

ANALISA PERENCANAAN KONSTRUKSI STRUT PROPELLER DENGAN PROFIL NACA

Riska Amaliyah¹, Raden Dimas Endro Witjonarko², Nurvita Arumsari³

¹Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

E-mail: ramaliyah@student.ppns.ac.id¹; ²; ³

Abstract - important constructions is the construction of propeller strut. The propeller strut is a support consisting of an arm and a bearing that is attached between the propeller shaft and the hull on the stern of the ship. In this study, a modification was made to the propeller strut construction with the cross-sectional shape of the terrain in such a way that it gave the shape of the cross-sectional profile of the National Advisory Committee of Aeronautics (NACA) and formed a solid cylinder. This alternative strut design is modeled and simulated using the CFD tool in the ANSYS CFX software so that the average velocity, streamline flow, and pressure on the strut are known. And expressions with optimization with the particle swarm optimization method. The results of this study found that the NACA profile 16-021 is the best and efficient profile among 2 other profiles..

Keywords: strut propeller, Streamline, average velocity, Contour, NACA profile

1. PENDAHULUAN

Dalam ilmu *marine engineering* penentuan *propulsion system* atau sistem penggerak kapal dan teknologi penunjangnya merupakan hal yang sangat penting. Mulai dari penentuan *main engine*, *propeller*, *shaft*, *rudder*, hingga sistematika dalam sistem kemudi dan penggerak adalah hal-hal penting yang harus dikuasai oleh seorang *marine engineer*. Berkenaan dengan hal tersebut terjadi pula revolusi dalam industri perkapalan.

Salah satu komponen pada kapal yang dapat diinovasi adalah *strut*. *Strut* merupakan penyangga yang terletak pada buritan kapal dengan konstruksi memanjang vertikal dan melekat pada linggi buritan kapal dan *shaft propeller*. *Strut* ini berfungsi untuk menopang *shaft propeller* agar beban yang berada di ujung poros bisa direduksi dan juga sebagai media untuk mentransfer getaran yang ada pada poros menuju ke lambung kapal, sehingga dapat memperkecil kemungkinan terjadinya *misalignment* pada poros. Umumnya *strut* juga dikenal sebagai *bracket* dan terdapat beberapa jenis *bracket* contohnya I dan V *bracket*. Pada penelitian ini penulis bermaksud melakukan penelitian terkait dengan profil serta dimensi *strut*, sehingga diharapkan dengan pemilihan bentuk dan dimensi yang optimal dapat memberikan kerja yang maksimal terhadap kapal.

Bentuk *strut* pada penelitian ini direncanakan mengacu pada profil *National Advisory Committee for*

Aeronautics (NACA). Seperti halnya *airfoil* pada pesawat terbang serta *rudder* pada kapal, diharapkan penggunaan profil NACA ini dapat menghasilkan aliran fluida yang dapat memaksimalkan kerja dari *propeller*. Salah satunya ialah dengan meminimalisir terjadinya *eddy current* yang berlebihan disekitar konstruksi *strut* yang dalam kasus ini menyerupai turbulensi aliran. Diharapkan aliran fluida yang mengalir dan melewati *strut* dapat menuju satu titik yaitu pada *blade propeller*. Tujuan dari hal tersebut ialah untuk memberikan tekanan tambahan pada *blade propeller* agar lebih mudah berotasi dan diharapkan hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi dari kerja *propeller*. Peneliti akan terlebih dahulu menganalisa perbandingan tekanan dan aliran air disekitar *strut* saat menggunakan dan tidak menggunakan profil NACA sehingga dapat diketahui lebih awal pengaruh dari perubahan profil ini. Hal ini dilakukan karena peneliti tidak menemukan referensi yang berkaitan dengan pemodelan *strut* dengan profil NACA.

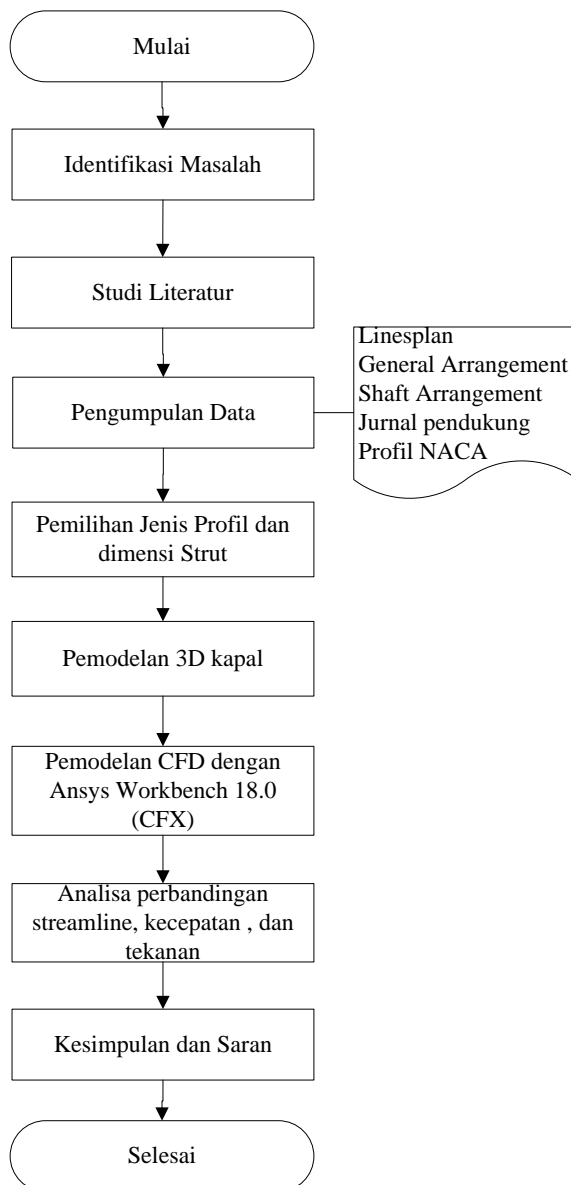
Pada penelitian ini digunakan metode pemodelan aliran disekitar *strut* dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan aplikasi *ANSYS WORKBENCH 18.0* dengan sistem analisa *Fluid Flow* (CFX). Aplikasi ini akan membantu dalam memodelkan aliran yang terjadi disekitar *strut* sehingga saat terjadi *eddy current* yang berlebihan dan tekanan yang berlebihan pada *strut* dapat dihindari sejak dini. Pada penelitian ini penggunaan CFD merupakan penentu dari profil

NACA yang akan dipilih untuk masuk pada proses optimasi dengan parameter penentu yaitu turbulensi aliran, kecepatan rata-rata disekitar *strut* dan *propeller*, dan tekanan pada *trailing* dan *leading edge strut*. Metode ini menjadi sangat populer dan banyak digunakan karena nilai *cost* yang rendah dan nilai akurasi dari hasil pemodelan yang cukup tinggi.

2. METODOLOGI

2.1 Diagram Alir

Langkah-langkah pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar diagram alir dibawah ini :

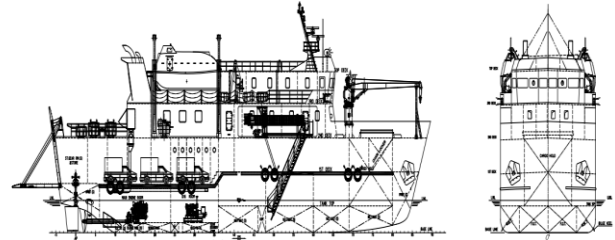


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Ukuran Utama Kapal

Pada penelitian ini kapal yang dijadikan bahan penelitian adalah kapal Ferry atau kapal penyebrangan dengan *principal dimension* sebagai berikut.

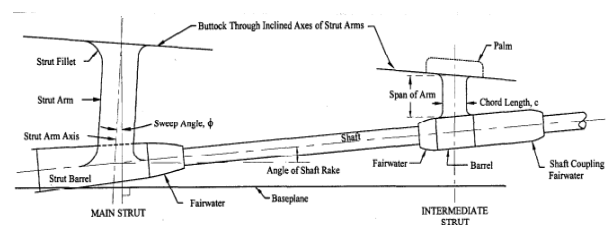
Panjang seluruh (LOA)	: 48,48 m
Panjang garis tegak (LPP)	: 42,50 m
Lebar (B)	: 12,00 m
Tinggi geladak (H)	: 3,60 m
Tinggi sarat (T)	: 2,42 m
Kecepatan (Vs)	: 12 knots
Main Engine	: 2 x 1000 HP
Awak Kapal	: 16 P



Gambar 2 Rencana Umum Kapal

2.3 Strut Propeller

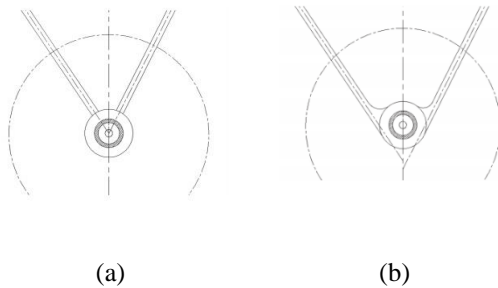
Strut merupakan salah satu konstruksi kapal yang terletak pada bagian buritan kapal yang menghubungkan antara *shaft propeller* dengan linggi buritan kapal. *Strut* sendiri terdiri dari konstruksi kapal *bearing* yang menampung bantalan poros, lengan *strut* yang menghubungkan tabung bantalan dengan lambung, dan *fairwater* yang memperlancar transisi aliran fluida dari poros ke tabung bantalan. Dalam perencanaan konstruksi *shaft strut* yang baik haruslah memberikan kekuatan dan kekakuan pada bantalan poros, memiliki gaya *drag* yang rendah, tahan terhadap kavitasi, dan memiliki desain yang efektif untuk pengeluaran biaya dan pemasangan strut tersebut. Dari segi peletakan *strut propeller* dibagi menjadi dua yaitu *main strut* dan *intermediate strut*.



Gambar 3 Main Dan Intermediate Strut Propeller [Hackett, 1999]

Fungsi utama dari strut adalah sebagai penyangga propeller, shaft, dan bantalan shaft. Strut ini harus cukup kuat untuk menahan beban static dan dinamik dari system putaran shaft, termasuk beban-beban yang dikenakan saat terjadi *crash stop* ataupun *crash reversal*. Umumnya terdapat tiga konfigurasi dasar strut, yang pertama adalah strut dengan satu lengan atau sering disebut dengan "I" strut, dan dua konfigurasi lainnya adalah dua macam strut dengan dua lengan atau biasa disebut dengan "V" strut. Pada konfigurasi "V" strut yang pertama lengan strut berpotongan membentuk sudut siku pada tabung bantalan atau sering juga disebut dengan radial strut, sedangkan yang kedua berpotongan sudut lengannya

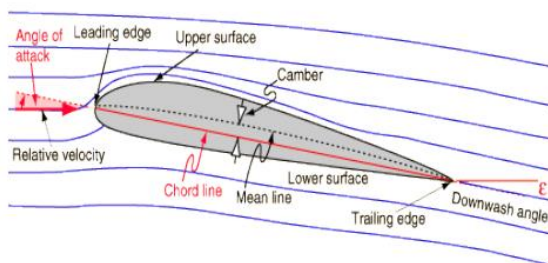
memiliki sudut yang lebih besar dan sering disebut dengan *tangensial strut*.



Gambar 4 a. Radial Strut ; b. Tangensial Strut
 [Engng *et al.*, 2013]

2.4 Profil National Advisory Committee for aeronautics (NACA)

Airfoil atau Aerofoil adalah suatu bentuk geometri yang apabila ditempatkan di suatu aliran fluida akan memproduksi gaya angkat (*lift*) lebih besar dari gaya hambat (*drag*). Gaya angkat terjadi pada airfoil karena kecepatan aliran udara di permukaan atas airfoil lebih rendah dari pada kecepatan aliran udara di permukaan bawahnya. Salah satu parameter geometris yang menentukan besarnya gaya angkat yang dihasilkan suatu airfoil adalah lokasi ketebalan maksimumnya. Airfoil NACA merupakan bentuk atau profil dari airfoil untuk sayap pesawat terbang yang dikembangkan oleh *National Advisory Committee for Aeronautics* (NACA). Profil dari airfoil NACA dibagi menjadi serangkaian digit mengikuti kata "NACA". Parameter dalam kode numerik digit ini dapat dimasukkan ke dalam persamaan untuk secara akurat menghasilkan penampang airfoil dan menghitung propertinya yang dimiliki oleh profil tersebut.



Gambar 5 Nomenklatur Airfoil NACA
 [Hidayat, 1945]

2.5 Computational Fluid Dynamic

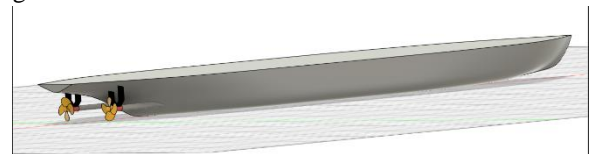
Computational Fluid Dynamics atau disebut juga CFD merupakan metode komputasi dinamika fluida yang menggabungkan proses matematika, ilmu computer dan dinamika fluida menjadi satu. Mekanika fluida sendiri merupakan disiplin ilmu yang mempelajari tentang aliran fluida yang bergerak

(dinamis) dan fluida diam (stationer) baik berupa fluida cair ataupun udara. Contoh pengaplikasiannya adalah pada aliran ombak yang ada pada lambung kapal ataupun aliran udara yang melewati pesawat terbang. Dengan menganalisa integrasi aliran fluida yang terjadi metode CFD dapat memodelkan bagaimana pendekatan aliran fluida yang akan terjadi.

Penggunaan metode CFD ini dapat digunakan dalam berbagai manfaat seperti salah satunya yang sering digunakan adalah sebagai perangkat riset. Metode ini dapat membantu para peneliti untuk memahami atau mempelajari sesuatu yang tidak dapat diamati secara langsung ataupun sulit untuk diukur, solusi yang dihasilkan juga memberikan informasi yang detail dengan parameter ruang dan waktu. Selain itu perangkat CFD ini juga mampu memberikan fungsi sebagai perangkat desain dan analisis. Dengan adanya perangkat CFD ini dapat memberikan keuntungan yang beragam mulai dari biayanya yang relative lebih murah dari pada harus membuat prototype, CFD juga memberikan hasil yang lebih detail dibandingkan dengan eksperimen terlebih untuk pengaplikasian simulasi aliran yang sulir ataupun berbahaya.

2.6. Pemodelan 3D Kapal

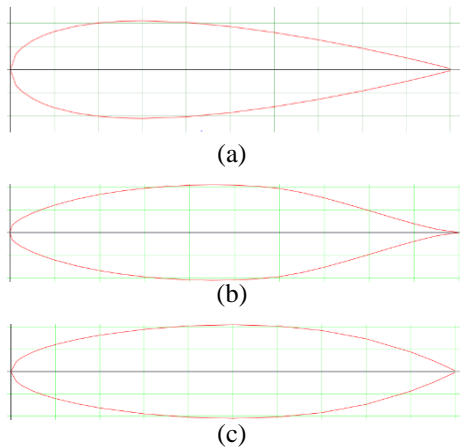
Dari data kapal yang ada dibuatlah gambar 3D dari kapal. Gambar yang dimodelkan dalam bentuk lambung kapal dengan ketinggian hingga sarat kapal tanpa menggambar bangunan atasnya. Kapal ini memiliki dua buah engine dengan dua buah *propeller*. Hasil pemodelan dari kapal ini dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Model 3D Kapal

2.7. Strut dan Dimensinya

Profil NACA dipilih karena dianggap paling efektif dan dapat memberikan aliran fluida yang lebih halus karena bentuknya yang memiliki *chamber*. Selain itu profil ini biasa digunakan untuk konstruksi *rudder*. Untuk seri profil NACA, penulis memilih 3 buah seri profil berbeda yang paling sering digunakan dalam konstruksi dibidang perkapalan. Ketiga bentuk ini memiliki bentuk yang mirip dan simetris namun dimensi dan karakter lengkungan yang berbeda. Seri profil yang dipilih adalah seri NACA 0021, NACA 16-021, dan NACA 66-021. Berikut adalah bentuk profil NACA yang dipilih sebagai bahan pertimbangan penelitian ini.



Gambar 7 Profil Strut (a) NACA 0021 (b) NACA 16-021 (c) NACA 66-021

Selanjutnya ketiga profil diberi skala sehingga didapatkan luasan yang mendekati nilai luasan awal dimana toleransi selisih sebesar 0,5%. Berikut ini data skala dan toleransi dari luasan yang sudah dibuat.

Tabel 1 Skala luasan dan toleransi profil airfoil

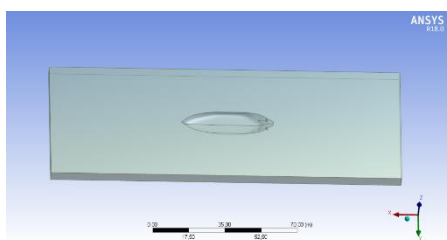
Profil	Skala	Luasan Baru (mm ²)	Luasan Asli (mm ²)	Selisih %
NACA 0021	3,74	20.100,2	19.600	0,026
NACA 16-021	3,62	20.142,8	19.600	0,028
NACA 66-021	3,78	20.074,9	19.600	0,024

2.8 Simulasi dengan bantuan perangkat lunak

Selanjutnya dilakukan pemodelan untuk menganalisa *streamline* aliran disekitar *strut*, mengetahui kecepatan rata-rata aliran disekitar *strut*, dan tekanan yang terjadi pada *trailing* dan *leading edge* airfoil. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Ansys Workbench 18.0* dengan sistem analisa *Fluid Flow (CFX)*.

a. Geometry

Tahapan *geometry* merupakan tahapan pembuatan dan penyesuaian model dari gambar 3D yang akan disimulasi. Berikut ini hasil akhir dari tahap *geometry* dapat dilihat pada gambar 8.

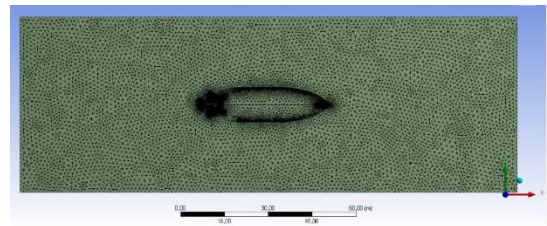


Gambar 8 Hasil dari tahap *geometry*

b. Meshing

Tahap *meshing* berfungsi untuk model yang akan dibuat sebagai elemen, sehingga selanjutnya dapat

dihitung gaya-gaya yang bekerja pada setiap elemen. Hasil dari proses *meshing* dapat dilihat pada gambar 9.



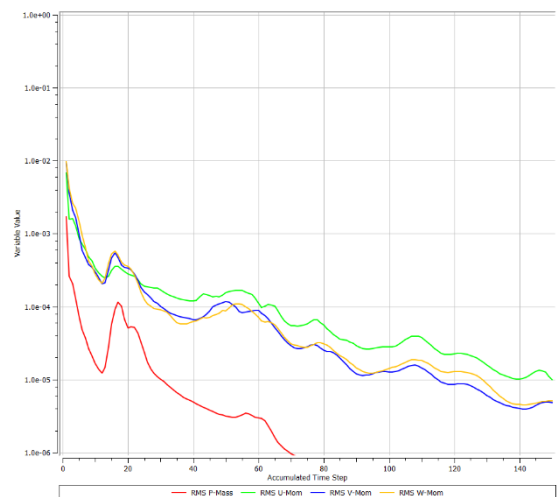
Gambar 9 Hasil dari tahap *meshing*

c. Set-up

Set-up merupakan tahapan untuk memberi *boundary* atau batasan serta sifat-sifat yang bekerja pada sistem. Karakteristik dari aliran fluida dan parameter-parameter lain yang bekerja harus disesuaikan dengan kondisi yang diinginkan oleh *user* saat kondisi simulais berlangsung.

d. Solution

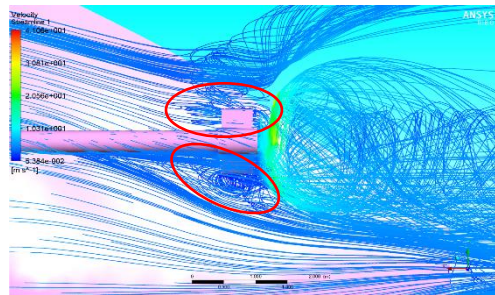
Tahap *solution* atau tahap *processore* merupakan tahapan pengerjaan atau *running* oleh perangkat lunak. Perangkat lunak akan melakukan *running* hingga beberapa iterasi dengan menggunakan persamaan dasar CFD. Output dari tahap ini berupa grafik RMS terhadap banyaknya iterasi yang terjadi. Berikut ini hasil output RMS pada existing model.



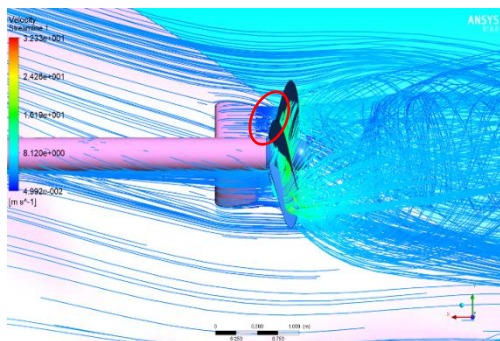
Gambar 10. Grafik RMS hasil *Running* pada *Existing model*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

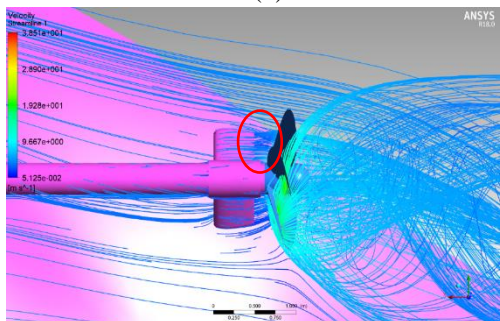
3.1. Analisa perbandingan *streamline* aliran



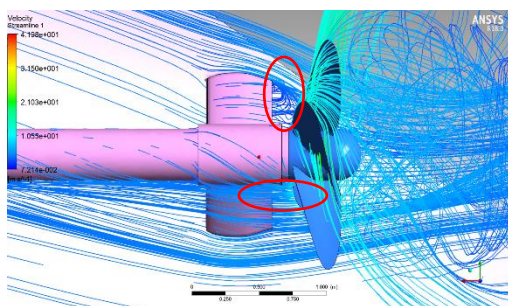
(a)



(b)



(c)



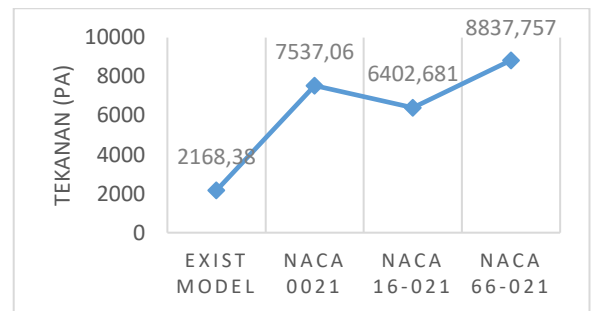
(d)

Gambar 11. Streamline aliran disekitar strut (a) exist model (b)) NACA 0021 (c) NACA 16-021 (d) NACA 66-021

Nilai streamline aliran yang baik diindikasikan dengan minimnya nilai eddy current. Dan nilai eddy current dalam penelitian ini divisualisasikan dalam bentuk turbulensi. Berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat bahwa model dengan turbulensi terkecil ada strut dengan profil NACA 16-021.

3.2. Analisa perbandingan jatuh tekanan.

Setelah menganalisa dari segi *streamline* aliran selanjutnya akan dianalisa dari segi tekanan yang terjadi pada trailing dan leading edge. Pada penelitian ini diambil nilai tekanan yang minimum dengan perbedaan tekanan yang minimum pula. Hal ini dikarenakan, tekanan yang terlalu besar akan berdampak pada konstruksi *strut* itu sendiri yang akan menyebabkan life time dari *strut* semakin pendek karena mendapat tekanan besar secara kontinyu. Berikut grafik perbandingan selisih tekanan dapat dilihat pada gambar 12.

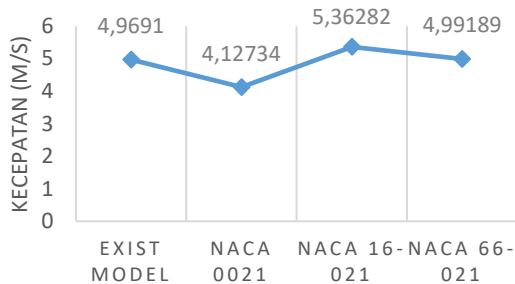


Gambar 12. Grafik perbandingan selisih tekanan.

Berdasarkan gambar diatas nilai selisih tekanan terkecil sebenarnya terjadi pada *existing* model. Hal ini disebabkan bentuk profil yang menyerupai panjeng menyebabkan tekanan terdistribusi secara merata. Namun jika dilihat dari perbandingan profil NACA, profil yang memiliki nilai selisih tekanan terkecil adalah profil NACA 16-021. Dengan demikian berdasarkan parameter tekanan profil NACA 16-021 adalah profil dengan selisih terkecil yang baik digunakan.

3.3. Analisa perbandingan kecepatan rata-rata

Pada penelitian ini diambil nilai kecepatan yang paling besar. Hal ini dikarenakan semakin besar kecepatan aliran maka nilai thrust akan semakin besar. Hal ini dapat dikaitkan dengan persamaan open water dimana nilai V_a berbanding lurus dengan nilai J . sementara semakin besar nilai J akan semakin memperbesar nilai efisiensi *propeller*. Berikut ini akumulasi perbandingan kecepatan rata-rata disekitar *strut* dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13 . Grafik perbandingan kecepatan rata-rata

Berdasarkan gambar 13 diatas dapat dilihat kecepatan tertinggi terjadi pada profil NACA 16-021 dan kecepatan terendah terjadi pada profil NACA 0021. Dengan demikian berdasarkan parameter kecepatan profil NACA 16-021 adalah yang paling efisien untuk dipilih. Setelah menganalisa ketiga parameter ternyata profil NACA 16-021 merupakan profil terbaik yang dapat dipilih sebagai profil *strut* kapal karena memenuhi kriteria dari ketiga parameter perbandingan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil kesimpulan sebagai berikut.

1. *Streamline* aliran yang terjadi pada setiap profil cenderung berbeda-beda, yang mana *eddy current* yang divisualisasi dalam turbulensi ini paling besar terjadi pada *existing* model, dan paling sedikit terjadi pada profil NACA 16-021. Sedangkan untuk selisih tekanan yang terjadi pada *exist* model, NACA 0021, NACA 16-021, dan NACA 66-021 secara berturut-turut adalah 2168,38 Pa ; 7537,06 Pa ; 6402,681 Pa ; 8837,757 Pa. Dan terakhir nilai kecepatan aliran rata-rata disekitar *strut* berturut-turut adalah 4,9691 m/s ; 4,12734 m/s ; 5,36282 m/s ; 4,99189 m/s.
2. Profil *strut* yang paling sesuai untuk konstruksi kapal yang dianalisa adalah profil NACA 16-021.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Untuk itu penulis tidak lupa mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Orang Tua penulis yang selalu memberikan dorongan moril serta materil yang sangat besar demi suksesnya penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Raden Dimas Endro Witjonarko, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1

3. Ibu Nurvita Arum Sari, S.Si., M.Si selaku. Selaku dosen pembimbing 2
4. Teman-teman kuliah yang banyak memberikan masukan mengenai penulisan laporan ini.

6. PUSTAKA

- [1] J. P. Hackett, "Propeller Shaft Strut Design," *SNAME Trans.*, vol. 307, pp. 101–126, 1999.
- [2] O. Engng, S. Jang, H. J. Lee, and Y. Ryeol, "Some practical design aspects of appendages for passenger vessels," no. 2009, pp. 50–56, 2013, doi: 10.2478/IJNAOE-2013-0006.
- [3] C. Fluid and D. Cfd, "Tutorial Komputasi Dinamika Fluida Computational Fluid Dynamics (CFD)," 2016.
- [4] E. Jacobs, K. Ward, and R. Pinkerton, "The characteristics of 78 related airfoil sections from tests in the variable-density wind tunnel," *Natl. Advis. Comm. Aeronaut.*, pp. 299–354, 1933, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [5] J. H. PRESTON, "Aerofoil Sections," *Nature*, vol. 193, no. 4816, pp. 611–611, 1962, doi: 10.1038/193611a0.

