

Analisis Kerusakan *Crown Piston* yang Terjadi pada Mesin *Diesel Generator* I KM. Dewi Bulan 89

Zigro Taqwagie^{1*}, Muhammad Khairuddin Syam², Santun Irawan³,
Azhar Ariansyah Ansar⁴

^{1,2,3,4}Politeknik Pelayaran Sulawesi Utara, Indonesia

Email: info@poltekpelsulut.ac.id, zigrotaqwagie32@gmail.com

Alamat: Jl. Trans Sulawesi KM.80 Desa Tawaang Kecamatan Tenga, Kec. Amurang,
Kabupaten Minahasa Selatan, Sulawesi Utara 95355

Korespondensi penulis: zigrotaqwagie32@gmail.com*

Abstract. *Crown piston or piston head has a very important role in the continuity of electricity supply on board the ship. Damage to the crown piston on the diesel generator will result in decreased operational efficiency and will eventually increase maintenance costs. This study serves to determine the cause of damage to the crown piston of the diesel generator and to be able to identify effective maintenance solutions. The methods in this study include observation techniques, case study techniques, literature study techniques, interview techniques and documentation techniques. This study has the result that the cause of damage to the crown piston is due to the use of components that should not be components of this diesel generator and the improper installation of the components. The solution that the author can convey so that this incident does not happen again is by selecting parts or components according to the manual book and installing components more carefully, of course, still guided by the guide book.*

Keywords: *Diesel, Generator, Maintenance, Overhaul, Piston Crown*

Abstrak. *Crown piston atau kepala piston ini memiliki peran sangat penting di dalam keberlangsungan suplai kelistrikan diatas kapal. Kerusakan pada crown piston pada diesel generator akan mengakibatkan penurunan efisiensi operasional dan nantinya akan meningkatkan biaya pemeliharaan. Penelitian ini berfungsi untuk mengetahui penyebab kerusakan pada crown piston diesel generator serta untuk dapat mengidentifikasi Solusi pemeliharaan yang effective. Metode dalam penelitian ini meliputi Teknik observasi, Teknik studi kasus, Teknik studi literatur, Teknik wawancara dan Teknik dokumentasi. Penelitian ini memiliki hasil penyebab kerusakan pada crown piston ini diakibatkan oleh adanya pemakaian komponen yang seharusnya bukan komponen dari diesel generator ini dan adanya pemasangan yang kurang tepat dari komponen. Adapun Solusi yang dapat penulis sampaikan agar kejadian ini tidak terulang lagi yaitu dengan pemilihan part atau komponen sesuai dengan manual book serta pemasangan komponen yang lebih teliti tentunya tetap berpedomanan pada guide book.*

Kata kunci: *Diesel, Generator, Maintenance, Overhaul, Piston Crown.*

1. LATAR BELAKANG

Negara Indonesia merupakan negara dengan susunan wilayah yang terdiri dari beberapa pulau. Negara kepulauan ini untuk mengembangkan sektor ekonomi sangat perlu memperhatikan moda transportasi. Moda transportasi saat ini yang dapat menghubungkan dari satu pulau ke pulau lainnya dapat berupa pesawat terbang dan dengan menggunakan kapal laut. Kapal laut ini sendiri dalam perkembangannya di negara Indonesia terbilang sangat pesat. Moda transportasi khususnya kapal laut ini merupakan salah satu moda transportasi yang dimana dapat memuat barang serta manusia lebih banyak dibandingkan dengan moda transportasi melalui udara. Kesiapan dan kelayakan jalan dari kapal laut ini juga sangat perlu di perhatikan khususnya didalam sektor permesinan didalam kapal laut. Dalam menjaga kesiapan permesinan kapal ini dengan menarapkan sistem

maintenance yang sangat baik. Maintenance ini sendiri untuk menjaga seluruh permesinan didalam kapal agar tetap optimal. Dalam pemeliharaan permesinan ini khususnya didalam permesinan bantu seperti mesin diesel generator.

Mesin *diesel generator* ini sendiri memiliki fungsi untuk penyuplai sistim kelistrikan diatas kapal. Kelistrikan diatas kapal ini berfungsi untuk keseluruhan kegiatan yang berada diatas kapal seperti kegiatan manuver dan keseluruhan kebutuhan didalam akomodasi kapal. Mesin *diesel generator* ini kondisinya sangat perlu diperhatikan dengan melakukan maintenance atau perawatan. Jika maintenance atau perawatan ini tidak terjaga dapat menimbulkan kerusakan. Terdapat beberapa fenomena kerusakan didalam mesin diesel generator salah satunya adalah rusaknya *piston crown*. Penelitian kerusakan pada diesel generator ini terfokus pada rusaknya *piston crown*. Kerusakan piston crown ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah benturan yang terjadi antara *piston crown* dengan *valve/klep*. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui faktor rusaknya *piston crown*, dampak rusaknya piston crown terhadap kinerja dari mesin *diesel generator*, dan upaya penanggulangan atau antisipasi agar kerusakan ini tidak terulang kembali.

2. KAJIAN TEORITIS

Pengertian Mesin Diesel Generator

Mesin diesel merupakan suatu jenis mesin pembakaran dalam yang dimana bahan bakar diesel merupakan pasokan bahan bakar utamanya. Bahan bakar diesel ini lalu diinjeksikan kedalam ruang bakar oleh *injector* ke dalam ruang bakar yang terkompresi secara tinggi oleh piston untuk menghasilkan suatu pembakaran. Adapun bagian atau komponen yang membantu dalam proses pembakaran adalah komponen torak atau piston. Piston ini pun sistem kerjanya adalah dengan memampatkan udara bilas yang masuk kedalam ruang bakar yang kemudian di berikan kompresi serta di bantu adanya pengabutan bahan bakar oleh *injector* maka terjadilah suatu kompresi yang nantinya akan menghasilkan tenaga.

Rendra.(2022), juga memberikan penjelasan tentang pengertian langkah kerja dari Mesin *Diesel Generator*

a. Langkah Hisap

Saat piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB) padalangkah hisap, katup hisap terbuka dan katup buang tertutup.

b. Langkah Kompresi

Pada langkah kompresi, piston bergerak dari TMB kembali ke TMA dengan katup hisap dan katup buang dalam keadaan tertutup.

c. Langkah Usaha

Selama langkah usaha, kedua katup (hisap dan buang) tetap tertutup saat *injektor* atau *nozzle* menyembrotkan bahan bakar menghasilkan tekanan pembakaran yang mendorong piston dari TMA ke TMB.

d. Langkah Buang

Pada langkah buang, piston bergerak dari TMB kembali ke TMA. Katup buang terbuka dan katup hisap tertutup, memungkinkan gas hasil pembakaran ditekan keluar melalui katup buang oleh piston.

Adapun komponen teratas dari *piston* ini disebut dengan *piston crown*. *Piston crown* ini sendiri berfungsi sebagai pengkompresi dari komponen *piston*. Adapun menurut Malik (2020) mengatakan mengenai material dari *piston crown* pada dasarnya terbuat dari bahan yang terbilang ringan dan tahan akan tekanan, bahan *aluminium* yang sudah dicampurkan dengan bahan tertentu yaitu *aluminium alloy*. *Piston crown* ini memiliki desain atau bentuk ketebalan yang dimana harus memiliki kekuatan yang ditimbulkan akibat adanya tekanan ledakan di dalam ruang bakar mesin.

Adapun kajian teori dalam pembelajaran mengenai sistem kerja, perawatan, dan penanganan kerusakan, adapun beberapa penelitian mengenai kerusakan dari mesin diesel generator ini khususnya pada kerusakan pada komponen piston crown. Jika suatu komponen atau part mengalami kerusakan atau terdapat permasalahan dalam kondisinya maka perlu di lakukannya perbaikan atau overhaul.

Pengertian dan Macam *Overhaul*

Overhaul engine adalah kegiatan perbaikan mesin dengan cara membongkar semua atau sebagian komponen-komponen mesin untuk mengetahui komponen mana yang mengalami kerusakan sehingga dapat dilakukan perbaikan untuk mengembalikan peforma mesin atau merekondisi mesin (walidain.,2021).

a. *Top overhaul*

Perbaikan yang dilakukan meliputi bagian utama dari mesin diesel, yaitu bagian atasnya. Semua bagian dari kepala silinder atau seluruh bagian pengisian kepala silinder Bagian I, harus dimurnikan, dicek dan diperbaharui dengan bahan baru jika diperlukan (Anwar.,2024).

b. *General overhaul*

General Overhaul ini sendiri merupakan suatu proses perbaikan secara menyeluruh sebagai wujud adanya tindakan *preventive maintenance unit* alat berat dengan maksud untuk merekondisi unit sehingga unit ini tetap dalam kondisi yang baik atau prima dan dapat kembali pada standard spesifikasi yang sudah ditentukan oleh pabrik meskipun unit sudah tergolong tidak muda lagi, dengan menggunakan suku cadang yang digunakan kembali (*reuse*), diperbaiki (*repair*), dan diganti baru (*renew/replace*), dengan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan membeli unit baru (Manurunga et al., 2022).

Gambaran Umum Penyebab Kerusakan *Piston Crown*

Menurut Kuncoro (2019), salah satu kerusakan yang terjadi pada piston crown adalah adanya overheating yang dimana mesin generator mencapai temperature yang tinggi sehingga mengakibatkan matinya mesin secara tiba-tiba. Overheating ini memberikan efek kerusakan terhadap crown piston berupa kurangnya Time Between Overhaul (TBO) karena adanya keausan didalam mesin diesel generator pada saat sedang running atau sedang diberikan beban kelistrikan.

Menurut Widi, (2019) mengatakan bahwa kerusakan piston ini dapat disebabkan karena terjadinya kontak langsung dan secara terus menerus dengan gas panas sehingga dapat menyebabkan terbakarnya crown piston, panas terus menerus ini dapat disebabkan oleh tidak tepatnya waktu dan kesalahan kerja dari komponen injektor. Pengkabutan bahan bakar oleh injektor yang berlebihan dapat mengganggu proses pengkompresian pada crown piston sehingga dapat terbakarnya dari crown piston ini sendiri.

Menurut Adrian dan Suyanto (2020) penyebab dari rusaknya piston crown ini dapat di sebabkan oleh beberapa faktor yang dimana diantaranya adanya Plan Mainyenance System (PMS) yang tidak berjalan dengan optimal, kotornya komponen filter pompa mesin induk dan adanya tingkat kekentalan bahan bakar yang tidak semestinya atau kekentalan bahan bakar yang tidak sesuai standar prosedur.

3. METODE PENELITIAN

Dalam penulisan karya ilmiah terapan ini penulis menggunakan metode kuantitatif dan metode kualitatif. Pemilihan metode kualitatif dan metode kuantitatif oleh penulis memiliki urgensi yang sangat perlu diperhatikan. Pemilihan ini berdasar

Menurut Ardiawan., et al,(2022), yang mengatakan bahwa proses penelitian dengan metode kuantitatif ini dimulai dari adanya teori, kemudian hipotesis, pemilihan subyek, pengumpulan data, pemrosesan data yang sudah didapatkan, penganalisaan terhadap data, dan pada akhirnya memberikan kesimpulan dari permasalahan yang sedang di hadapi. Sedangkan metode kualitatif merupakan metode yang menekankan pada suatu fenomenadan akan lebih meneliti kepada substansi fenomena permasalahan ini. Menurut (khilmiyah,2026), Focus dari penelitian kualitatif ini sendiri adalah pada proses pemaknaan hasilnya. Penelitian kualitatif lebih tertuju pada elemen manusia obyek, dan *institusi* dan serta interaksi dari elemen-elemen tersebut

Adapun penjelasan mengenai metode pengambilan data dalam penelitian ini mencakup tentang teknik observasi, teknik studi kasus, teknik wawancara, teknik studi pustaka/liyteratur, dan teknik dokumentasi. Teknik pengambilan data secara observasi menurut Hasannah (2017), yang mengatakan observasi adalah suatu proses pengamatan secara sistematis dari suatu aktivitas manusia dan merupakan pengaturan fisik dimana kegiatan ini berlangsung secara terus menerus dari *focus* aktifitas bersifat alami untuk mendapat kan fakta. Pengambilan data secara studi kasus menurut Nur'aini (2020), yang mengatakan bahwa studi kasus merupakan penyelidikan secara empiris yang menyelidiki fenomena kontemporer dalam konteks kehidupan yang nyata. Teknik wawancara merupakan Teknik yang biasanya dilakukan jika suatu kejadian terdapat beberapa saksi atau *crew* atau seseorang yang berada di sekitar tempat terjadinya tragedi, dalam konteks ini jika terjadi sesuatu kerusakan pada alat-alat bantu dalam bekerja terutama pada *Auxiliary Engine*. Studi pustaka/ literatur ini sendiri dilakukan dengan melihat atau membaca suatu buku atau literatur yang nantinya digunakan untuk patokan atau dasar dalam mennangani suatu permasalahan atau kejadian yang belum pernah dialami ini dapat terbantu seperti dengan membaca buku panduan atau *guide book* pada masing- masing permesinan sehingga suatu permasalahan atau kerusakan dapat, sedangkan pengambilan data dengan dokumentasi, Menurut Alhamid dan Anusia (2019), Dokumentasi ini dalam hal pengumpulan data ini sangat perlu dilakukan guna untuk memberikan data tambahan atau data penguat dari temuan data-data sebelumnya. Dokumen dalam penelitian kualitatif ini digunakan sebagai penyempurna atau pelengkapdari data wawancara dan observasi

yang telah dilakukan sebelumnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



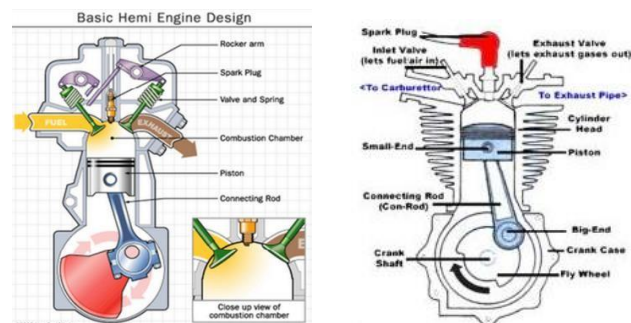
Gambar 1. Dokumentasi Kapal KM. Dewi Bulan 89

KM. Dewi Bulan 89 merupakan salah satu armada kapal milik PT. Anugerah Pasific Jaya yang dimana kapal ini tergolong dalam kapal jenis *General Cargo*. KM. Dewi Bulan 89 merupakan armada terakhir yang di beli oleh Perusahaan PT. Anugerah Pasific Jaya dari salah satu Perusahaan pelayaran yang berada di negara China. Kapal ini memiliki Panjang 114,3 meter dan memiliki lebar 16 meter serta dengan ukuran tonase 4.441 *Growthstonege*. Dengan tipe mesin utama Guangzhou 8320ZCD-6/2060KW/525 RPM/28800HP dengan tipe generator Nantong Diesel/ 2 X 6135ZC2/1X6135ACAF.

Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini penulis lebih mengutamakan pembahasan mengenai kerusakan yang terjadi pada *piston crown* pada KM. Dewi Bulan 89 yang dimana kerusakan ini baru pertama terjadi sepanjang penulis melakukan praktek layar selama kurang lebih 12 bulan analisa terhadap rusaknya *crown piston* ini memperoleh hasil dari rusaknya *crown piston* yang di akibatkan lepasnya spring retainer valve keeper. Permasalahan yang penulis alami pada tanggal 08 september 2023 berawal pada saat mesin diesel generator I ini sedang dalam keadaan jalan atau *running* dan diberi beban kelistrikan untuk keseluruhan kapal. Mesin diesel generator I ini mengalami hunting ataupun turunya *voltage* dan mesin diesel generator ini memunculkan suara yang sangat keras dan terdengar suara hantaman dari ruang bakar mesin diesel generator. Dari kejadian ini masinis III menyimpulkan adanya *valve/ klep* yang macet.

Bagian dari Komponen mekanisme piston



Gambar 2. Mekanisme kerja system pembakaran

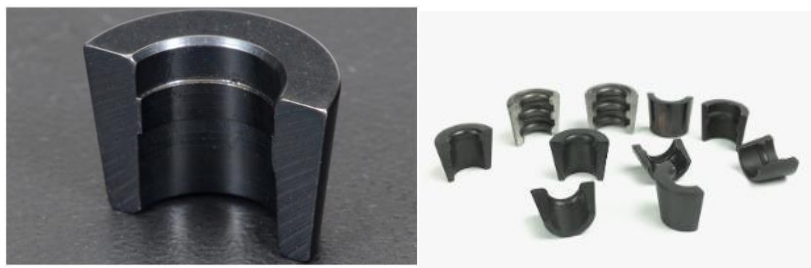
Sumber : wijayanti dan irwan (2014)

Bagian dari komponen *Spring Retainer Valve*



Gambar 3. komponen *spring retainer valve*

Sumber: <https://garage.grumpysperformance.com>



Gambar 4. *spring retainer valve kepper*

Sumber: <https://mooregoodink.com>

a. Penyajian Data

Dalam Penelitian Ini Penulis Memiliki Cara Atau Suatu Olah Data Dengan Menggunakan Percakapan Dengan *Crew Engine* Kapal KM.Dewi Bulan 89 Yang Dimana Hasil Dari Percakapan Ini Akan Di Bentuk Dalam Olah Data Wawancara. Metode Pengumpulan Data Dengan Wawancara Ini Berguna Untuk Mengumpulkan Data Data Terkait Permasalahan Yang Terjadi.

(Tabel Wawancara Pada Penyajian Data Terlampir)

b. Analisis Data

Analisa suatu masalah ini dapat dilakukan dengan berbagai macam cara yaitu salah satunya dengan cara observasi . Adapun hasil observasi yang dapat disimpulkan disini terdapat berbagai macam penyebab terjadinya kerusakan pada crown piston diesel generator pada KM. Dewi Bulan 89, berikut merupakan beberapa hasil observasi yang dapat disimpulkan:

1) Faktor ketidaksesuaian komponen pengganti yang digunakan

Dalam konteks permasalahan ini penulis menjelaskan tentang kejadian yang sedang dihadapinya yaitu dalam hal pergantian part *valve spring retainer keeper* milik *diesel generator* yang tidak sesuai.

2) Faktor ketidaktepatan pada saat pemasangan komponen/*part*.

Hal ini masih berkaitan dengan pemilihan *part* atau komponen yang dimana komponen itu memang tidak di peruntukan untuk diesel generator type tersebut akan tetapi tidak diperhatikan pada lock atau pengunci yang berada di *valve*/klepini, sehingga *valve spring retainer keeper* yang terpasang ini kurang pas atau kurang rapat. Kurangnya rapat pada *valve spring retainer keeper* ini akan mengakibatkan *valve* atau klep tidak dapat Kembali ke posisi semula pada saat selesai melakukan kompresi piston dari titik mati bawah menuju titik mati atas.

3) Ketidakpekaan terhadap tanda-tanda adanya kerusakan pada *diesel generator*

Tanda-tanda dalam suatu kerusakan komponen ini biasanya dapat terlihat, terdengar dan dapat di rasakan. Komponen yang mengalami kerusakan ini secara teknis memang tidak dapat terlihat dengan kasat mata langsung akan tetapi dapat di dengarkan dan dapat dirasakan jika komponen ini mengalami suatu permasalahan. Seperti halnya kerusakan yang dialami oleh penulis ini adalah kerusakan pada *crown piston* yang mengalami benturan dengan *valve* atau klep *exhaust*, yang dimana ini dapat di bedakan perbedaan pada suara mesin yang sedang *running* serta tenaga yang dihasilkan akan cukup terasa, yang dimana suara dari mesin *diesel generator* ini yang tadinya terdengar halus tiba-tiba berubah menjadi kasar.

- Dampak kerusakan *Crown Piston* Terhadap Mesin Diesel Generator
Kerusakan *crown piston* ini memiliki dampak bagi kinerja mesin diesel generator dan memberikan dampak kerusakan terhadap part/komponen lainnya
 - Rusaknya komponen *Cylinder Head*
Benturan yang terjadi antara cylinder piston dengan cylinder head ini mengakibatkan rusaknya cylinder head ini sendiri yang dimana pada saat *spring valve retainer keeper* ini lepas memberikan dampak tidak dapat kembalinya posisi dari *valve/klep* yang dimana klep ini terasngkut kemudian terjadinya hantaman antar *crown piston* dengan *klep/valve* yang macet.



Gambar 5. Gambar *Cylinder Head* Yang Mengalami Kerusakan

Sumber: Dokumentasi *Overhaul* KM. Dewi Bulan 89

- Naik turunnya *voltage* atau *hunting* pada mesin *diesel generator*
Kerusakan pada *crown piston* ini sendiri memberikan dampak dari kinerja mesin diesel generator ini sendiri, yang dimana tenaga yang dihasilkan kurang maksimal. Ketidak maksimalnya tenaga yang dihasilkan ini sangat berpengaruh terhadap suplai kelistrikan diatas kapal yang dimana Listrik yang dihasilkan tidak stabil yang dimana nantinya dapat merusak komponen atau part yang berada di panel mesin generator.
- Serpihan part yang Dimana dapat merusak bagian komponen lain dari mesin *diesel generator* ini Serpihan Dari hasil benturan antara *piston crown* dengan *klep* atau *valve* ini dapat merusak bagian komponen lainnya, seperti *tappet valve* dan terkikisnya bagian dari *cylinder liner* pada mesin diesel generator. Serpihan ini masuk kedalam ruang bakar yang dimana nantinya akan menimbulkan gesekan antara serpihan dengan cylinder liner pada mesin *diesel generator* dan serpihan ini dapat menimbulkan patahnya *tapped valve* yang



Gambar 6. Rusaknya *Tapped Valve* Dan *Cylinder Liner*

Sumber: Dokumentasi Overhaul KM. Dewi Bulan 89

- Upaya yang dilakukan untuk mencegah kerusakan *piston crown*
Faktor-faktor indikasi kerusakan yang telah di sebutkan oleh penulis ini dapat di jebarkan dengan penjelasan sesuai dengan kondisi pada lapangan
 - Upaya untuk menghindari Faktor ketidaksesuaian komponen pengganti yang digunakan Pemilihan komponen atau *part* ini sangat harus diperhatikan sesuai dengan mesin yang sedang dikerjakan baik itu perbaikan atau pun perawatan yang dalam penanganannya sesuai dengan *guide book* atau buku panduan pada masing masing permesinan yang digunakan.
 - Upaya untuk menghindari Faktor ketidaktepatan pada saat pemasangan komponen/*part*.
Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memperhatikan pada saat proses pelepasan dan pada saat pemasangan beracuan pada *manual book* atau *intructions book* serta diawasi dengan orang atau *crew* yang lebih berpengalaman di bidangnya
 - Upaya yang dapat dilakukan agar tidak terulang Kembali rusaknya *piston crown* dengan mengembangkan kepekaan/kepedulian *crew*.
Tanda-tanda dalam suatu kerusakan komponen ini biasanya dapat terlihat, terdengar dan dapat di rasakan. Komponen yang mengalami kerusakan ini secara teknis memang tidak dapat terlihat dengan kasat mata langsung akan tetapi dapat di dengarkan dan dapat dirasakan jika komponen ini mengalami suatu permasalahan. Kepekaan atau kepedulian ini harus sangat diperhatikan dengan cara melakukan pengecekan secara berkala terhadap keseluruhan permesinan yang ada di atas kapal terutama pada topik mesin *diesel generator* ini.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penulis dalam melaksanakan penelitian tentang Analisa Kerusakan Yang Terjadi Terhadap *piston crown* Pada Diesel Generator Pada KM. Dewi Bulan 89 maka dengan ini penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut

Penelitian ini penulis memberikan kesimpulan bahwasanya kerusakan pada *piston crown* *diesel generator* ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu

- a. Adanya komponen-komponen yang tidak sesuai sehingga mengakibatkan adanya kerusakan yang terjadi,
- b. Faktor berikutnya adalah adanya pemasangan *valve spring retainer keeper* yang kurang tepat sehingga *valve spring retainer keeper* ini tidak pas atau tidak mengunci klep atau *valve* dengan seharusnya .
- c. Kemudian terdapat faktor ketidak pekaan seseorang akan adanya kerusakan yang sedang terjadi sehingga dapat meminimalisir kerusakan yang terjadi pada *crown piston* mesin *diesel generator* ini.

Saran

Penulis dalam melakukan penelitian dapat memberikan saran yaitu penting nya pengamatan atau ketelitian terhadap segala sesuatu dalam pengerjaan perbaikan atau dalam hal perawatan. Pengamatan dan ketelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut

- a. Pemilihan komponen atau *part* yang sesuai

Pemilihan komponen atau *part* ini sangat harus diperhatikan sesuai dengan mesin yang sedang dikerjakan baik itu perbaikan atau pun perawatan yang dalam penanganannya sesuai dengan *guide book* atau buku panduan pada masing masing permesinan yang digunakan.

- b. Pemasangan yang tepat

Pemasngan yang tepat ini juga sangat berpengaruh pada kondisi mesin dikarenakan jika terdapat kesalahan dalam hal pemasangan komponen atau *part* ini dapat mengakibatkan hal yang fatal baik itu kerusakan secara langsung ataupun kerusakan yang tidak langsung, kerusakan langsung ini akan mengakibatkan matinya mesin secara mendadak dan kerusakan tidak langsung ini seperti akan terjadinya keusankomponen mesin yang berangsur terus menerus jika tidak segera ditangani atau diketahui.

c. Kepekaan crew

Kepekaan crew ini juga salah satu faktor yang sangat penting dalam perannya. Permesianan yang normal dan tidak normal ini biasanya dapat diketahui melalui bunyi, dirasakan dengan tangan atau anggota badan yang lain, bahkan dapat terlihat secara langsung oleh mata kita.

DAFTAR REFERENSI

- Alhamid, T., & Anufia, B. (2019). *Resume: Instrumen pengumpulan data*. Sorong: Sekolah Tinggi Agama Islam Negeri (STAIN).
- Andrian, F., & Suyanto, S. (2023). Perhitungan tingkat keausan piston dan oversize piston mesin diesel. *Marine Science and Technology Journal*, 4(1), 27–35.
- Anwar, R. (2024). *Studi evaluasi minimasi risiko pelaksanaan top overhaul diesel generator di kapal Surf Allamanda* (Doctoral dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar).
- Ardiawan, K. N., Sari, M. E., Abdullah, K., Jannah, M., Aiman, U., & Hasda, S. (2022). *Penelitian kuantitatif*. Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.
- Hasanah, H. (2017). Teknik-teknik observasi: Sebuah alternatif metode pengumpulan data kualitatif ilmu-ilmu sosial. *At-Taqaddum*, 8(1), 21–46.
- Khilmiyah, A. (2016). *Metode penelitian kualitatif*. Samudra Biru.
- Kuncoro, D. (2019). *Analisa penyebab kerusakan piston crown mesin induk di KM. Oriental Ruby* (Doctoral dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- Malik, M. (2019). *Analisa penyebab kerusakan piston crown mesin induk di MV. Noah Satu* (Doctoral dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- Manurunga, V. T., Jumraha, M. J., & Wibowo, Y. T. (2022). Menurunkan leadtime general overhaul unit excavator PC1250SP-8R di PT UT site Loa Janan dengan metode GOH smart solution.
- Nur'aini, R. D. (2020). Penerapan metode kasus Yin dalam penelitian arsitektur dan perilaku. *Inersia: Informasi dan ekspos hasil riset teknik sipil dan arsitektur*, 16(1), 92–104.
- Rendra, G. (2022). Penyebab kebengkokan push rod pada mesin diesel generator. *Repository Universitas Maritim Amni (Unimaramni)*, Semarang.
- Walidain, U. B. (2021). *Manajemen overhaul combustion engine diesel 4 langkah pada hydraulic excavator kapasitas 20 ton* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Widi, P. (2019). Perawatan torak mesin induk untuk mengurangi risiko kerusakan pada saat kapal berlayar (Kasus pada kapal KN. 436 Syahbandar Utama Tanjung Perak Surabaya). *Karya tulis*.
- Wijayanti, F., & Irwan, D. (2014). Analisis pengaruh bentuk permukaan piston terhadap kinerja motor bensin. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma "45" Bekasi*, 2(1), 98–156.