

Kajian Pekerjaan Perbaikan Posisi Mesin Induk Kanan Kapal Patroli Hiu Macan Tutul 02 Akibat *Misalignment Shaft*

Panut Widodo^{1*}, Rudi Setiawan², Riyanto Wibowo³

^{1,3} Program Studi Teknik Permesinan Kapal Fakultas Kemaritiman Universitas Ivet

² Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal Fakultas Kemaritiman Universitas Ivet

*e-mail korespondensi: pntwidodo@gmail.com

Abstract

The patrol vessel of Hiu Macan Tutul 02 is own by the Ministry of Marine Affairs and Fisheries (KKP). During the 2026 dry-docking period, work was planned to adjust the position of the starboard main engine including Chockfast material because shaft misalignment identified during the previous 2023 dry-docking measurements. This work accounts for 8.43% of the 2026 docking project total cost. To ensure the work meets its right on target, an study is required to inform decisions regarding the continuation of this work. This necessitates re-checking and re-measuring the propulsion system's alignment. This study aimed to provide a basis for deciding whether to continue the adjust position of starboard main engine. A descriptive-comparative method was employed, utilizing quantitative data on bearing clearance, shaft alignment, V-bracket and stern tube alignment, and shaft deflection. A comparison of the 2023 and 2026 data revealed that alignment measurements involving the front shaft bearing more accurate and better results, as well as shaft deflection remained within normal limits following the replacement of the starboard shaft's forward bearing. Based on these findings, plan for adjustment work the starboard main engine position can be cancelled, so this work cost can be reallocated to other work.

Keywords: *Shaft, alignment, misalignment, patrol vessel.*

Abstrak

Kapal Patroli Hiu Macan Tutul 02 merupakan salah satu kapal milik Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), dimana pada docking 2026 ini terdapat pekerjaan perbaikan posisi mesin induk kanan lengkap dengan material chockfast akibat teridentifikasi terjadi misalignment poros sebelah kanan berdasarkan data pengukuran docking sebelumnya yaitu tahun 2023. Pekerjaan ini mempunyai bobot biaya 8,43% dari total keseluruhan biaya docking. Untuk memastikan pekerjaan tersebut tepat sasaran maka perlu kajian sebagai bahan pertimbangan terhadap kelanjutan pekerjaan tersebut sehingga perlu pengecekan dan pengukuran ulang terkait dengan alignment sistem propulsinya. Tujuan penelitian adalah mendapat bahan pertimbangan kelanjutan pekerjaan perbaikan posisi mesin induk kanan. Metode yang digunakan adalah deskriptif komparatif yang didukung data kuantitatif hasil pengukuran clearance bantalan, shaft alignment, alignment V-bracket dan stern tube dan shaft deflection. Dari perbandingan data 2023 dan 2026 ditemukan pengukuran alignment melibatkan posisi bantalan depan hasilnya lebih akurat dan lebih bagus serta hasil shaft deflection masih normal setelah penggantian bantalan depan shaft kanan. Dengan pertimbangan hasil ini maka pekerjaan perbaikan posisi mesin induk kanan dibatalkan dan biaya pekerjaan dapat dialihkan ke pekerjaan lain.

Kata Kunci: *Shaft, alignment, misalignment, kapal patroli.*

PENDAHULUAN

Kapal patroli merupakan salah satu sarana utama dalam mendukung pelaksanaan tugas pengamanan wilayah perairan, penegakan hukum, serta kegiatan pengawasan maritim. Keandalan kapal patroli sangat bergantung pada kondisi kapal baik itu badan kapal maupun sistem propulsi kapal, khususnya mesin induk sebagai penggerak utama kapal. Keandalan

setiap sistem pada kapal, khususnya sistem propulsi, menjadi faktor yang sangat menentukan keberhasilan pelaksanaan tugas operasional (Xing et al., 2024). Agar sistem propulsi dapat bekerja secara optimal, diperlukan kondisi pemasangan mesin yang sesuai dengan spesifikasi teknis, termasuk kesesuaian posisi (*alignment*) antara mesin induk, poros baling-baling (*propeller shaft*), dan sistem transmisi. Ketidakesesuaian posisi mesin induk dapat menyebabkan distribusi beban pada bantalan menjadi tidak merata, peningkatan getaran, keausan komponen, kebisingan, penurunan efisiensi tenaga, kerusakan *stern tube bearing*, bahkan kegagalan sistem propulsi apabila tidak segera dilakukan perbaikan (American Bureau of Shipping [ABS], 2019; Romiyadi, 2026).

Penelitian Sun, Kim, dan Kim (2020), menganalisis sistem *alignment* poros pada kapal patroli 500 ton yang menggunakan *reduction gear*. Analisis dilakukan dengan mengevaluasi distribusi beban bantalan berdasarkan variasi kekakuan *bearing* dan jenis bantalan (*rubber* dan *Thordon*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanpa analisis *shaft alignment*, beban pada bantalan *reduction gear* berada di luar batas yang diizinkan. Penelitian ini menegaskan bahwa analisis *alignment* sangat penting meskipun diameter poros relatif kecil pada kapal patroli. Temuan ini menjadi dasar bahwa pekerjaan perbaikan dudukan mesin harus mempertimbangkan distribusi beban pada seluruh *shaft line* agar tidak menimbulkan *misalignment* kembali. Penelitian dari Avgouleas, Sarris, dan Gougoulidis (2021), membahas penerapan *laser bore-sighting* untuk *alignment* sistem propulsi kapal patroli cepat militer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesalahan *alignment* mengakibatkan peningkatan getaran, temperatur bantalan, dan keausan *coupling*. Penelitian juga menjelaskan prosedur inspeksi sebelum dilakukan rekondisi dudukan mesin. Kajian ini relevan sebagai acuan metode inspeksi setelah pekerjaan perbaikan *engine seating*. Studi kasus pada kapal TB. Farel 11 yang menarik tongkang bermuatan terlalu penuh, terdapat keausan pada bantalan dan poros *propeller* disebabkan oleh lamanya waktu pemakaian. Keausan poros baling-baling ini menyebabkan kapal menjadi tidak stabil dan mengalami getaran yang berlebihan saat beroperasi. Setelah dilakukan perbaikan dengan cara perataan (pembubutan) dan dilakukan pengujian *sea trial* menunjukkan performa poros baling-baling yang baik (Ariany & As Sajjad, 2025). Penelitian oleh Sulaiman dkk (2021) pada kapal general cargo 4192 GT menunjukkan bahwa *misalignment* atau deformasi *stern tube* akibat beban dan kontak poros yang tidak optimal dapat meningkatkan tegangan dan temperatur kerja. Melalui analisis *Finite Element Method* (FEM) dan reparasi yang tepat, kondisi bantalan dapat diperbaiki sehingga *clearance* menjadi lebih sesuai dan temperatur operasi menurun serta hasil *sea trial* menunjukkan bahwa perbaikan memberikan peningkatan kinerja sistem propulsi kapal tersebut.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, subyek pada penelitian ini adalah Kapal Patroli Hiu Macan Tutul 02 yang merupakan salah satu kapal milik Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), dimana berdasarkan data pengukuran *alignment* saat *docking* tahun 2023 ditemukan kondisi sistem propulsi kanan mengalami *misalignment* sehingga salah satu kegiatan utama dalam pelaksanaan *docking* tahun 2026 ini adalah pekerjaan perbaikan posisi mesin induk kanan lengkap dengan material *chock fast*-nya. Dimana sebelum dilaksanakan pekerjaan tersebut perlu dilaksanakan pengecekan ulang terhadap kondisi sistem propulsi, dan pengukuran ulang *clearance* bantalan *shaft propeller*, *centering shaft* dan *alignment Shaft* sampai *gear box*. Item pekerjaan perbaikan posisi mesin induk kanan merupakan salah satu pekerjaan pemeliharaan yang berpengaruh terhadap kinerja sistem propulsi secara keseluruhan ini mempunyai bobot biaya sebesar 8,43% dari total keseluruhan biaya *docking*.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu kajian terhadap pekerjaan perbaikan posisi mesin induk kanan pada Kapal Patroli Hiu Macan Tutul 02. Sebagai pertimbangan lain adalah pengukuran *alignment shaft* terhadap *gear box* pada *docking* tahun 2023 dilakukan

berdasarkan 2 (dua) lokasi yaitu posisi pada bantalan belakang (rumah *bearing V-Bracket*) dan posisi pada bantalan tengah (rumah *bearing stern tube* belakang) sedangkan posisi bantalan pada kapal ini ada 3 (tiga) lokasi yaitu bantalan belakang, tengah dan depan, sehingga hasil pengukurannya tersebut belum akurat dan masih memerlukan penyesuaian pengukuran yang dilakukan pada 3 lokasi rumah bantalan yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pertimbangan terhadap kelanjutan pelaksanaan pekerjaan perbaikan posisi mesin induk kanan kapal patroli Hiu Macan Tutul 02. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pihak pengelola maupun teknisi pemeliharaan kapal sebagai bahan kajian pertimbangan terhadap tindak lanjut pekerjaan perbaikan posisi mesin induk pada pekerjaan serupa di masa mendatang. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi akademis dalam pengembangan kajian mengenai pemeliharaan sistem propulsi kapal, khususnya yang berkaitan dengan evaluasi *alignment* mesin induk pada kapal patroli.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif komparatif. Metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan secara sistematis kondisi sistem propulsi kapal berdasarkan hasil pemeriksaan yang meliputi kondisi *shaft alignment*, *shaft deflection*, *bearing clearance*, serta kondisi fisik *propeller*. Metode komparatif dengan membandingkan data hasil pengukuran tahun 2023 dengan tahun 2026. Pendekatan deskriptif komparatif dinilai mampu menghasilkan informasi empiris melalui analisis data yang diperoleh secara langsung tanpa melakukan manipulasi terhadap variabel yang diteliti (Ibrahim dkk, 2023).

Selain itu dalam penelitian ini juga menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang didukung oleh data kuantitatif. Pendekatan deskriptif kualitatif digunakan untuk menjelaskan kondisi aktual sistem propulsi berdasarkan hasil observasi, pemeriksaan visual, dokumentasi, serta interpretasi terhadap kondisi komponen yang diteliti. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menggambarkan secara rinci perubahan kondisi *propeller*, sistem poros, *bearing*, dan komponen pendukung lainnya. Penelitian ini juga memanfaatkan data kuantitatif yang diperoleh dari hasil pengukuran teknis selama proses *docking*. Data kuantitatif tersebut meliputi hasil pengukuran *shaft deflection*, *bearing clearance*, dan hasil pemeriksaan *shaft alignment* (Sugiyono, 2022).

Populasi dalam penelitian ini adalah sistem propulsi Kapal Patroli Hiu Macan Tutul 02, yang meliputi mesin induk, *coupling*, poros *propeller (propeller shaft)*, *bearing*, *stern tube*, *propeller* serta komponen pendukung yang berhubungan dengan sistem *shaft alignment*. Sampel penelitian ditentukan secara purposive sampling, yaitu pemilihan objek berdasarkan keterkaitannya secara langsung dengan permasalahan pekerjaan akibat *misalignment shaft* Kapal Patroli Hiu Macan Tutul 02

Tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur mengenai sistem propulsi, *shaft alignment*, *misalignment*, posisi mesin induk, dan metode pengukuran alignment. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data *last docking* dan data pengamatan berupa data kondisi *propeller*, *clearance bearing*, hasil *centering shaft (shaft alignment)*, pengukuran ulang alignment *V-bracket* terhadap *stern tube* depan dan *gear box*, dan defleksi pada *flange coupling*. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan standar atau toleransi *alignment* yang digunakan pada kapal untuk mengetahui tingkat penyimpangan dan efektivitas pekerjaan perbaikan.

Metode *alignment* poros *propeller* yang digunakan untuk pengambilan data penelitian ini menggunakan kawat (dikenal sebagai *piano wire method* atau *bore sighting*) yaitu teknik tradisional yang sangat akurat untuk menentukan garis sumbu (*center line*) poros dari mesin/*gearbox* melewati *stern tube* hingga ke *v-bracket* (Yusim & Assawa, 2022). Pengambilan ukuran gap (*Clearance*) bantalan poros menggunakan *feeler gauge method*, dan pengukuran

kelurusan atau cek *centering* poros *propeller* (*shaft alignment*) di atas bangku bubut dengan metode *dial indicator*, pengamatan kondisi *propeller* secara visual dilakukan setelah *propeller* dibersihkan, pengecekan *balancing propeller* menggunakan *statis balancing* setelah perbaikan, *contact surface test* konis *shaft* dengan lubang *propeller* dan *flange* menggunakan *blue fitting*. Pengembangan instrumen dilakukan dengan menentukan parameter yang akan diukur, titik pengukuran, satuan pengukuran, serta batas toleransi yang digunakan sebagai acuan (ABS, 2019). Validasi data dilakukan melalui pengecekan ulang hasil pengukuran dan perbandingan antara data lapangan dengan dokumen teknis serta standar *shaft alignment* yang digunakan dalam pekerjaan (BKI, 2024).

Acuan data yang digunakan pada penelitian ini adalah *repair list docking* 2026, data hasil pemeriksaan kondisi *propeller*, pengukuran *shaft deflection*, *bearing clearance*, dan hasil pemeriksaan *shaft alignment* Kapal Patroli Hiu Macan Tutul 02 docking 2023 dan 2026. Dari data-data tersebut di atas kemudian dilakukan analisa data secara deskriptif yang dapat memberikan pertimbangan keputusan terhadap kelanjutan pekerjaan perbaikan kedudukan mesin induk kanan kapal ini, sehingga pekerjaan perbaikan kapal ini dapat menjadi lebih efektif dan efisien

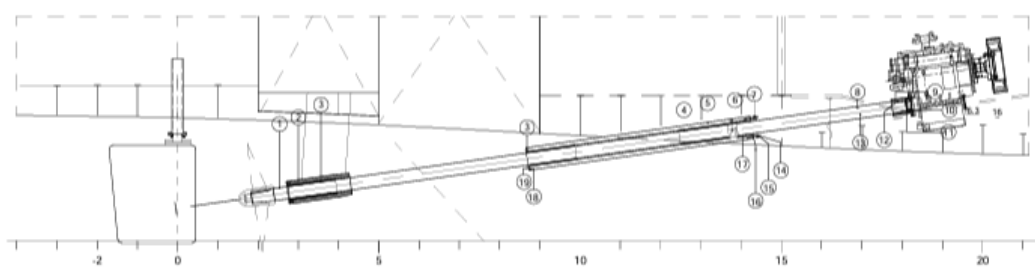
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Kapal dan Propulsi

KP Hiu Macan Tutul 02 merupakan salah satu armada kapal milik Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) yang dikelola oleh Pangkalan Pengawas Sumber Daya Kelautan dan Perikanan (PSDKP) Benoa. Berdasarkan *General Arrangement* (GA), kapal patroli Hiu Macan Tutul 02 memiliki panjang keseluruhan (*Length Overall/LOA*) 42,50 meter, lebar (*Breadth Moulded*) 7,50 meter, tinggi (*Depth*) 4,30 meter, dan *draft* desain 2,40 meter. Kapal ini mempunyai 2 unit mesin induk (2×2.500 HP), kecepatan maksimum 20 knot, jumlah *crew* 20 orang, dan jangkauan pelayaran (*cruising range*) sekitar 2.160 nautical miles untuk mendukung pelaksanaan operasi patroli dalam waktu yang relatif lama tanpa harus sering melakukan pengisian bahan bakar.

Sistem propulsi kapal merupakan suatu sistem yang berfungsi mengubah energi yang dihasilkan oleh mesin penggerak menjadi gaya dorong (*thrust*) sehingga kapal dapat bergerak sesuai kecepatan dan arah yang diinginkan. Secara umum sistem propulsi terdiri atas mesin induk (*main engine*), kopling (*coupling*), poros transmisi (*shafting system*), bantalan poros (*shaft bearing*), *stern tube*, dan *propeller* sebagai komponen akhir penghasil gaya dorong (Rawson & Tupper, 2018) (SNAME, 2007). Seluruh komponen tersebut bekerja sebagai satu kesatuan sehingga kerusakan atau ketidaksesuaian pada salah satu komponen akan memengaruhi kinerja sistem propulsi secara keseluruhan.

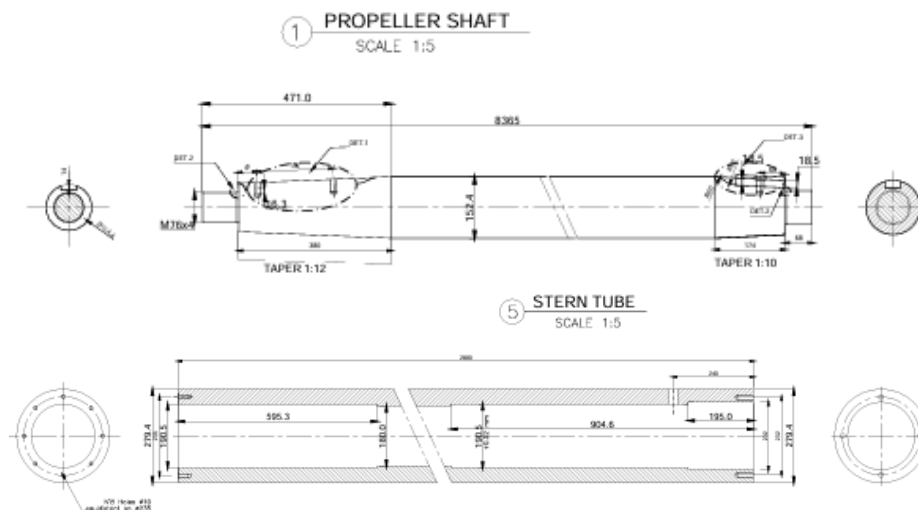
Berdasarkan gambar 1 dan 2, sistem propulsi Kapal Patroli Hiu Macan Tutul 02 terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu *propeller shaft* dia. 152,4 x panjang 8365 mm, *Bossing* dia. 279,4 x Panjang 775 mm, *stern tube* dia. 279,4 x panjang 2800 mm, bantalan belakang, bantalan tengah, bantalan depan, spacer, *packing gland* dan *flange* penekan, *coupling flange*, *gear box* dan *Main Engine*. *Shaft* menggunakan sistem pendingin air laut dengan sistem kekedapan menggunakan *reimers packing* atau *packing gland*. *Bearing* yang dipakai jenis *cutless bearing* dengan *flange* untuk belakang/tengah dan *cutless bearing non flange* untuk bantalan depan.



Keterangan :

1. Propeller shaft
2. Bossing
3. Water lubri. Flanged bearing (johson duramax)
4. Water lubricated bearing (johson duramax)
5. Stern Tube
6. Spacer
7. Packing Gland
8. Safety Collar
9. Coupling Flange
10. Heavy Round Nut
11. Washer
12. Coupling Flange Key
13. Bolt, Nut, Washer
14. Hexagonal Nut
15. Thread Rod
16. Hex Head Screw M11
17. Packing
18. Hex Head Screw M10
19. Washer

Gambar 1. *Shaft Arrangement* KP Hiu Macan Tutul 02



Gambar 2. Detail *shaft propeller* dan *stern tube* KP Hiu Macan Tutul 02

Pemeriksaan Propeller

Propeller Kapal patrol Hiu Macan Tutul 02 memiliki 2 unit sistem propulsi yaitu kiri dan kanan, sehingga memiliki 2 unit *propeller* (kanan dan kiri) terbuat dari bahan *manganese bronze* dengan 4 daun (4 *Blades*) ukuran dia. 1350 × 1016 mm, pitch 1016 mm, berat 413,9 kg. Setelah *propeller* kanan dibersihkan dari runtu dan kotoran ditemukan 1 buah daun dalam kondisi deformasi pada ujung daunnya dan 1 buah daun terdapat rumpil pada ujungnya.

Kerusakan pada daun *propeller*, seperti bagian tepi yang rumpil, terkikis, atau mengalami deformasi/bengkok, dapat menyebabkan perubahan terhadap geometri asli daun *propeller*. Perubahan tersebut akan memengaruhi distribusi tekanan dan pola aliran air di sekitar daun sehingga kemampuan *propeller* dalam menghasilkan gaya dorong (*thrust*) dapat menurun. Kerusakan akibat benturan dengan benda asing di dalam air merupakan salah satu penyebab umum kerusakan daun *propeller*, sedangkan kerusakan pada *leading edge* (sisi/tepi) yang tidak segera diperbaiki juga dapat berkembang menjadi keretakan akibat beban siklik (kontinu) selama pengoperasian (Messaoudi et al., 2024). Kerusakan *propeller* juga menyebabkan putarannya tidak seimbang (*unbalance*). *Propeller* kanan KP Hiu Macan Tutul 02 yang mengalami deformasi dan rumpil ini dilaksanakan perbaikan dengan pelurusan dan penambahan las sejenis sampai rumpil dan retak hilang, diratakan/dihaluskan, dilakukan pengecekan keretakan dengan *dry penetrant test* (DPT) kemudian *propeller* dibalancing statis



Gambar 3. Ujung daun *propeller* kanan yang rumpil dan bengkok

Pengukuran *Clearance* Bantalan

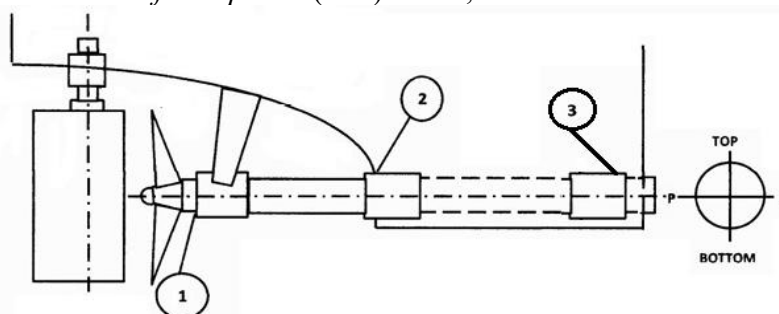
Lokasi atau posisi pengukuran *clearance* atau gap bantalan shaft dapat dilihat pada gambar 4, yaitu pada masing-masing bantalan (belakang, tengah dan depan) dan diukur pada 4 posisi (kanan/S, kiri/P, atas/*top*, bawah/*bottom*). Pada *docking* tahun 2023, hasil pengukuran *clearance* bantalan tengah *shaft* kanan kiri gap PS sebesar 4,95 mm sudah melebihi batas maksimum yang diijinkan (4,02 mm) sehingga dilakukan penggantian bantalan tengah jenis *cuttles bearing with flange* diameter dalam 152,4 mm diameter luar 190,5 mm Panjang 609 mm. Menurut ketentuan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) tahun 2024 *volume 1 section 3.B.1.10*, besarnya batas maksimum *clearance shaft bearing* ($C_{\max}$) dengan sistem pelumas air dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$C_{\max} = 0,01 D + 2,5 \text{ mm}$$

Keterangan:

$C_{\max}$ = Maksimum *bearing clearance* (mm) = 4,02 mm

D = Diameter *shaft Propeller* (mm) = 152,4 mm



Gambar 4. Lokasi pengukuran *clearance bearing shaft propeller* KP Hiu Macan Tutul 02

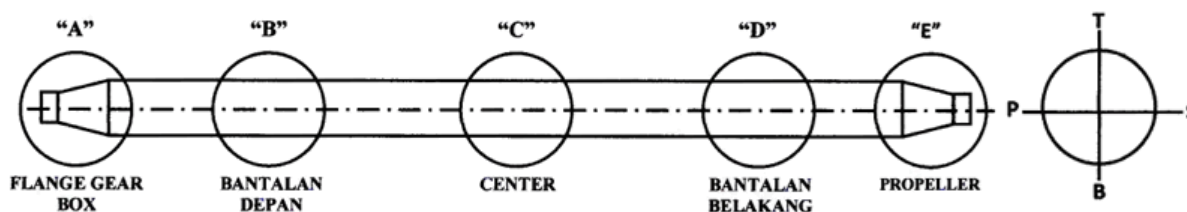
Hasil pengukuran *clearance* bantalan *shaft* kanan menurut data *docking* 2023 sesudah perbaikan dan *docking* 2026 sebelum perbaikan dapat dilihat pada tabel 1, dimana hasil pengukuran tahun 2026 *clearance* bantalan belakang dan tengah poros propeller kanan masih normal (jauh dari batas maksimum *clearance*). Sedangkan hasil pengukuran *clearance* bantalan depan didapatkan hasil yang sudah tidak normal (melebihi batas maksimum *clearance*) sehingga bantalan harus diganti baru agar performa sistem propulsi kapal ini tetap terjaga dengan baik. *Clearance* bantalan depan *shaft* kapal ini pada pekerjaan *docking* tahun 2023 tidak dilaksanakan pengukuran sehingga tidak dapat dilakukan perbandingan. Hasil pengukuran *clearance* bantalan belakang dan tengah *shaft* kanan tahun 2026 jika dibandingkan dengan *docking* 2023 terdapat kenaikan ukuran antara 0,25 hingga 1,05 mm namun masih jauh dari batas maksimumnya, sehingga bantalan masih bisa dipertahankan.

Tabel 3. Hasil pengukuran *clearance shaft* KP Hiu Macan Tutuk 02

Hasil pengukuran <i>clearance</i> 2023 setelah perbaikan						
Posisi	<i>Shaft starboard side</i> (kanan)					
	Belakang (1) (mm)		Tengah (2) (mm)		Depan (3) (mm)	
<i>Port (p)</i>	0,1	0,15	0,65	0,65	Tidak diukur	
<i>Starboard (s)</i>	0,05		0			
<i>Top</i>	0,95	0,95	0,5	0,5		
<i>Bottom</i>	0		0			
Diameter shaft 152,4 mm, Maksimal <i>clearance</i> = 4,02 mm						
Hasil pengukuran <i>clearance</i> 2026 sebelum						
Posisi	Bantalan <i>shaft starboard side</i> (kanan)					
	Belakang (1) (mm)		Tengah (2) (mm)		Depan (3) (mm)	
<i>Port (p)</i>	0,6	1,2	0,5	1	2,66	5,32
<i>Starboard (s)</i>	0,6		0,5		2,66	
<i>Top</i>	1,2	1,2	0,6	1,1	4,81	4,81
<i>Bottom</i>	0		0,5		0	

Shaft Alignment

Secara pengamatan visual langsung, tidak ditemukan keausan pada *shaft* kapal ini yang terbuat dari material *stainless steel 316L*. Pelaksanaan *shaft alignment* atau *centering shaft* dilaksanakan di atas bangku bubut setelah *shaft* dibersihkan. Pengukuran kelurusan poros *propeller* (*shaft alignment*) menggunakan metode *dial indicator* Hasil pengukuran *alignment shaft* menunjukkan nilai positif (+) berarti posisi poros yang diukur lebih tinggi atau lebih menjorok ke arah luar/atas dibandingkan titik referensi. Hasil *shaft alignment* pada *docking* 2023 nilai tertinggi +0,70 mm terdapat pada posisi atas bawah (T, B) bantalan belakang (pada gambar 5 posisi “D”), sedangkan hasil *shaft alignment* pada *docking* 2026 nilai tertinggi +1,86 mm terdapat pada posisi atas bawah (T, B) bantalan tengah (pada gambar 5 posisi “C”)



Gambar 5. Posisi titik pengambilan ukuran *alignment shaft*

Tabel 2. Hasil *shaft alignment* tahun 2023 dan 2026

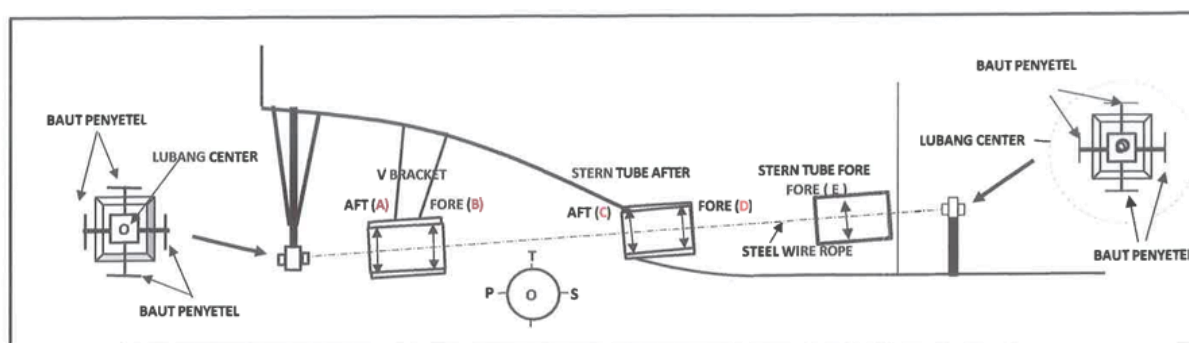
POSISI	<i>Docking 2023</i>				<i>Docking 2026</i>			
	P	S	T	B	P	S	T	B
A	-0,11	0,06	0	-0,06	0,07	-0,03	0	0,06
B	-0,2	-0,18	0	-0,37	-0,29	-0,01	0	-0,2
C	0,22	-0,02	0	0,16	1,66	-0,02	0	1,86
D	0,27	0,48	0	0,7	0,7	-0,17	0	0,51
E	0,53	-0,57	0	-0,2	-0,18	0,46	0	0,26

Dari hasil pengecekan *alignment shaft* kanan, tidak dilakukan perbaikan dengan pertimbangan jika hasilnya ditambahkan dengan *clearance* bantalan tengah ($1,86 + 1,1$ mm) hasilnya 2,9 mm (masih dibawah maksimum *clearance*).

Alignment V-bracket Dan Stern Tube

Pengukuran *alignment* kedudukan poros *propeller* terhadap *gear box* pada penelitian ini menggunakan kawat dia 1,2 mm (dikenal sebagai *piano wire method* atau *bore sighting*) yang merupakan teknik tradisional sangat akurat untuk menentukan garis sumbu (*center line*) poros dari mesin/*gearbox* melewati *stern tube* hingga ke *v-bracket*. Titik tumpu pengikat kawat bagian depan dan belakang berupa dudukan plat yang kokoh dilengkapi dengan baut tracker yang berfungsi untuk menegangkan kawat dan merubah posisi kawat dalam mencari posisi titik pusat dari rumah bantalan depan dan belakang tersebut. Kemudian untuk pengukuran jari-jari rumah bantalan dari titik pusat (kawat) menggunakan *micrometer*. Sebagai acuan adalah jari-jari rumah bantalan depan pada posisi kiri kanan (P-S) dan atas bawah (T-B) harus sama atau selisihnya sama dengan Nol. Letak titik atau posisi pengukuran dapat dilihat pada gambar 6, dimana posisi ada 5 tempat yaitu rumah bantalan belakang bagian ujung depan dan belakang, rumah bantalan tengah bagian ujung belakang dan 400 mm ke depan, serta lokasi rumah bantalan depan dipilih bagian yang memungkinkan dalam pengukuran (bagian depan). Jarak pondasi pengikat kawat belakang dengan titik A sebesar 1000 mm, jarak A-B 550 mm, Jarak B-C 2500 mm, jarak C-D 400 mm, jarak D-E 2000 mm, jarak E ke pengikat kawat depan 1500 mm.

Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 3, dimana pada *docking 2023* rumah bantalan depan tidak dilakukan pengukuran sehingga belum akurat, dan pada *docking 2026* dapat diinformasikan bahwa pengukuran lebih akurat dan hasil pengukuran *alignment v-bracket* dan *stern tube* kanan juga lebih baik jika dibandingkan dengan tahun 2023



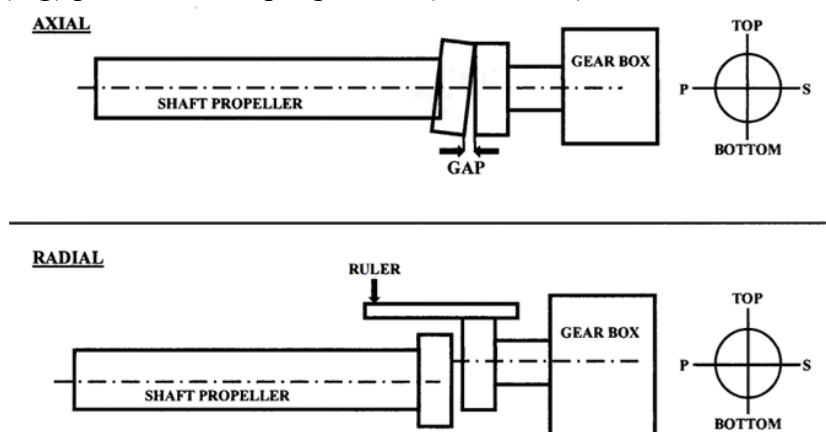
Gambar 6. Posisi pengukuran *alignment v-bracket* dan *stern tube* kanan

Tabel 3. Hasil pengukuran *alignment v-bracket* dan *stern tube* kanan tahun 2023 dan 2026

POSISI	BANTALAN BELAKANG				BANTALAN TENGAH				BANTALAN DPN	
	A		B		C		D		E	
	Jari-jari	Gap	Jari-jari	Gap	Jari-jari	Gap	Jari-jari	Gap	Jari-jari	Gap
Hasil pengukuran <i>alignment v-bracket</i> dan <i>stern tube</i> kanan <i>docking</i> 2023										
T-O	92,235	-5,16	92,355	-4,72	94,760	0,00	94,730	0,00	Tidak diukur	
B-O	97,395		97,075		94,760		94,730			
P-O	95,035	0,37	95,310	0,74	94,730	0,00	94,705	0,00		
S-O	94,665		94,570		94,730		94,705			
Hasil pengukuran <i>alignment v-bracket</i> dan <i>stern tube</i> kanan <i>docking</i> 2026										
T-O	95,30	0,71	95,63	1,80	95,50	1,27	94,81	0,00	94,81	0,00
B-O	94,59		93,83		94,23		94,81		94,81	
P-O	94,25	-1,42	93,75	-1,65	94,55	-0,35	94,81	0,00	94,81	0,00
S-O	95,67		95,40		94,90		94,81		94,81	

Shaft Deflection Kanan

Shaft deflection adalah perubahan bentuk atau lendutan pada garis poros akibat berat poros dan *propeller*, gaya *propeller*, kondisi bantalan, serta perubahan kondisi struktur kapal. Pada sistem propulsi kapal, poros tidak selalu berada dalam kondisi lurus sempurna karena poros mengalami defleksi akibat berat sendiri dan berat komponen yang terpasang, sementara posisi bantalan juga dapat berubah akibat kondisi pembebanan kapal (SNAME, 2007). *Shaft deflection* merupakan salah satu metode konvensional untuk memeriksa kondisi *shaft alignment* atau disebut juga *Sag and Gap measurement*. Pada metode ini, pengukuran dilakukan dengan memutar poros secara bertahap dan mencatat perubahan celah (*gap*) serta perbedaan ketinggian atau lendutan (*sag*) pada titik-titik pengukuran (ABS, 2019).



Gambar 7. Posisi pengukuran *shaft deflection*

Pengukuran dilakukan menggunakan *dial indicator* yang dipasang pada salah satu *flange poros* dan ujung indikator menyentuh *flange* pasangannya. Poros kemudian diputar melalui posisi sudut tertentu, misalnya 0°, 90°, 180°, dan 270°, kemudian nilai perpindahan indikator dicatat pada setiap posisi. Perbedaan pembacaan tersebut digunakan untuk

menentukan kondisi *sag* (*Radial*) dan *gap* (*axial*) serta mengidentifikasi kecenderungan ketidaklurusan (*misalignment*) pada sambungan poros *propeller*. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran *shaft deflection* kanan

<i>Shaft deflection docking 2023 (Kanan)</i>				
POSISI	P	S	T	B
Axial	11,4	-11,4	12,5	-12,5
Radial	0,3	-0,3	1,45	-1,45
<i>Shaft deflection docking 2026 (Kanan)</i>				
POSISI	P	S	T	B
Axial	0,15	-0,15	0,22	-0,22
Radial	0,22	-0,22	2,09	-2,09

Dari tabel 4 dapat dijelaskan bahwa hasil pengukuran radial posisi atas bawah pada tahun 2026 ini mengalami kenaikan dari $\pm 1,45$ menjadi $\pm 2,09$, hal ini terjadi akibat kondisi *flange coupling shaft* kanan yang memang tidak rata akibat korosif dan tidak dilakukan perbaikan. Sedangkan hasil pengukuran *shaft deflection* kanan posisi *axial* pada *docking* tahun 2026 menjadi lebih baik setelah bantalan depan *shaft* kanan diganti baru, dari $\pm 11,4$ menjadi $\pm 0,15$ (kanan-kiri) dan $\pm 12,5$ menjadi $\pm 0,22$ (atas-bawah). Hal ini dapat dijadikan pertimbangan kelanjutan pekerjaan perbaikan posisi mesin induk kanan. Dengan melihat hasil tersebut maka pekerjaan untuk merubah posisi mesin induk kanan kapal patrol Hiu Macan Tutul 02 ini bisa dibatalkan atau perlu dievaluasi kembali setelah ketiga bantalan *shaft* kanan diganti baru, perbaikan kondisi kelurusan *shaft* kanan dan pengambilan ulang data *alignment*.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada peneletian ini, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran *alignment v-bracket* dan *stern tube* kanan pada *docking* 2023 kurang akurat jika dibandingkan dengan pengukuran tahun 2026 karena dilakukan dengan lokasi tidak sampai rumah bantalan depan sehingga belum dapat dijadikan sebagai dasar penentu pekerjaan perbaikan posisi mesin induk kanan
2. Pekerjaan perbaikan posisi mesin induk kanan lengkap dengan indikasi *misalignment shaft* tidak perlu dikerjakan pada *docking* tahun 2026 dengan pertimbangan nilai *clearance* bantalan *shaft* dengan pemakaian 2,5 tahun untuk bantalan tengah dan lebih 5 tahun untuk bantalan belakang masih jauh dari maksimum *clearance* yang diijinkan dan hasil *shaft deflection* lebih bagus setelah penggantian bantalan depan

DAFTAR PUSTAKA

- American Bureau of Shipping. (2019). *Guidance Notes on Propulsion Shafting Alignment*. Houston, TX: American Bureau of Shipping
- Ariany, Z., & As Sajjad, M. H. (2025). Analisis deflection shaft propeller TB Farel 11 di PT. Dutabahari Menara Line Dockyard. *INOVTEK Polbeng: Jurnal Inovasi Teknologi Politeknik Negeri Bengkalis*, 15(2), 125–132. <https://doi.org/10.35314/05wzwn5>
- Avgouleas, K., Sarris, E., & Gougoulidis, G. (2021). Practical aspects of propulsion shaft alignment. In *Proceedings of the 7th International Symposium on Ship Operations*,

- Management & Economics. Society of Naval Architects and Marine Engineers.*
<https://doi.org/10.5957/SOME-2021-012>
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2024). *Rules for classification and surveys* (Pt. 1, Vol. I): Consolidated edition 2024. Biro Klasifikasi Indonesia.
- International Register of Shipping. (2024). *Rules and regulations for classification of steel vessels: Part 5A—Machinery equipment, installation and piping system* (Rev. 03-2024). International Register of Shipping.
- Ibrahim, A., Alang, A. H., Madi, M., Baharuddin, B., Ahmad, M. A., & Darmawati. (2023). *Metodologi penelitian* (Edisi revisi). Gunadarma Ilmu
- Messaoudi, S., et al. (2024). Damage detection in marine propeller in service. *Procedia Structural Integrity*, 61, 241–251. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2024.06.031>
- Romiyadi, R. (2026). *Misalignment: Dampaknya Terhadap Performa Sistem Transmisi*. Penerbit Bashaedu.
- Rawson, K. J., & Tupper, E. C. (2018). *Basic Ship Theory* (6th ed.). Butterworth-Heinemann
- Society of Naval Architects and Marine Engineers. (2007). Practices and Procedures for the Alignment of Marine Main Propulsion Shafting Systems (Technical and Research Bulletin 3-51). Jersey City, NJ: SNAME
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sulaiman, S., Sugeng, S., & Ridwan, M. (2021). Analisis perbaikan stern tube poros propeller single screw pada kapal general cargo 4192 GT. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(3), 369–378. <https://doi.org/10.32497/jrm.v16i3.2871>
- Sun, J. S., Kim, Y. G., & Kim, U. K. (2020). A study on the shaft alignment analysis of 500-ton class patrol ship considering reduction gear. *Journal of Defense Quality Society*, 2(2), 95–104. <https://doi.org/10.23199/jdqs.2020.2.2.011>
- Supha, M. (2016). *Analisa Misalignment Shaft Propeller Dengan Metode Torsi Vibration Analisis* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- The Society of Naval Architects and Marine Engineers. (2007). T&R Bulletin 3-51: *Practices and procedures for the alignment of marine main propulsion shafting systems*
- Xing, P., Zhao, F., He, X., & Li, G. (2024). Investigation on dynamic behaviors of ship propulsion shafting with misalignment based on stochastic uncertainty models. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(11), 1927. <https://doi.org/10.3390/jmse12111927>
- Yusim, A. K., & Assawa, Y. A. B. (2022). Analisa perbaikan poros baling-baling MV. Queen Soya di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero). *SENSISTEK: Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 5(2), 21–27. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v4i1.24238>