



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Perancangan Desain *Propeller Floating Fuel Station* Berbasis *B-Series* dengan Variasi Sudut *Rake* dan Sudut *Skew* Menggunakan Metode *CFD*

Muhammad Azizul Hakim¹⁾, Ahmad Fauzan Zakki¹⁾, Berlian Arswendo Adietya¹⁾

¹⁾Laboratorium Perencanaan Kapal dibantu Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail : azizulhakim@student.undip.ac.id, ahmadfzakki@yahoo.com, berlianarwendokapal@gmail.com

Abstrak

Floating fuel station solusi yang tepat untuk memudahkan akses bahan bakar bagi wilayah yang susah menjangkau SPBU. *Floating fuel station* ini dirancang dengan sistem propulsi untuk memudahkan dalam beroperasi. Berdasarkan hasil perhitungan tahanan dipilihlah propeller dengan jenis *B-Series* tipe *B4-40* untuk dianalisis, sedangkan variasi yang dilakukan dalam perancangan ini adalah variasi sudut *rake* dan sudut *skew* untuk menentukan propeller mana yang memiliki performa yang paling optimal. Dari 16 model yang dianalisis didapatkan hasil berupa propeller dengan variasi sudut *rake* 15° *skew* 10° memiliki nilai *thrust* paling tinggi sebesar 32,591 KN. Propeller dengan variasi sudut *rake* 0° *skew* 40° memiliki nilai *torque* paling rendah sebesar 3,417 KN.m. Nilai *efficiency* terbesar terjadi pada propeller dengan variasi sudut *rake* 0° sudut *skew* 30° sebesar 43,36%. Propeller yang menghasilkan performa paling besar untuk *floating fuel station* ini adalah propeller dengan variasi sudut *rake* 0° sudut *skew* 30° dikarenakan memiliki nilai efisiensi terbesar.

Kata Kunci : *Propeller*; *B-Series*; *Skew*; *Rake*; *Thrust*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan jumlah 17.480 pulau dengan panjang garis pantai 95.181 km dan total luas laut 5,8 juta km^2 yang terdiri dari laut territorial dengan luas 0,8 juta km^2 , laut nusantara 2,3 juta km^2 , dan zona ekonomi eksklusif 2,7 juta km^2 [1] menjadikan Indonesia penuh dengan potensi kelautan yang beragam salah satunya adalah produksi perikanan. Namun produksi perikanan laut Indonesia masih didominasi oleh nelayan berskala kecil, salah satu permasalahan yang dihadapi oleh nelayan di daerah pesisir yaitu susahnyanya mendapatkan bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan kapal. [2]

Penambahan jumlah *Floating Fuel Station* untuk mengatasi permasalahan pendistribusian bahan bakar sangat diperlukan, yaitu pola pendistribusian bahan bakar kepada nelayan dengan membuat SPBB dengan konsep berupa kapal SPOB (*Self Propelled Oil Barge*) dimana bahan bakar dibawa dari pelabuhan di pulau besar dan langsung didistribusikan ke kapal nelayan yang berada di pesisir dengan mengoptimalkan waktu pengiriman dan sasaran pengiriman yang tepat melalui jalur laut.

Penelitian Tugas Akhir Studi Perancangan *Floating Fuel Station* untuk Memenuhi Kebutuhan Bahan Bakar Nelayan Pesisir di Kabupaten Demak [3] telah didapatkan desain

Floating Fuel Station dengan hasil berupa ukuran utama, nilai tahanan kapal, serta analisis olah gerak dan stabilitas kapal. Sesuai fungsinya *floating fuel station* diharuskan membawa bahan bakar untuk wilayah pesisir yang sulit mengakses SPBU, untuk menggerakkan kapal sesuai dengan kecepatan yang telah direncanakan harus dilakukan pemilihan *propeller* dengan tepat. Perancangan desain *propeller* merupakan aspek terpenting dalam sistem propulsi.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan *propeller barge* untuk wilayah Pontianak yang menghasilkan *propeller* jenis *B-Series* tipe B4-40 dengan diameter 2,1 m [4]. Salah satu aspek paling penting dalam perancangan *propeller* adalah performa dari *propeller* itu sendiri, gaya dorong yang dihasilkan *propeller* harus dapat melawan gaya hambatan yang diterima kapal. Kebutuhan akan daya dorong mengharuskan kapal memiliki daya mesin yang besar namun akan berdampak pada konsumsi bahan bakar yang digunakan. Alternatifnya adalah meningkatkan efisiensi dari *propeller* yang digunakan. Maka dari itu dalam perancangan *propeller* dipilih nilai performa yang maksimum, Untuk memperoleh nilai performa yang optimum diperlukan beberapa modifikasi bentuk pada *propeller*.

Penelitian terdahulu telah membandingkan performa *propeller B-Series* dengan *Au-Outline Gawn*. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan nilai *thrust* tertinggi pada *propeller B-Series*. [5] Variasi sudut *skew* pada *propeller* tipe *B-Series* berdaun 5 pernah diteliti sebelumnya menghasilkan nilai *thrust* tertinggi pada sudut 0°. [6] Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Hassan Ghassemi pada jurnalnya yang menyatakan nilai *thrust* pada *propeller* dengan sudut *skew* rendah lebih besar daripada *propeller* dengan sudut *skew* tinggi. [7] Sedangkan penelitian *propeller B-Series* tipe B4-70 dengan variasi sudut *rake* menghasilkan nilai *thrust* tertinggi pada sudut 15°. [8] Oleh karena itu penelitian ini akan membahas perancangan desain *propeller Floating Fuel Station* berbasis *B-Series* dengan variasi sudut *rake* dan sudut *skew* menggunakan metode *CFD*.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan tipe *propeller* yang cocok untuk

floating fuel station di daerah Kabupaten Demak. Serta mengetahui pengaruh performa *propeller* setelah dilakukan variasi.

2. METODE

2.1. Pengumpulan data

Berdasarkan jurnal Studi Perancangan *Floating Fuel Station* untuk Memenuhi Kebutuhan Bahan Bakar Nelayan Pesisir di Kabupaten Demak [3] telah didapatkan desain *Floating Fuel Station* dengan hasil berupa ukuran utama sebagai berikut:

Tabel 1. Panjang dan Berat Kapal

| No | Item | Ukuran | Satuan |
|----|--------------|--------|--------|
| 1, | LOA | 30,063 | m |
| 2, | LWL | 28,97 | m |
| 3, | B | 11,5 | m |
| 4, | H | 2,5 | m |
| 5, | T | 1,8 | m |
| 6, | Vs | 10 | Knot |
| 7, | Displacement | 515,1 | ton |

Data kapal diatas digunakan sebagai acuan dalam menghitung tahanan dan kebutuhan daya mesin kapal.

2.2. Tahap Perancangan *Propeller*

Data ukuran utama yang telah diperoleh dapat dilakukan perhitungan geometri *propeller* yang optimal beserta daya mesin yang dibutuhkan untuk *floating fuel station*. Jenis *propeller* yang dianalisis adalah *propeller* jenis *B-Series*, sedangkan variasi yang digunakan untuk perancangan *propeller* pada penelitian ini adalah variasi sudut *skew* dan variasi sudut *rake*.

Secara garis besar tahapan yang perlu diketahui dalam merancang *propeller* adalah [4]:

1. Menentukan diameter *propeller* paling optimal, yaitu sebesar 0,7 dari sarat kapal
2. Menghitung nilai *Advance Velocity* (V_a)

$$V_a = (1 - w) V_s \quad (1)$$

3. Menghitung nilai *Thrust propeller*

$$T_f = \frac{R_t}{(1 - t)} \quad (2)$$

4. Menentukan parameter $Bp-\delta$

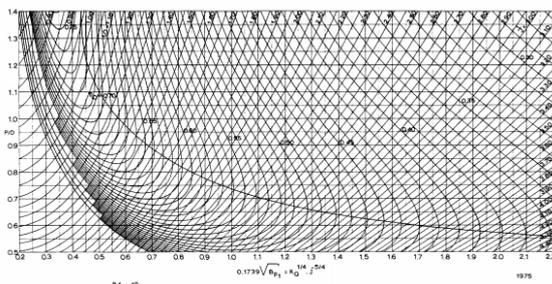
$$Bp = \frac{N_p \times P^{0,5}}{V_a^{2,5}} \quad (3)$$

5. Pembacaan diagram $Bp-\delta$

6. Menghitung nilai $\frac{P}{D}$ dan η dari diagram $Bp-\delta$

Nilai Bp yang didapatkan harus dirubah kedalam bentuk $0,1739\sqrt{Bp}$ untuk dipakai dalam sumbu x pada diagram $Bp-\delta$ yang kemudian dipotongkan dengan *maximum efficiency line*. Dari titik perpotongan tersebut ditarik garis hingga didapatkanlah nilai *pitch ratio* $\frac{P}{D}$ dan nilai *efficiency* (η).

Gambar dibawah memperlihatkan diagram $Bp-\delta$ yang digunakan untuk menentukan diameter dan efisiensi dari *propeller* yang kita pilih nanti



Gambar 1. Contoh diagram $Bp-\delta$

2.3. Pemodelan Propeller

Pembuatan model *propeller* dalam penelitian ini menggunakan *software Hydrocomp Propcad* dan *Rhinoceros*. *Hydrocomp Propcad* digunakan untuk menentukan geometri *propeller*, sedangkan *Rhinoceros* untuk mendapatkan hasil *propeller* secara 3D.

2.4. Variasi Model

Simulasi numerik pada *solver* ini dibagi menjadi 5 tahapan yaitu *Geometry, Mesh, Setup, Solution, dan Result*. Penelitian ini membandingkan 16 model *propeller B-Series* dengan variasi sudut *skew* sebesar $10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ$ serta sudut *rake* sebesar $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$.

2.5. Karakteristik Propeller

Karakteristik dari *propeller B-Series* ketika kondisi *open water test* telah ditunjukkan

pada diagram $K_T - K_Q - J$. Setiap jenis dari *propeller B-Series* memiliki karakteristik kurva kinerja yang berbeda, maka dari itu penelitian terhadap karakteristik baling-baling kapal tidak dapat digeneralisasikan untuk semua model atau tipe dari baling-baling [9]. Model persamaan karakteristik kinerja baling-baling kapal dapat dihitung dengan persamaan:

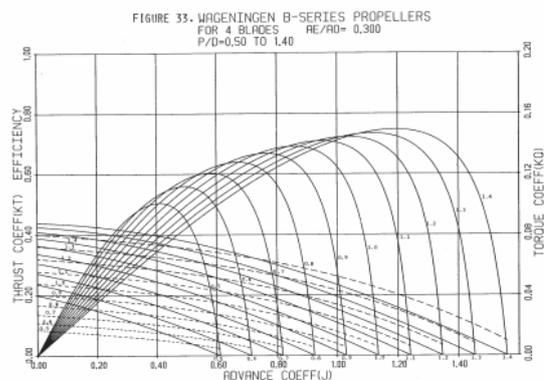
$$K_T = \frac{T_{prop}}{\rho \times n^2 \times D^4} \quad (4)$$

$$K_Q = \frac{Q_{prop}}{\rho \times n^2 \times D^5} \quad (5)$$

$$J = \frac{V_a}{n \times D} \quad (6)$$

$$\eta_o = \frac{T \times V_a}{2 \times \pi \times n \times Q} \quad (7)$$

Pembacaan grafik tersebut akan menghasilkan nilai K_T dan K_Q yang kemudian disubstitusikan kedalam rumus untuk menentukan nilai J dan Q *propeller* [10].



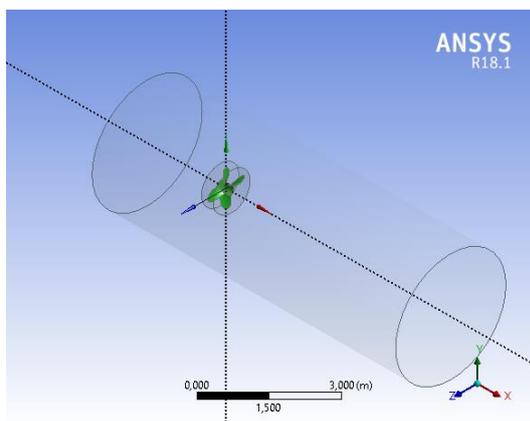
Gambar 2. Grafik K_T-K_Q-J *B-Series Propeller*
 Gambar 2 memperlihatkan grafik yang digunakan khusus pada *propeller* dengan tipe daun 4, nilai A_e/A_o 0,3, dan nilai P/D berkisar 0,5 sampai 1,4.

2.6. Simulasi Computation Fluid Dynamic

Proses simulasi numerik pada *CFD* pada dasarnya sama dengan *software* sejenisnya, pada penelitian ini menggunakan perhitungan *solver Fluid Flow Analys (CFX)*. Secara umum tahapan pengerjaan simulasi numerik ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu:

2.6.1. Tahap Geometry

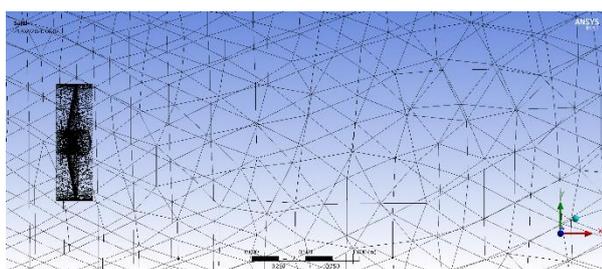
Tahap geometry adalah tahap awal untuk menentukan solid atau tidaknya model yang telah dibuat untuk kemudian dianalisis. Pada langkah pembuatan domain fluida *command* yang digunakan adalah *file > import external geometry file > enter file model > OK > generate*. Gambar 3 menunjukkan bentuk domain *propeller* dan domain fluida.



Gambar 3. Tahap *Geometry*

2.6.2. Tahap Mesh

Domain fluida terbentuk dan tiap sisi geometri telah diberi nama sesuai fungsinya maka tahap selanjutnya adalah tahap *meshing*. Semakin rapat ukuran elemen *meshing* yang digunakan maka makin banyak waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses *running* dan akan menghasilkan kapasitas file yang semakin besar.

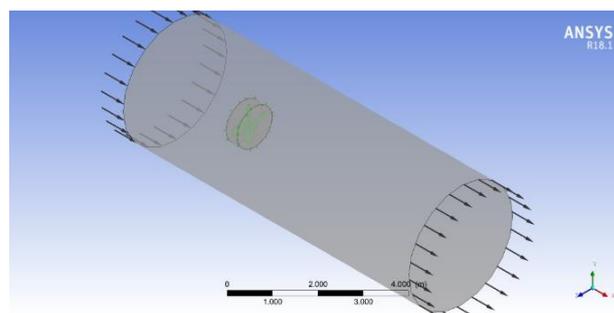


Gambar 4. Tahap *Mesh*

2.6.3. Tahap Setup

Tahap *setup* dapat dilakukan setelah tahap *meshing* selesai. *Setup* adalah langkah yang berisi tentang penentuan hal-hal yang berkaitan dengan input dan output pada simulasi yang akan dilakukan. Penetapan parameter dalam tahap ini haruslah benar, dikarenakan jika terdapat kesalahan input maka proses simulasi tidak berjalan dan akan mempengaruhi hasil yang didapatkan.

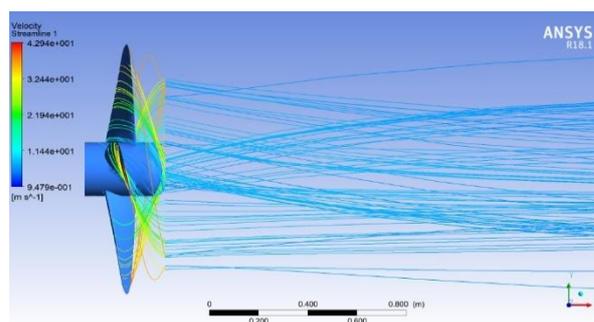
Parameter ini digunakan untuk memvalidasi hasil perhitungan *CFD* dengan perhitungan manual yang kemudian diterapkan ke variasi model *propeller*. Dalam penelitian ini dibagi menjadi dua domain yaitu fluida dan *propeller*. Domain fluida dibagi menjadi tiga sub domain yaitu *inlet*, *wall*, dan *outlet*. Gambar 5 memperlihatkan arah aliran fluida dalam uji simulasi ini.



Gambar 5. Tahap *Setup*

2.6.4. Tahap Solution dan Result

Tahap yang harus dilakukan selanjutnya adalah tahap *solution*. Dalam tahapan ini perhitungan *running* dilakukan berupa iterasi dari persamaan *CFD* sampai didapatkan hasil *covergen*. Tahap akhir adalah tahap *result*. Pada tahap ini bertujuan untuk mendapatkan bentuk aliran fluida yang disebabkan oleh putaran *propeller* beserta nilai *thrust* dan *torque*. Gambar 6 memperlihatkan arah aliran fluida yang terbentuk.



Gambar 6. Tahap *Result*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Tahanan Kapal

Perhitungan tahanan kapal dilakukan menggunakan metode *Holtrop* dengan bantuan software *Maxsurf Resistance*. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan uji tahanan dan didapatkan nilai sebesar 29,6 KN [4]. Nilai

tahanan ini digunakan untuk menentukan daya mesin yang dibutuhkan kapal.

3.2. Perhitungan Daya Mesin

Berdasarkan nilai tahanan yang didapatkan, daya efektif (EHP) yang dibutuhkan *floating fuel station* sebesar 238,07 HP, dengan daya dorong *propeller* (THP) 172,01 HP. Besarnya daya yang disalurkan oleh sistem perporosan ke *propeller* (DHP) yang kemudian dirubah menjadi daya dorong sebesar 419,24 HP.

Perancangan *floating fuel station* ini kamar mesin terletak dibagian belakang kapal, maka besar daya poros *propeller* (SHP) yang dihasilkan sebesar 432,2 HP. Dan setelah ditambahkan *gearbox* maka *floating fuel station* ini membutuhkan daya mesin (BHP) sebesar 518,85 HP. Dikarenakan dalam perancangan *floating fuel station* ini menggunakan 2 mesin penggerak, maka dipilihlah mesin diesel Yanmar dengan tipe 6CH-WUTE berdaya 206 kW dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi mesin yang dipilih

| Jenis | Yanmar |
|-----------------|-----------------|
| Tipe | 6CH-WUTE |
| Daya maksimum | 206 kW (280 HP) |
| Jumlah silinder | 6 |
| Putaran mesin | 2600 RPM |
| Panjang | 1600 mm |
| Lebar | 736 mm |
| Tinggi | 1111 mm |
| Berat | 940 kg |

Dengan nilai putaran mesin sebesar 2600 RPM maka digunakanlah *gearbox* untuk mengimbangi perbedaan putaran antara *propeller* dengan mesin. Sehingga dipilihlah *gearbox* dengan tipe Yanmar YX-71 dengan *reduction ratio* 3,53:1

3.3. Pemilihan Propeller

Hasil perhitungan nilai *Velocity Advance* dan nilai B_p akan digunakan untuk pembacaan diagram $B_p-\delta$ dengan cara mengaplikasikan hasil perhitungan tersebut kedalam berbagai tipe diagram *propeller B-Series*. Dalam penelitian ini hanya dilakukan pembacaan diagram $B_p-\delta$ pada tipe *propeller* berdaun 4

dikarenakan tipe *propeller* berdaun empat yang paling banyak di pasaran. Kemudian hasil dari pembacaan dan perhitungan dibuat tabulasinya.

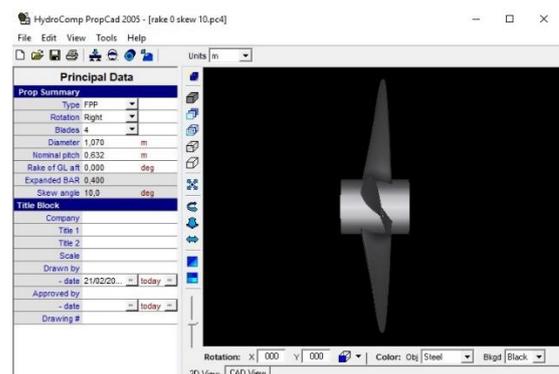
Hasil pembacaan diagram dan perhitungan *propeller B-Series* didapatkan jenis *propeller* tipe B4-40 dengan lebar diameter 1,07 m. Lebar *propeller* yang dipilih telah sesuai syarat diameter maksimal. Spesifikasi lengkap dapat dibaca pada Tabel berikut:

Tabel 3. Spesifikasi *Propeller*

| Item | Ukuran |
|-------------|--------|
| Tipe | B4-40 |
| Jumlah daun | 4 |
| Ae/Ao | 0,4 |
| Db | 1,07 |
| P/D | 0,59 |
| η | 0,425 |

3.4. Pemodelan Propeller

Hasil data *propeller* yang diperoleh digunakan sebagai input pada *software Hydrocomp Propcad* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Kemudian dilakukan pembuatan model yang kemudian jadikan benda solid sebelum dilanjutkan ketahap analisis. Untuk menjadikan model berupa benda solid dilakukan dengan bantuan *software Rhinoceros*.



Gambar 7. Pemodelan *Propeller*

3.5. Validasi Propeller

Penelitian ini memvalidasikan hasil dari uji model dengan cara membandingkan perhitungan manual nilai *thrust* dan *torque* dengan perhitungan yang dihasilkan dari proses simulasi *CFD*. Nilai *thrust* yang diperoleh dari hasil simulasi *propeller B-Series* B4-40 rake 0° skew 10° adalah 31,845 KN dan

nilai *torque* sebesar 3,581 KN.m. Acuan validasi *propeller* dalam penelitian ini menggunakan diagram $K_T - K_Q - J$ *B-Series propeller* dengan pengujian *propeller B-Series* tipe B4-40. Dengan maksimal nilai error untuk validasi antara *CFD* dengan uji hasil perhitungan diagram $K_T - K_Q - J$ sebesar 5%

Tabel 4. Validasi Nilai *Thrust*

| Hasil Perhitungan Manual (KN) | Hasil Simulasi CFD (KN) | Error (%) |
|-------------------------------|-------------------------|-----------|
| 31,534 | 31,845 | 0,98 |

Tabel 5. Validasi Nilai *Torque*

| Hasil Perhitungan Manual (KN) | Hasil Simulasi CFD (KN) | Error (%) |
|-------------------------------|-------------------------|-----------|
| 3,570 | 3,581 | 0,31 |

3.6. Hasil Simulasi

Penelitian ini hanya membandingkan model *propeller* dengan variasi sudut *rake* sebesar 0° , 5° , 10° , dan 15° serta sudut *skew* sebesar 10° , 20° , 30° , dan 40° . Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui model *propeller* yang memiliki kinerja paling maksimum dari 16 model variasi *propeller* untuk kemudian diaplikasikan pada *floating fuel station* yang telah dirancang. Berikut tabel hasil simulasi dari 16 model:

Tabel 6. Hasil simulasi *CFD* sudut *skew* 10°

| Rake | Thrust (KN) | Torque (KN.m) | Efficiency (%) |
|------------|-------------|---------------|----------------|
| 0° | 31,845 | 3,582 | 42,81 |
| 5° | 32,260 | 3,629 | 42,80 |
| 10° | 32,558 | 3,651 | 42,94 |
| 15° | 32,591 | 3,662 | 42,85 |

Tabel 7. Hasil simulasi *CFD* sudut *skew* 20°

| Rake | Thrust (KN) | Torque (KN.m) | Efficiency (%) |
|------------|-------------|---------------|----------------|
| 0° | 31,698 | 3,535 | 43,17 |
| 5° | 32,114 | 3,611 | 42,82 |
| 10° | 32,374 | 3,582 | 42,97 |
| 15° | 32,408 | 3,592 | 42,96 |

Tabel 8. Hasil simulasi *CFD* sudut *skew* 30°

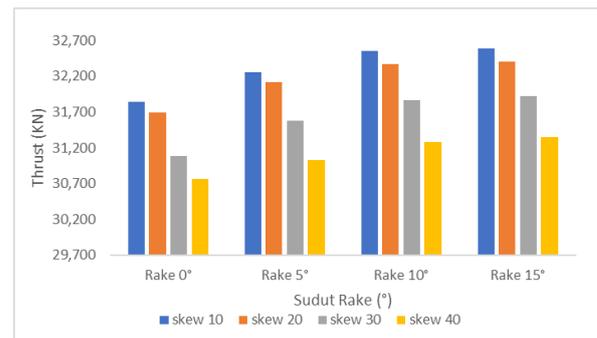
| Rake | Thrust (KN) | Torque (KN.m) | Efficiency (%) |
|------------|-------------|---------------|----------------|
| 0° | 31,090 | 3,452 | 43,36 |
| 5° | 31,576 | 3,522 | 43,16 |
| 10° | 31,869 | 3,582 | 42,84 |
| 15° | 31,922 | 3,592 | 42,79 |

Tabel 9. Hasil simulasi *CFD* sudut *skew* 40°

| Rake | Thrust (KN) | Torque (KN.m) | Efficiency (%) |
|------------|-------------|---------------|----------------|
| 0° | 30,761 | 3,418 | 43,33 |
| 5° | 31,023 | 3,471 | 43,04 |
| 10° | 31,283 | 3,491 | 43,15 |
| 15° | 31,347 | 3,508 | 43,03 |

3.6.1. Hubungan Antara Variasi Sudut Rake Terhadap Thrust

Gambar 8 dibawah menunjukkan bahwa semakin besar kenaikan sudut *rake* dengan rentang 0° sampai 15° maka nilai *thrust propeller* yang dihasilkan mengalami kenaikan. Namun semakin besar kenaikan sudut *skew* dengan rentang 10° sampai 40° maka nilai *thrust propeller* yang dihasilkan mengalami penurunan. Dari hasil simulasi ini dapat dilihat bahwa nilai *thrust* terbesar didapatkan pada sudut *rake* 15° sudut *skew* 10° sebesar 32,591 KN sedangkan nilai *thrust* terkecil terjadi pada sudut *rake* 0° sudut *skew* 40° sebesar 30,761 KN.

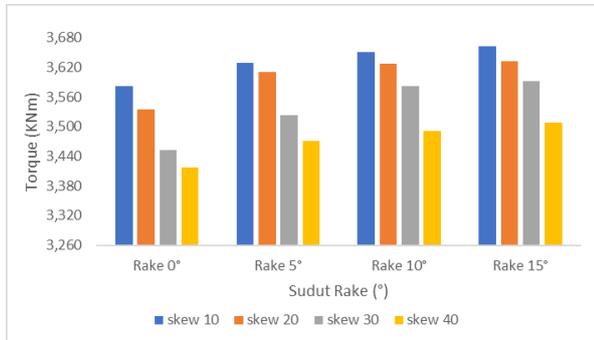


Gambar 8. Grafik perbandingan *thrust* dengan sudut *skew* hasil *CFD*

3.6.2. Hubungan Antara Variasi Sudut Rake Terhadap Torque

Berdasarkan data pada Gambar 9 dibawah dapat dilihat bahwa semakin besar sudut *rake* dengan rentang 0° sampai 15° maka nilai *torque propeller* yang dihasilkan mengalami kenaikan. Sedangkan semakin besar kenaikan sudut *skew* dengan rentang 10°

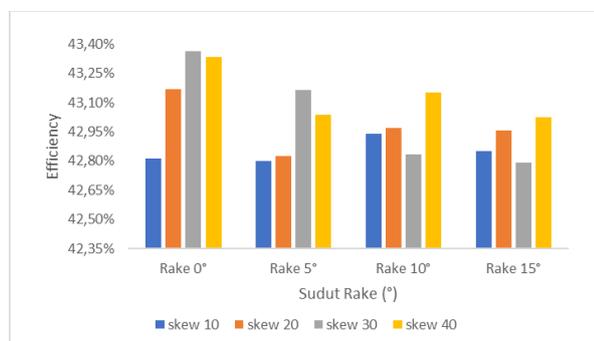
sampai 40° maka nilai *torque* yang dihasilkan mengalami penurunan. Nilai *torque* terbesar terjadi pada sudut *rake* 15° sudut *skew* 10° sebesar 3,662 KN.m sedangkan nilai *torque* terkecil pada sudut *rake* 0° sudut *skew* 40° sebesar 3,418 KN.m.



Gambar 9. Grafik perbandingan *torque* dengan sudut *skew* hasil CFD

3.6.3. Hubungan Antara Variasi Sudut Rake Terhadap Efficiency

Berdasarkan grafik pada Gambar 10 disamping menunjukkan bahwa perubahan nilai *efficiency* tidaklah homogen seperti yang terjadi pada perubahan nilai *thrust* dan *torque*. *Efficiency* terbesar terjadi pada *propeller* dengan variasi sudut *rake* 0° sudut *skew* 30° sebesar 43,36%. Nilai *efficiency* tergantung dari nilai J, KT, dan KQ. Nilai KT dan KQ yang mengalami perubahan namun tidak sebanding yang mengakibatkan nilai *efficiency* yang tidak konsisten, tapi bisa dilihat bahwa pada sudut *skew* 30° dan 40° nilai *efficiency* mencapai nilai tertinggi. Sudut *skew* tinggi akan membantu mengurangi getar yang berlebihan pada badan kapal [7]



Gambar 10. Grafik perbandingan *efficiency* dengan sudut *skew* hasil CFD

4. KESIMPULAN

Floating fuel station pada penelitian ini memiliki nilai tahanan total yang dihitung

menggunakan metode *Holtrop* sebesar 29,6 KN. Berdasarkan nilai tahanan tersebut, maka *propeller* yang dipilih adalah jenis *Wageningen B-Series* tipe B4-40 dengan panjang diameter 1,07 m, *pitch ratio* 0,59.

16 model variasi yang telah diuji dapat diambil kesimpulan bahwa dengan rentang 0° sampai 15° semakin besar perubahan sudut *rake* maka akan berbanding lurus dengan nilai *thrust* yang dihasilkan. Sedangkan dengan rentang 10° sampai 40° semakin besar perubahan sudut *skew* akan berbanding terbalik dengan nilai *thrust* yang dihasilkan. Nilai *thrust* terbesar dihasilkan oleh variasi *propeller* dengan sudut *rake* 15° sudut *skew* 10° sebesar 32,591 KN.

Sama halnya dengan nilai *thrust*, hasil analisis menunjukkan bahwa dengan rentang 0° sampai 15° kenaikan sudut *rake* berbanding lurus dengan nilai *torque* yang dihasilkan. Sedangkan dengan rentang 10° sampai 40° kenaikan sudut *skew* akan berbanding terbalik dengan nilai *torque* yang dihasilkan. *Torque* terkecil pada oleh variasi *propeller* dengan sudut *rake* 0° sudut *skew* 40° sebesar 3,418 KN.m.

Hasil analisis *efficiency* pada variasi *propeller* tidak konstan, hal ini terjadi karena beberapa model variasi menghasilkan nilai *thrust* dan *torque* yang tidak sebanding. Rentang sudut *rake* 0° sampai 15° dan rentang sudut *skew* 10° sampai 40° didapatkan nilai *efficiency* terbesar terjadi pada model *propeller* dengan variasi sudut *rake* 0° sudut *skew* 30° sebesar 43,36%.

Berdasarkan hasil uji coba variasi sudut *rake* dan sudut *skew* dapat diketahui bahwa dengan menggunakan mesin yang sama terjadi peningkatan performa *propeller* dalam menghasilkan daya dorong dibandingkan dengan *propeller* sebelum dilakukan variasi. Maka dari itu model variasi *propeller* yang direkomendasikan untuk *floating fuel station* dalam perancangan kali ini adalah *propeller* dengan variasi sudut *rake* 0° sudut *skew* 30° karena memiliki nilai *efficiency* terbesar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. K. Indonesia, *Evaluasi Kebijakan Dalam Rangka Implementasi Konvensi Hukum Laut Internasional (UNCLOS*

- 1982) *di Indonesia*. Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan, 2008.
- [2] E. S. Hadi, I. P. Mulyatno, and A. W. B. Santosa, "Pemberdayaan Kelompok Nelayan Tangkap Tradisional Di Kawasan Pesisir Pantai Moro Demak Dalam Upaya Peningkatan Produksi Dan Penghematan Bbm," *Kapal*, vol. 12, no. 3, pp. 151–157, 2015, doi: 10.12777/kpl.12.3.151-157.
- [3] S. Nugraha, E. S. Hadi, and B. A. Adietya, "Studi Perancangan Floating Fuel Station Untuk Memenuhi Kebutuhan Bahan Bakar Masyarakat Nelayan Pesisir Di Kabupaten Demak," *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 15, no. 2, pp. 51–61, 2018, doi: 10.14710/kpl.v15i2.19105.
- [4] B. T. Kurniawan, E. B. Djatmiko, and M. Murtedjo, "Perancangan Propeler Self-Propelled Barge," *J. Tek. ITS*, vol. 2, no. 1, 2013, doi: 10.12962/j23373539.v2i1.3142.
- [5] B. A. Adietya, A. Zakky, and A. Windyandari, "Comparative Analysis of B-Series, Au-Outline Gawn Series and Kaplan Series Propeller on Trimaran Ship using Computational Fluid Dynamics Method," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 13, no. 6, pp. 4067–4075, 2018.
- [6] R. Wiaminaddin, I. Arief, and Amiadji, "Analisis pengaruh skew angle terhadap performa propeller dengan pendekatan CFD," *Digit. Libr. Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, 2011.
- [7] H. Ghassemi, "The effect of wake flow and skew angle on the ship propeller performance," *Sci. Iran.*, vol. 16, no. 2 B, pp. 149–158, 2009.
- [8] B. Vidiarto, A. Zakki, and E. Hadi, "Analisis Pengaruh Penambahan Tip Winglet dan Variasi Sudut Rake," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2019.
- [9] P. Manik, *Buku Ajar Propulsi Kapal*. Semarang: Lembaga Pengembangan dan Penjaminan Mutu Pendidikan Universitas Diponegoro, 2008.
- [10] M. M. Bernitsas, D. Ray, and P. Kinley, *Kt, Kq and Efficiency curves for the*

wageningen B-Series Propellers. University of Michigan, 1981.