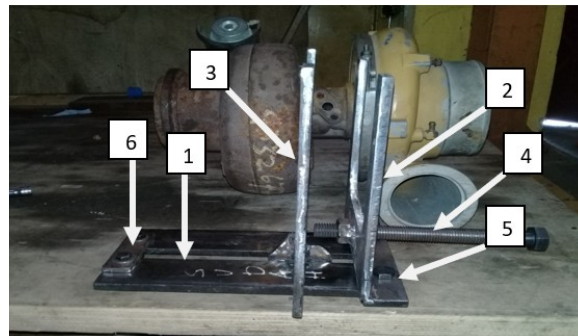
Tool di desain dalam bentuk gambar 2D dan 3D dengan software Autocad dan Inventor. Untuk Desain 3D sebagaimana gambar (2) berikut :



Gambar 2. Desain 3D

Hasil Manufacturing

Pada *Tool Turbocharger housing turbine remover* ini, dimana bagian pentingnya terdapat 2 plat sebagai alas, plat U penahan, plat U pendorong, *bolt* pendorong, dan palt penghubung



Gambar 3. *Special Tool Turbocharger Housing Remover*

Plat alas (1) pada bagian dari *tool* berfungsi sebagai alas penahan untuk melakukan pendorongan oleh *bolt* ke plat U pendorong sehingga tetap pada posisinya. Plat alas pada *tool* berjumlah 2 buah dengan ketebalan plat 8mm. Plat U penahan (2) adalah bagian dari tool yang digunakan untuk menahan gaya tekan yang diberikan oleh *bolt* untuk mendorong plat U pendorong. Plat U penahan ditahan/dikunci ke plat alas oleh dua buah *bolt*, bertumpu pada *plate compressor back* sebagai penahan gaya tekan untuk melepas *housing turbine*. Selain itu pada plat ini juga terdapat lubang *thread (nut)* sebagai media masuknya *bolt* untuk mendorong plat U pendorong.

Plat U pendorong (3) memiliki fungsi dan cara kerja yang berbeda dengan pelat U penahan, dimana plat U pendorong ini tidak terdapat lubang (*thread*) pada bagian

penggeraknya. Cara kerja plat U pendorong ini sendiri adalah untuk mendorong *housing turbine* agar terlepas dari *cartridge* yang berkorosi dengan bantuan dorongan dari *bolt* pendorong. Dibagian bawah plat pendorong terdapat plat kecil yang berfungsi sebagai pengunci plat pendorong dengan plat alas, serta dibagian atas sedikit terdapat plat jarak bagi plat alas yaitu 20 mm.

Bolt pendorong (4) pada *Turbocharger housing turbine remover* berfungsi sebagai media pendorong dimana *bolt* akan mendorong plat U pendorong dengan cara memberikan gaya. Memutar *bolt* searah jarum jam untuk memberikan dorongan ke plat U pendorong. *Bolt* yang penulis gunakan untuk media pendorong adalah *bolt* dengan ukuran *head bolt* 27mm, diameter 18mm, panjang 200mm, *bolt* jenis *metric* dengan tipe *coarse*. *Bolt* pengunci 12mm memiliki fungsi sebagai media penguncian bagi plat penahan agar pada saat plat U pendorong ditekan oleh *bolt* pendorong plat penahan tidak akan bergerak. Fungsi lain adalah untuk memberikan jarak antar plat alas agar plat U pendorong dapat bergerak. *Bolt* yang penulis gunakan untuk media pendorong adalah *bolt* dengan ukuran *head bolt* 17mm dan diameter 12mm.

Bolt pengunci 12mm (5) memiliki fungsi sebagai media penguncian bagi plat penahan agar pada saat plat U pendorong ditekan oleh *bolt* pendorong plat penahan tidak akan bergerak. Fungsi lain adalah untuk memberikan jarak antar plat alas agar plat U pendorong dapat bergerak. *Bolt* untuk media pendorong adalah *bolt* dengan ukuran *head bolt* 17mm dan diameter 12mm.

Plat penghubung (6) dibagian ujung plat alas terdapat plat kecil beserta *bolt* 10mm yang berfungsi sebagai media untuk menghubungkan antar plat alas. Fungsi lain adalah untuk memberikan jarak antar plat alas agar plat pendorong dapat bergerak.

Data Hasil Pengujian

Pengujian dengan 14 *participant* atau 14 objek analisa dan di ambil waktu rata-rata dari 14 sampel tersebut untuk proses pelepasan turbine housing dengan manual dan menggunakan tool. Untuk proses pelepasan secara manual memerlukan waktu rata-rata sekitar 15 sampai 23 menit dan yang menggunakan *tool* memerlukan waktu 4 menit sampai 9 menit.

Tabel 2. Data Pengujian

No	Penguji	Manual (menit)	Special tool (menit)
1.	Penguji 1	15	5
2.	Penguji 2	20	6
3.	Penguji 3	16	4
4.	Penguji 4	17	6
5.	Penguji 5	18	7
6.	Penguji 6	19	9
7.	Penguji 7	17	5
8.	Penguji 8	16	4
9.	Penguji 9	21	6
10.	Penguji 10	23	8
11.	Penguji 11	20	7
12.	Penguji 12	19	5
13.	Penguji 13	17	8
14.	Penguji 14	16	6

Sumber: Data primer hasil pengujian langsung pada turbocharger CAT Engine oleh 14 orang mekanik (2026).

Anaiisa Data

Hasil pengolahan data menunjukkan dari output data *Independent Samples Test* bahwa nilai statistik t yang diperoleh adalah 16,401, dengan nilai sig 0,000 dengan melihat hasil terdistribusi bisa diambil keputusan menolak H_0 karena derajat signifikansi 0,000 lebih kecil dari alpha 0,025, kesimpulan yang diambil adalah bahwa ada perbedaan antara waktu pelepasan turbine housing dengan metode manual dan menggunakan tool.. Rata-rata dengan special tool yang dirancang sebesar 6,14 menit dan manual 18,14 menit, jadi dengan menggunakan spesial tool lebih cepat 12 menit dari cara pelepasan manual.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, desain special tool turbocharger housing remover yang dikembangkan terbukti efektif dan efisien dalam melepas turbine housing pada proses perawatan perbaikan CAT Engine turbocharger. Alat ini berhasil mengoptimasi waktu kerja secara signifikan, dengan penghematan rata-rata 12 menit dibandingkan metode manual (18,14 menit menjadi 6,14 menit), serta memiliki tingkat signifikansi statistik (sig. 0,000 < 0,025) yang menunjukkan adanya perbedaan nyata antara kedua metode. Desain alat yang sederhana, ergonomis, dan berbahan baja ini juga mampu mengurangi risiko bahaya akibat pemukulan manual. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan uji coba pada berbagai tipe dan merek turbocharger lain, mengembangkan material yang lebih ringan namun tetap kuat, serta menambahkan sistem pengukuran gaya tekan untuk standarisasi proses pelepasan guna meningkatkan akurasi dan keandalan alat.

REFERENSI

- Agung, S. (2023). *Turunnya RPM Turbocharger Berpengaruh Terhadap Pengoperasian Mesin Induk Di MV. Teluk Berau*. POLITEKNIK ILMU PELAYARAN SEMARANG.
- Arso, W. W., Domodite, A., & Sholih, H. (2020). Menentukan Predictive Maintenance Pada Kerusakan Turbocharger Diesel Engine. *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy*, 4(1), 50–59. <https://doi.org/10.31289/jmemme.v4i1.3757>
- Ashari, M. S. (2025). *Analisis Kerusakan Bearing Turbine Side di Turbocharger Type VTR-160 pada Auxiliary Engine di Kapal MV Armada Sejati*. Politeknik Pelayaran Surabaya.
- Blackstone, M. S. (2005). (12) *United States Patent U . S . Patent. 1*(12), 0–7.
- Hartono, J. (2024). *Sistem teknologi informasi bisnis: Pendekatan strategis*. Penerbit Salemba.
- Irvan, M. (2024). *ANALISIS MENURUNNYA KERJA TURBOCHARGER TERHADAP PEMBAKARAN PADA MESIN UTAMA DI KAPAL CMACGM MANAUS*. Politeknik Pelayaran Sumatera Barat.
- Iswar, M., & Pitriadi, P. (2025). *Bahan Ajar Perkuliahan Engine Rebuild: Panduan Lengkap Engine Rebuild Untuk Pemula*. PT. Revormasi Jangkar Philosophia.
- Lukman Hafidz, M., & Wibowo, T. (2020). Analysis of Blade Turbine Damage in Turbocharger System in PLTD Diesel Engine. *Journal of Physics: Conference Series*, 1477(5). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1477/5/052029>
- Mackey, R. A., Franks, G. S., & Data, R. U. S. A. (2009). (12) *Patent Application Publication* (10) Pub. No.: US 2009/0313991 A1. 1(19).
- Marsudi, S. (2022). Pengaruh Performa Turbocharger Terhadap Kinerja Mesin Induk Di MT. Green Park. *Zona Laut Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan*, 25–29.
- Monieta, J. (2018). Fundamental investigations of marine engines turbochargers diagnostic with use acceleration vibration signals. *AIP Conference Proceedings*, 2029(October). <https://doi.org/10.1063/1.5066506>
- Muhammad Fadel Mansyur, M. F. (2023). *Studi Analisis Pengaruh Tidak Optimalnya Kinerja*

- Turbocharger Di Mesin Induk Kapal Mv Selaras Mas.* Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
- Nežević, V., Orović, J., Stazić, L., & Čulin, J. (2020). Fault tree analysis and failure diagnosis of marine diesel engine turbocharger system. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(12), 1–19. <https://doi.org/10.3390/jmse8121004>
- Oxley Jimmie, Smith James, Busby Taylor, K. A. (2022). (12) *Patent Application Publication (10) Pub . No .: US 2022/0017431 A1.* 2022(19).
- Syahrul, S. (2025). *Analisa pengaruh turbocharger terhadap daya motor bakar diesel pada kapal akra 103.* Universitas Ivet.
- Taufik, M., Sanjaya, A. B., & Muis, A. (2024). Preventive Maintenance Sistem Pemasukan Udara Pada Engine MTU 16V4000 C2IL Euclid EH4500-2 Hitachi. *MEDIA PERSPEKTIF: Journal of Technology*, 16(1), 19–27.
- Thofani, M. A. Z., Prayogo, D., & Yuntoro, K. (2024). Optimization the reduced performance of the HEUI Pump on the Caterpillar Type C-9 Auxiliary Engine on MV. Meratus Kahayan. *Proceedings*, 1(1), 31–42.