Jurnal Maritim Malahayati (JuMMa)
Vol 7, No 2, Juli 2026, 504-508

EVALUASI NUMERIK AWAL GAYA DORONG PROPELER HEKSAGONAL UNTUK RUMPON BERENERGI TERBARUKAN DI UJONG BATEE

PRELIMINARY NUMERICAL EVALUATION OF HEXAGONAL PROPELLER THRUST FOR A RENEWABLE-ENERGY RUMPON AT UJONG BATEE

Dedi Kurniawan[1,2]*, Akhyar[3], Suriadi[4], Husni Husin[5]

[1]Program Studi Sistem Kelistrikan Kapal, Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh Besar, Indonesia
[2]Program Doktor Ilmu Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
[3]Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
[4]Departemen Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
[5]Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
*email: dedikurniawan@poltekpelaceh.ac.id

ABSTRAK

Rumpon merupakan sarana bantu penangkapan ikan yang umumnya bekerja secara pasif dan sangat bergantung pada kekuatan sistem tambat. Penelitian ini mengevaluasi secara numerik dan terbatas satu aspek teknis, yaitu kemampuan propeler heksagonal menghasilkan gaya dorong korektif pada rumpon berenergi terbarukan. Dua konfigurasi dibandingkan pada kondisi operasi yang sama: propeler terbuka tiga sudu sebagai acuan dan propeler enam sudu dengan duct heksagonal sebagai rancangan usulan. Model menggunakan hubungan koefisien open-water untuk menghitung koefisien gaya dorong, koefisien torsi, efisiensi, daya poros, serta margin gaya dorong. Parameter desain meliputi diameter propeler 0,32 m, putaran 600 rpm, kecepatan aliran 0,85 m/s, dan massa jenis air laut 1.025 kg/m³, sehingga diperoleh advance coefficient sebesar 0,266. Hasil menunjukkan bahwa konfigurasi konvensional menghasilkan gaya dorong 66,02 N, efisiensi 0,447, dan daya poros 125,5 W. Konfigurasi heksagonal menghasilkan gaya dorong 83,90 N, efisiensi 0,491, dan daya poros 145,2 W. Dengan beban lingkungan desain 70,17 N, margin gaya dorong meningkat dari 0,94 menjadi 1,20. Peningkatan gaya dorong sebesar 27,08% dicapai dengan kenaikan daya 15,70%, sedangkan rasio gaya dorong terhadap daya meningkat sekitar 9,84%. Hasil ini menunjukkan bahwa geometri heksagonal layak dipertimbangkan sebagai penggerak korektif berdaya rendah. Namun, hasil masih berupa pembuktian numerik awal dan belum menggantikan simulasi CFD geometri penuh maupun pengujian open-water.

Kata kunci: Gaya Dorong, Propeler Heksagonal, Rumpon, Energi Terbarukan, Evaluasi Numerik

ABSTRACT

Fish aggregating devices, locally termed rumpon, generally operate passively and depend strongly on mooring-system capacity. This study provides a limited numerical evaluation of one technical aspect: the ability of a hexagonal propeller to generate corrective thrust for a renewable-energy-assisted rumpon. Two configurations were compared under identical operating conditions: an open three-bladed propeller as the reference and a six-bladed propeller with a hexagonal duct as the proposed design. An open-water coefficient model was used to calculate thrust coefficient, torque coefficient, efficiency, shaft power and thrust margin. The design parameters comprised a 0.32 m propeller diameter, 600 rpm rotational speed, 0.85 m/s inflow velocity and seawater density of 1,025 kg/m³, resulting in an advance coefficient of 0.266. The conventional configuration generated 66.02 N thrust, 0.447 efficiency and 125.5 W shaft power. The hexagonal configuration generated 83.90 N thrust, 0.491 efficiency and 145.2 W shaft power. For a design environmental load of 70.17 N, the thrust margin increased from 0.94 to 1.20. The 27.08% thrust improvement required a 15.70% increase in power, while the thrust-to-power ratio increased by approximately 9.84%. These results indicate that the hexagonal geometry is technically promising for low-

Jurnal Maritim Malahayati (JuMMa)
Vol 7, No 2, Juli 2026, 504-508

power corrective propulsion. Nevertheless, the evidence remains a preliminary numerical proof and does not replace geometry-resolved computational fluid dynamics or open-water experiments.

Keywords: *Thrust, Hexagonal Propeller, Rumpon, Renewable Energy, Numerical Evaluation*

1. Pendahuluan

Rumpon atau fish aggregating device merupakan struktur bantu yang digunakan untuk mengumpulkan ikan pada lokasi tertentu sehingga operasi penangkapan menjadi lebih terarah. Dalam praktiknya, rumpon terdiri atas pelampung, atraktor, tali tambat, dan jangkar. Sistem tersebut relatif sederhana, tetapi posisi rumpon sangat dipengaruhi oleh arus, gelombang, angin, pertumbuhan organisme laut, dan perubahan tegangan tali. Kajian mengenai rumpon modern menunjukkan bahwa pengembangan fungsi energi dan pemantauan dapat meningkatkan nilai guna struktur, walaupun integrasi tersebut harus tetap mempertimbangkan beban hidrodinamika dan keandalan tambat (Rahmawati et al., 2018).

Pada rumpon pasif, respons terhadap gangguan lingkungan sepenuhnya diberikan oleh sistem tambat. Ketika beban mendekati atau melampaui kapasitas jangkar dan tali, terjadi pergeseran posisi, kenaikan beban kejut, atau kehilangan struktur. Penggunaan penggerak korektif berdaya rendah dapat menjadi pendekatan tambahan untuk mengurangi simpangan posisi dalam kondisi tertentu. Konsep ini berbeda dari propulsi kapal karena penggerak tidak bekerja terus-menerus, melainkan hanya saat simpangan atau tegangan tambat melewati batas pengendalian.

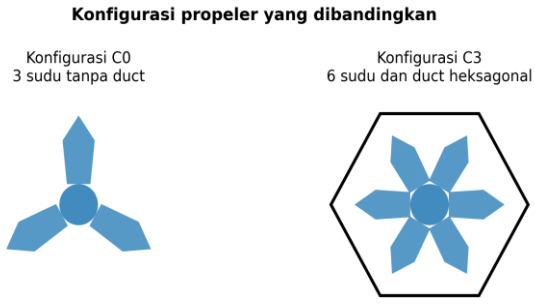
Propeler terbuka tiga sudu merupakan konfigurasi yang umum karena sederhana dan memiliki kebutuhan material relatif kecil. Namun, pada kecepatan maju rendah, propeler ber-duct dapat menghasilkan gaya dorong lebih tinggi karena duct memodifikasi aliran di sekitar ujung sudu dan meningkatkan percepatan massa air. Kinerja tersebut sangat dipengaruhi oleh jumlah sudu, luas daun, celah ujung sudu, bentuk duct, dan advance coefficient (Bontempo et al., 2015; Zhang et al., 2020). Analisis numerik propeler juga perlu membedakan antara model pendahuluan dan CFD geometri penuh agar kekuatan kesimpulan tidak melebihi bukti yang tersedia (Kim & Leong, 2021).

Kesenjangan yang dikaji dalam artikel ini adalah belum adanya pembuktian awal yang ringkas mengenai apakah konfigurasi enam sudu dengan duct heksagonal dapat memberikan margin gaya dorong yang lebih baik daripada propeler terbuka tiga sudu pada kebutuhan daya yang masih masuk akal untuk sistem rumpon berenergi terbarukan. Artikel ini sengaja membatasi pembahasan pada satu pembuktian, yaitu perbandingan gaya dorong dan efisiensi pada satu titik operasi desain. Aspek konversi energi, struktur sudu, kontrol posisi, dan respons tambat tidak dianalisis secara terpisah dalam artikel ini.

Tujuan penelitian adalah menghitung dan membandingkan gaya dorong, efisiensi open-water, daya poros, serta margin gaya dorong antara propeler konvensional dan propeler heksagonal. Kontribusi penelitian terletak pada penyajian kriteria teknik yang sederhana dan dapat diperiksa ulang untuk menentukan apakah rancangan heksagonal cukup layak dilanjutkan ke tahap CFD dan pengujian eksperimental.

2. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan evaluasi numerik awal berbasis koefisien open-water. Pendekatan ini dipilih untuk menyaring kelayakan konsep sebelum pemodelan CFD yang lebih mahal. Dua konfigurasi yang dibandingkan ditunjukkan pada Gambar 1. Konfigurasi C0 merupakan propeler terbuka tiga sudu. Konfigurasi C3 menggunakan enam sudu berpenampang planform poligonal dan duct pelindung berbentuk heksagonal. Kedua konfigurasi dianalisis pada diameter, putaran, kecepatan aliran, dan massa jenis air yang sama.



Gambar 1. Konfigurasi Propeler Acuan dan Konfigurasi Heksagonal yang Dibandingkan.

Parameter utama disajikan pada Tabel 1. Nilai kecepatan aliran 0,85 m/s digunakan sebagai kondisi desain, bukan hasil pengukuran lapangan jangka panjang. Propeler dirancang sebagai penggerak korektif intermiten pada rumpon skala kecil. Beban lingkungan dihitung dari gaya hambat air pada luas proyeksi bawah air dan

Jurnal Maritim Malahayati (JuMMa)
Vol 7, No 2, Juli 2026, 504-508

tambahan 5 N untuk pengaruh angin serta komponen eksternal.

Tabel 1. Parameter Perhitungan pada Titik Operasi Desain

Parameter	Simbol	Nilai
Massa jenis air laut	ρ	1.025 kg/m³
Diameter propeler	D	0,32 m
Putaran poros	n	10 s^{-1}
Kecepatan aliran	V_a	0,85 m/s
Luas proyeksi rumpon	A	0,16 m²
Koefisien hambat	C_D	1,10

Sumber: parameter desain numerik penelitian.

Advance coefficient dihitung menggunakan Persamaan (1). Selanjutnya, koefisien gaya dorong dan koefisien torsi dihitung dengan Persamaan (2), sedangkan efisiensi open-water dihitung menggunakan Persamaan (3). Hubungan tersebut merupakan parameter dasar untuk membandingkan propeler pada kondisi operasi yang sama (Carlton, 2019).

$$J = V_a/(nD) \quad (1)$$

dengan J adalah advance coefficient, V_a kecepatan masuk aksial, n putaran per detik, dan D diameter propeler.

$$K_t = T/(\rho n^2 D^4) \; ; \; K_\varphi = Q/(\rho n^2 D^5) \quad (2)$$

dengan K_t koefisien gaya dorong, K_φ koefisien torsi, T gaya dorong, dan Q torsi poros.

$$\eta_0 = J K_t/(2\pi K_\varphi) \quad (3)$$

dengan η_0 adalah efisiensi open-water.

Pada J = 0,266, model acuan menggunakan K_t = 0,06142 dan K_φ = 0,00581. Konfigurasi heksagonal menggunakan K_t = 0,07806 dan K_φ = 0,00672. Nilai tersebut merupakan keluaran model reduced-order yang telah disusun pada naskah pengembangan sebelumnya. Nilai ini tidak dinyatakan sebagai hasil CFD RANS atau pengujian towing tank. Gaya dorong yang dibutuhkan dihitung dengan Persamaan (4).

$$T_{req} = 0{,}5\,\rho\, C_D\, A\, V_a^2 + T_v \quad (4)$$

dengan T_v adalah tambahan beban angin dan komponen eksternal sebesar 5 N.

Margin gaya dorong ditetapkan sebagai M = T/T_{req}. Nilai M lebih dari satu menunjukkan bahwa gaya dorong propeler lebih besar daripada beban lingkungan desain secara statik. Kriteria ini hanya membuktikan kecukupan gaya dorong pada satu keadaan tunak dan tidak membuktikan kemampuan dynamic positioning, respons kontrol, ataupun ketahanan sistem tambat.

3. Hasil dan Pembahasan

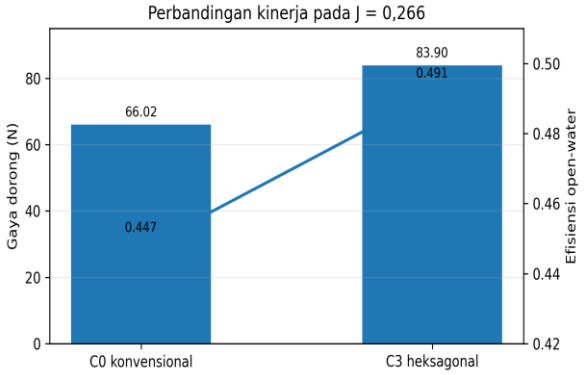
Perhitungan menghasilkan advance coefficient sebesar 0,266 dan beban lingkungan desain sebesar 70,17 N. Ringkasan hasil ditampilkan pada Tabel 2. Propeler konvensional menghasilkan gaya dorong 66,02 N sehingga margin gaya dorongnya hanya 0,94. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi desain, propeler acuan belum mampu melampaui beban lingkungan yang diperkirakan.

Tabel 2. Perbandingan Hasil pada J = 0,266

Indikator	C0	C3
Koefisien gaya dorong	0,06142	0,07806
Koefisien torsi	0,00581	0,00672
Gaya dorong	66,02 N	83,90 N
Efisiensi open-water	0,447	0,491
Daya poros	125,5 W	145,2 W
Margin gaya dorong	0,94	1,20

Keterangan: C0 = propeler terbuka tiga sudu; C3 = propeler enam sudu dengan duct heksagonal.

Konfigurasi heksagonal menghasilkan gaya dorong 83,90 N dan margin 1,20. Dengan demikian, rancangan tersebut memberikan cadangan gaya dorong sekitar 13,73 N terhadap beban desain. Dibandingkan konfigurasi konvensional, gaya dorong meningkat 27,08%. Kenaikan ini diikuti peningkatan daya poros dari 125,5 W menjadi 145,2 W atau sebesar 15,70%. Karena peningkatan gaya dorong lebih besar daripada peningkatan daya, rasio gaya dorong terhadap daya meningkat dari 0,526 N/W menjadi 0,578 N/W.



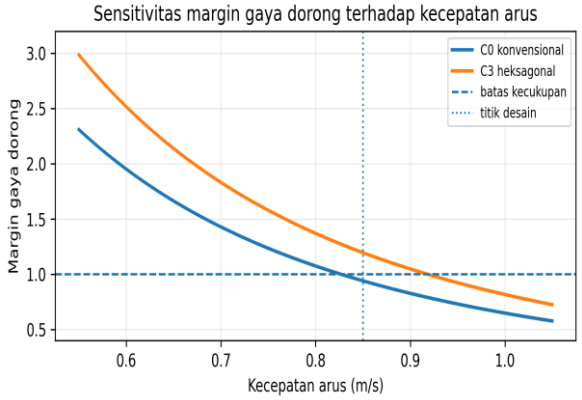
Gambar 2. Perbandingan Gaya Dorong dan Efisiensi pada Titik Operasi Desain.

Gambar 2 memperlihatkan bahwa peningkatan gaya dorong tidak diperoleh dengan pengorbanan efisiensi. Efisiensi open-water meningkat dari 0,447 menjadi 0,491 atau sekitar 9,84%. Pada sistem berenergi terbarukan, kenaikan efisiensi penting karena kapasitas panel surya, konverter gelombang, dan baterai terbatas.

Jurnal Maritim Malahayati (JuMMa)
Vol 7, No 2, Juli 2026, 504-508

Propeler yang menghasilkan gaya dorong lebih besar per satuan daya akan mengurangi waktu operasi motor untuk koreksi posisi yang sama.

Sebagai pemeriksaan tambahan terhadap pembuktian gaya dorong, dilakukan analisis sensitivitas sederhana pada kecepatan arus 0,65-1,05 m/s. Koefisien gaya dorong dihitung kembali berdasarkan perubahan advance coefficient, sedangkan beban lingkungan meningkat secara kuadratik terhadap kecepatan arus. Analisis ini tidak membentuk pembuktian baru, tetapi menguji ketahanan kesimpulan utama ketika kondisi aliran bergeser dari titik desain.



Gambar 3. Sensitivitas Margin Gaya Dorong Terhadap Perubahan Kecepatan Arus.

Tabel 3. Sensitivitas Margin Gaya Dorong

Arus (m/s)	Beban (N)	Margin C0	Margin C3
0,65	43,11	1,66	2,14
0,75	55,74	1,24	1,58
0,85	70,17	0,94	1,20
0,95	86,41	0,73	0,92

Keterangan: margin lebih besar dari satu menunjukkan kecukupan gaya dorong statik.

Pada arus 0,65 dan 0,75 m/s, kedua konfigurasi masih memberikan gaya dorong yang memadai, tetapi konfigurasi heksagonal memiliki cadangan yang lebih besar. Pada 0,85 m/s, hanya konfigurasi heksagonal yang tetap berada di atas batas kecukupan. Ketika kecepatan naik menjadi 0,95 m/s, margin C3 turun menjadi 0,92 sehingga rancangan tidak lagi memenuhi beban desain. Hasil ini menegaskan bahwa keunggulan heksagonal bersifat terbatas pada rentang operasi dan tidak dapat digunakan untuk mengabaikan kapasitas tambat utama.

Secara mekanis, jumlah sudu yang lebih banyak memperbesar luas disk yang aktif menerima dan mempercepat aliran. Duct dapat membantu menekan kehilangan pada ujung sudu dan meningkatkan aliran massa pada kondisi advance coefficient rendah. Temuan ini sejalan dengan kajian ducted propeller yang menunjukkan bahwa interaksi propeler-duct memengaruhi distribusi tekanan, slipstream, dan karakter wake (Zhang & Jaiman, 2019). Namun, duct juga menambah hambatan dan dapat kehilangan keuntungan pada kecepatan maju yang lebih tinggi. Oleh karena itu, hasil artikel ini hanya berlaku pada titik operasi rendah yang ditetapkan.

Bentuk heksagonal tidak boleh langsung dianggap unggul hanya karena berbeda dari duct sirkular. Nilai K_t dan K_φ pada model merupakan representasi pendahuluan untuk menguji kelayakan teknis. Pembuktian berikutnya harus menggunakan geometri tiga dimensi dengan rotating domain, model turbulensi yang sesuai, penyempurnaan mesh di celah ujung sudu, pemeriksaan konvergensi, serta pembandingan terhadap uji open-water. Kajian numerik terkini menekankan bahwa validitas prediksi propeler sangat bergantung pada perlakuan domain berputar dan verifikasi numerik (Kim & Leong, 2021).

Dari sisi penerapan rumpon, margin 1,20 tergolong positif tetapi belum besar. Biofouling, perubahan luas proyeksi, aliran miring, penurunan tegangan baterai, dan ketidakpastian kecepatan arus dapat mengurangi gaya dorong efektif. Selain itu, analisis ini belum memasukkan dinamika tali tambat. Rumpon tetap harus memiliki kapasitas tambat utama yang memadai; propeler diposisikan sebagai sistem bantu korektif, bukan pengganti jangkar.

Implikasi utama hasil adalah bahwa konfigurasi heksagonal memenuhi syarat untuk dilanjutkan ke tahap validasi, sementara konfigurasi konvensional tidak memenuhi beban desain pada titik yang sama. Pembuktian ini cukup untuk keputusan desain awal, tetapi belum cukup untuk menyatakan keunggulan hidrodinamika secara umum. Batas kesimpulan tersebut penting agar artikel tidak menghasilkan klaim yang lebih kuat daripada metodologi yang digunakan.

4. Simpulan

Evaluasi numerik awal pada advance coefficient 0,266 menunjukkan bahwa propeler enam sudu dengan duct heksagonal menghasilkan gaya dorong 83,90 N, lebih tinggi daripada propeler terbuka tiga sudu sebesar 66,02 N. Pada beban lingkungan desain 70,17 N, margin gaya dorong meningkat dari 0,94 menjadi 1,20. Peningkatan gaya dorong 27,08% membutuhkan kenaikan daya poros 15,70%, sedangkan efisiensi open-water dan rasio gaya dorong terhadap daya meningkat sekitar 9,84%. Secara konseptual, hasil

tersebut menunjukkan bahwa konfigurasi heksagonal lebih layak digunakan sebagai penggerak korektif intermiten pada rumpon berenergi terbarukan. Kesimpulan ini terbatas pada pembuktian reduced-order pada satu titik operasi dan belum merupakan validasi CFD geometri penuh atau pengujian eksperimental.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Politeknik Pelayaran Malahayati dan Universitas Syiah Kuala atas dukungan akademik dalam pengembangan kajian rekayasa maritim dan energi terbarukan.

Daftar Pustaka

Dagorn, L., Holland, K. N., Restrepo, V., & Moreno, G. (2013). Is it good or bad to fish with fish aggregating devices? What are the real impacts of drifting fish aggregating devices on pelagic marine ecosystems? Fish and Fisheries, 14(3), 391-415. https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2012.00478.x

Maufroy, A., Chassot, E., Joo, R., & Kaplan, D. M. (2015). Large-scale examination of spatio-temporal patterns of drifting fish aggregating devices from tropical tuna fisheries. PLOS ONE, 10(5), e0128023. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128023

Rahmawati, S., Mutsuda, H., Doi, Y., & Moriyama, Y. (2018). Characteristics of a fish aggregating device with ocean energy harvester. Journal of Marine Science and Technology, 23(3), 435-452. https://doi.org/10.1007/s00773-017-0482-6

Bontempo, R., Cardone, M., Manna, M., & Vorraro, G. (2015). A comparison of nonlinear actuator disk methods for the performance analysis of ducted marine propellers. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy, 229(5), 539-557. https://doi.org/10.1177/0957650915589673

Zhang, Q., Jaiman, R. K., Ma, P., & Liu, J. (2020). Investigation on the performance of a ducted propeller in oblique flow. Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering, 142(1), 011106. https://doi.org/10.1115/1.4043943

Zhang, Q., & Jaiman, R. K. (2019). Numerical analysis on the wake dynamics of a ducted propeller. Ocean Engineering, 171, 202-224. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.10.031

Kim, H., & Leong, Z. Q. (2021). Numerical testing and verification of a marine propeller operating in a uniform flow field. Ships and Offshore Structures, 16(2), 120-126. https://doi.org/10.1080/17445302.2019.1710917

Han, S., Wang, P., Jin, Z., An, X., & Xia, H. (2022). Structural design of the composite blades for a marine ducted propeller based on a two-way fluid-structure interaction method. Ocean Engineering, 259, 111872. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111872

Carlton, J. S. (2019). Marine propellers and propulsion (4th ed.). Butterworth-Heinemann.

International Towing Tank Conference. (2021). Recommended procedures and guidelines 7.5-02-03-02.1: Propeller open water test. ITTC.