

Perancangan Dudukan *Outboard Engine* sebagai Sarana Penunjang pada Laboratorium *Outboard Engine* Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Aloysius Yudhistira Adi Nugraha^{1*}, George Endri Kusuma², dan Widya Emilia Primaningtyas³

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia. ^{1,3}

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

E-mail: aloysiusyudhistira@student.ppns.ac.id^{1*}

Abstract - The outboard motor mount is an important piece of equipment when building an outboard motor workshop or laboratory. The outboard motor mount is needed because it is not possible to learn about the motor components with the motor attached to the hull of the boat. Therefore, it is necessary to design an outboard motor holder that fits the lot size and can be moved to facilitate the testing of the outboard motor in the test pool located outside the laboratory building. The design is carried out by making 3 models of the seat frame using the Ulrich method and Finite Element Analysis to analyze the strength of each concept. Rapid Upper Limb Assessment is used to analyze the ergonomic aspects of the three concepts. Based on Finite Element Analysis, it is known that the safety factors of concept 1, 2 and 3 are 1,985, 1,689 and 1,860 respectively. The results of the Rapid Upper Limb Assessment analysis show that the three concepts have a final score of 3. Based on the priority scale table with the criteria of evaluating manufacturing costs, ergonomics, flexibility, mass, ease of manufacture and ease of assembly, score concept 1,2 and 3 are 24%, 25% and 29% respectively. From this value, the selected concept is concept 3 as shown in the detailed drawing attachment A.

Keyword: Finite Element Analysis, Outboard Engine, Priority Scale, Rapid Upper Limb Assessment.

1. PENDAHULUAN

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya merupakan lembaga pendidikan vokasi berbasis maritim satu-satunya di Indonesia. Untuk mendukung kegiatan belajar mengajarnya, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya perlu memfasilitasi mahasiswa-mahasiswi dengan prasarana yang mendukung pesatnya perkembangan dunia industri seperti yang sudah ada pada zaman sekarang ini. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya saat ini telah memiliki banyak ruang kelas praktik yang biasa disebut dengan bengkel dan berapa lainnya adalah laboratorium.

Perkapalan merupakan fokus dari kurikulum yang digunakan pada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Pada kondisi terkini terdapat perbedaan mendasar yang membedakan penyebutan antara sebuah kapal (*ship*) dengan perahu (*boat*). Salah satu pembeda yang paling mudah digunakan untuk membedakan adalah ukurannya. Kapal memiliki ukuran yang lebih besar daripada perahu. Secara sederhana menyebutkan kapal dapat memuat perahu namun perahu tidak dapat memuat kapal [1].

Berdasarkan ukuran tersebut tentu sumber tenaga sebagai penggerak utamanya juga berbeda. Perahu yang notabene berukuran lebih kecil daripada kapal, tentu memiliki jenis mesin dengan kapasitas tenaga yang jauh lebih kecil

dengan ukuran yang lebih kecil pula. Dengan ukuran perahu yang kecil tersebut, pada masa kini banyak perahu yang memilih menggunakan motor tempel (*outboard engine*) sebagai tenaga penggerak utamanya. Motor tempel merupakan sebuah kesatuan antara motor, *gearbox*, dengan *propeller*. Oleh karena kepraktisan tersebut, perahu nelayan pada pesisir pantai umumnya menggunakan motor tempel sebagai penggerak utamanya [2].

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya saat ini telah memiliki bengkel untuk memfasilitasi pembelajaran praktik permesinan untuk kapal dengan mesin di dalam lambung atau *inboard engine*, namun belum memiliki bengkel yang dikhususkan untuk keberlangsungan pembelajaran mesin kapal untuk mesin yang terletak di luar lambung atau *outboard engine*. Oleh karena itu Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya berkerjasama dengan Yamaha untuk memberikan fasilitas kepada mahasiswa dan mahasiswinya berupa rencana pembuatan bengkel *outboard*. Mendukung hal tersebut, diperlukanlah dudukan *outboard engine* yang dapat ditempatkan pada tiap lot yang ada pada laboratorium.

Laboratorium *outboard* saat ini sudah mempunyai dudukan motor karya alumni mahasiswa Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya sendiri, namun dudukan kurang memenuhi kebutuhan kampus. Penelitian ini

bertujuan untuk merancang sebuah dudukan motor *outboard* baru yang dapat dipindahkan tempat serta ringkas sebagai tugas akhir penulis dan juga untuk membantu kampus dalam melengkapi peralatan yang diperlukan untuk mendirikan sebuah bengkel *outboard engine* tersebut.

2. METODOLOGI

2.1 Studi Lapangan

Dalam proses penelitian ini, untuk memaksimalkan hasil *output* yang berupa desain maka diperlukan studi lapangan untuk memperoleh data kualitatif untuk melakukan penelitian lebih lanjut. Studi lapangan dilakukan dengan cara melakukan observasi ke lapangan ataupun dengan wawancara dengan beberapa pihak tertentu yang dianggap lebih memiliki pemahaman terhadap permasalahan yang diangkat. Studi lapangan dilakukan pada bengkel studio gambar lama yang dipilih sebagai tempat pembangunan bengkel *outboard engine*. Studi lapangan dilakukan untuk mendapat beberapa konstrain dalam melakukan desain diantaranya adalah ukuran lot yang akan digunakan untuk bengkel dan pengukuran motor serta dudukan yang pernah dibuat oleh kampus.

2.2 Penetapan Batasan Desain

Berdasarkan hasil studi pustaka yang meliputi jurnal terkait dengan analisis kekuatan struktur menggunakan FEA, perhitungan kekuatan struktur sederhana dengan metode FEM, analisa getaran dan aspek ergonomi (RULA) dilakukan untuk memperkuat landasan ilmiah penelitian. Sedangkan studi lapangan yang telah dilakukan meliputi pengukuran getaran pada dudukan yang dimiliki kampus dan wawancara dengan pihak yang berkaitan bertujuan untuk mendapatkan data untuk memberikan batasan desain dudukan *outboard*.

2.3 Proses Desain

Dengan data yang telah diperoleh dari hasil studi lapangan dan studi pustaka maka mampu ditentukan pula batasan dalam desainnya untuk menyempitkan area perancangan hanya pada dudukan *outboard* sehingga didapatkan desain yang lebih detail sesuai dengan kebutuhan laboratorium *outboard engine* Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Proses desain dilakukan dengan menggunakan bantuan *software CAD* yaitu *Autodesk Fusion 360*.

2.4 Analisis

Ketika desain 3D telah selesai dibuat, untuk dapat mengetahui kekuatan dari desain dalam pengaplikasiannya di lapangan nanti maka perlu dilakukan analisis statis dan frekuensi modal. Analisis statis dilakukan dengan tujuan untuk

menyimulasikan beban yang nantinya akan diterima oleh struktur dudukan mesin *outboard* yang telah dibuat desain prototipenya. Kriteria yang dicari adalah struktur yang mampu menahan beban motor *outboard* dengan *safety factor* sebesar 1,5. Jika hasil analisis menunjukkan *stress* yang berlebih pada satu atau beberapa titik maka desain harus dilakukan modifikasi hingga mampu memenuhi syarat. Analisis *modal frequency* dilakukan untuk mencari tahu frekuensi alami dari struktur untuk mencegah persamaan frekuensi dari motor yang akan digunakan sehingga mampu meminimalisir resonansi yang akan timbul. Analisis dengan bantuan perangkat lunak *Autodesk Fusion 360* merupakan analisis yang menggunakan metode *Finite Element Analysis* yang menetapkan dasar-dasar perhitungan *Finite Element Method*. Metode RULA (*Rapid Upper Limb Assesment*) digunakan untuk menganalisis aspek ergonomi dari ketiga konsep yang telah dibuat.

2.5 Pemilihan Konsep

Dari ketiga konsep yang telah dibuat serta dianalisis kekuatannya tersebut akan dipertimbangkan berdasarkan skala prioritas dalam perencanaan awal hingga didapat 1 konsep yang terbaik untuk selanjutnya dibuatkan *detailed drawing*-nya. [3]

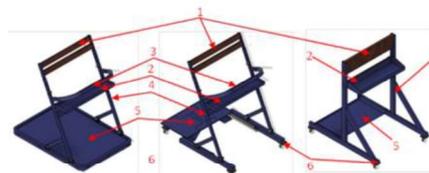
2.6 Perhitungan Biaya Manufaktur

Dari *list* komponen yang dibutuhkan hingga material apa yang digunakan untuk membuat struktur dudukan motor *outboard* akan disusun agar dapat memperkirakan berapa biaya yang dibutuhkan untuk membuat satu buah dudukan motor *outboard*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tampilan Dudukan *Outboard Engine*

Berdasarkan data-data dan batasan desain yang sudah dipaparkan pada bab sebelumnya, maka diperoleh 3 buah konsep yang dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Konsep 1, 2 dan 3 dengan (1) bantalan dudukan, (2) rak peralatan, (3) pegangan/handle, (4) struktur rangka, (5) plat penopang bak air dan (6) braket roda.

3.2 Pemilihan Material

Material dengan spesifikasi standar ASTM A36 dipilih melalui survei pasar dengan standar yang digunakan untuk material besi *hollow* struktur di Indonesia. Berdasarkan SNI-7563 standar material besi *hollow* struktur di Indonesia mengacu pada standar ASTM A36M. Detail

material *properties* ASTM A36 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Sifat Mekanik ASTM A36

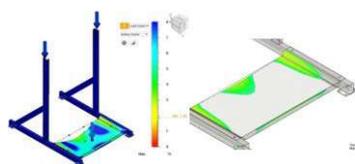
Sifat Mekanik A36	Keterangan	
Kekuatan tarik maksimal, MPa (ksi)	400-550 (58-80)	Plat, Bentuk, Batang
Titik luluh, MPa (ksi)	250 (36)	Ketebalan ≤ 200mm
	220 (32)	Tebal plat > 200mm
Elongation, %, ≥	20	Plat dan Batang 200 mm
	23	Plat dan Batang 50mm
Kekerasan <i>Brinell</i> , HB	119-162	Berdasarkan konversi dari kekuatan tarik.
Test impak <i>Charpy V-notch</i> , J (ft lbs), ≥	27 (20)	Bentuk-bentuk struktural, lokasi inti alternatif.
Modulus elastisitas <i>Young</i> , GPa (ksi)	200 (29x10 ³)	
Modulus geser, GPa (ksi)	79,3 (11,5x10 ³)	
Rasio <i>Poissons</i>	0,26	

3.3 Analisis Statis

Setelah dilakukan proses desain dan permodelan dalam bentuk 3D, ketiga konsep desain tersebut dianalisis terhadap tekanan-tekanan yang nantinya akan diterima oleh benda tersebut baik beban statis maupun dinamis (getaran)

Hasil analisis yang diperoleh dengan parameter yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu warna biru menggambarkan bahwa struktur mampu menerima beban gaya yang telah ditentukan sebelumnya, sedangkan semakin ke warna merah berarti struktur terjadi deformasi. Deformasi dalam penelitian ini masih diperbolehkan hingga batas atau *safety factor* sebesar 1,5.

Pada konsep 3 (Gambar 2) menunjukkan titik kritis struktur timbul pada plat penopang bak air untuk drum air. Meskipun terjadi titik kritis, persebaran konsentrasi tegangan dapat tersebar dengan baik sehingga masih berada dalam batas aman dengan nilai SF terkecil sebesar 1,860.



Gambar 2. Hasil analisis statis(kiri) dan titik kritis (kanan) konsep 3

3.4 Analisis Dinamis

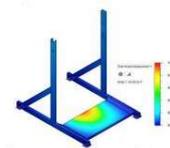
Analisis dinamis merupakan perhitungan reaksi dudukan motor terhadap gaya yang berubah-ubah (tidak tetap) yaitu getaran. Getaran yang beresonansi dapat merugikan kekuatan

struktur dan kenyamanan penggunaannya. Pengukuran frekuensi getaran dilakukan untuk mengetahui getaran yang diterima oleh dudukan ketika motor sedang beroperasi. Tujuan dilakukannya pengukuran tersebut adalah menghindari kesamaan antara frekuensi natural dudukan dengan frekuensi yang dihasilkan oleh motor sehingga meminimalisir terjadinya resonansi getaran yang dapat merusak komponen dudukan. Berdasarkan pengukuran menggunakan *vibrometer* diperoleh frekuensi getaran yang dihasilkan oleh motor adalah 54 Hz.

Simulasi menggunakan mode *Modal Frequency* untuk mencari frekuensi natural dari dudukan motor *outboard*. Dengan melakukan simulasi ini maka frekuensi yang beresonansi dengan frekuensi dari motor atau perangsang dapat diminimalisir sehingga resonansi getaran yang merugikan dudukan ataupun aspek ergonomi pengguna juga dapat diminimalisir. Simulasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Fusion 360*.

1. Mode 1

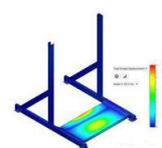
Pada konsep 3 (Gambar 3) dudukan menerima getaran dengan frekuensi 24,09 Hz. Bagian yang akan bergetar adalah plat tempat bak atau drum air. Ujung atas rangka penyangga bantalan terjadi resonansi meskipun sangat kecil.



Gambar 3. Mode 1 konsep 3

2. Mode 5

Berdasarkan simulasi dari konsep 3 penggunaan mode 5 (Gambar 4) menunjukkan bahwa plat yang berfungsi sebagai tumpuan drum atau bak air memiliki frekuensi yang berdekatan dengan frekuensi perangsang yaitu 65,3 Hz. Angka frekuensi tersebut dapat terbilang tidak terlalu dekat dengan frekuensi perangsang. Fokus atau titik pusat dari frekuensi 65,3 Hz tersebut berada pada tengah papan yang tidak memiliki titik sambungan, sehingga jika terjadi resonansi pada rentang frekuensi tersebut tidak akan menimbulkan masalah dalam jangka panjang.

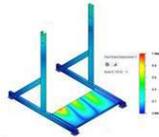


Gambar 4. Mode 5 konsep 3

3. Mode 8

Resonansi yang mungkin muncul pada konsep 3 (Gambar 5) dengan frekuensi 118 Hz

dudukan motor *outboard* akan tersebar merata dan akan terjadi resonansi yang merugikan. Namun karena frekuensi mode 8 adalah 118 Hz yang sangat jauh dari frekuensi perangsang, maka hasil frekuensi mode 8 pada konsep dapat diabaikan.

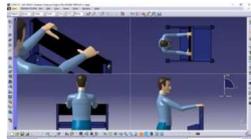


Gambar 5. Mode 8 konsep 3

Estimasi bagian yang meresonansi frekuensi perangsang pada frekuensi terdekat dari konsep 3 yaitu 20%.

3.5 Analisis RULA

Hasil analisis konsep 3 (Gambar 6) menggunakan bantuan perangkat lunak *Catia V5* diperoleh hasil *final score* sebesar 3, hasil tersebut masuk dalam kategori aman digunakan namun perlu dilakukan investigasi lebih lanjut ataupun perubahan jenis gerakan. Solusi terbaik untuk memperbaiki nilai RULA adalah dengan mengubah jenis gerakan pada simulasi dalam *Catia V*.



Gambar 6. Analisis RULA konsep 3

3.6 Perhitungan Rangka pada Konsep 3

Perhitungan berikut merupakan perhitungan yang digunakan sebagai validasi parameter yang dimasukkan ke dalam analisa menggunakan perangkat lunak, dengan menggunakan persamaan dari literatur dan diperoleh hasil sebagai berikut.

Berat motor : 55 kg
 Berat rangka vertical : 1,726 kg
 Sf beban : 1,25
 $W_{ultimate} = (\text{Berat motor} + \text{Berat rangka vertikal}) \times Sf$
 $W_{ultimate} = 70,908 \text{ kg}$
 $W_{ultimate} = 694,89 \text{ N}$
 L : 536,2 mm

Dengan menggunakan persamaan

$$M_{max} = \frac{1}{4} P \cdot L \quad [4]$$

maka diperoleh momen akibat pengaruh gaya dari luar sebesar

$$M_{max} = \frac{1}{4} 694,89 \text{ N} \times 536,2 \text{ mm}$$

$$M_{max} = 93150,474 \text{ Nmm}$$

Dengan menggunakan persamaan berikut

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{Sf.k} \quad [5]$$

dan data ASTM A36 pada tabel 1, maka perhitungan tegangan izin untuk rangka adalah

$$\sigma_{ijin} = \frac{250}{1,5 \times 1}$$

$$\sigma_{ijin} = 166,67 \text{ MPa}$$

Persamaan di bawah ini

$$l = lx' = \frac{1}{12} b \cdot h^3 - \frac{1}{12} b' \cdot h'^3 \quad [6]$$

digunakan untuk mencari besar momen inersia pada rangka dengan detail perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Height (h)} = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Breadth (b)} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Thickness} = 1,2 \text{ mm}$$

$$h' = 57,6 \text{ mm}$$

$$b' = 27,6 \text{ mm}$$

$$l_{xx} = \frac{1}{12} b \cdot h^3 - \frac{1}{12} b' \cdot h'^3$$

$$l_{xx} = 100463,155 \text{ mm}^4$$

$$l_{yy} = \frac{1}{12} b \cdot h^3 - \frac{1}{12} b' \cdot h'^3$$

$$l_{yy} = 34082,035 \text{ mm}^4$$

Deformasi yang diizinkan terjadi pada struktur rangka yang nilai L = 536,2 mm, dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Deformasi yang diizinkan} = \frac{L}{240} \quad [7]$$

$$\text{Deformasi yang diizinkan} = \frac{536,2}{240}$$

$$\text{Deformasi yang diizinkan} = 2,234$$

Besarnya deformasi yang terjadi pada rangka dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\Delta = \frac{P \cdot l^3}{48 E I_{xx}} \quad [7]$$

dengan variabel yang diketahui sebagai berikut:

$$P_{ultimate} = 712,651 \text{ N}$$

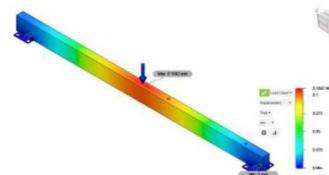
$$l = 536,2 \text{ mm}$$

$$E = 200.000 \text{ MPa}$$

$$I_{xx} = 100463,155 \text{ mm}^4$$

$$\Delta = \frac{P \cdot l^3}{48 E I_{xx}}$$

$$\Delta = 0,114 \text{ mm}$$



Gambar 7. Deformasi hasil simulasi (0,109 mm)

Besar nilai tegangan aktual berupa tegangan *bending* yang terjadi pada rangka diperoleh dengan menghitung menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_b = \frac{M \cdot y}{I} \quad [5]$$

$$I_{xx} = 100463,155 \text{ mm}^4$$

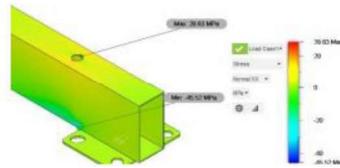
$$y = 60 \text{ mm}$$

$$M_{total} = \frac{1}{4} 712,651 \text{ N} \times 536,2 \text{ mm}$$

$$M_{total} = 95530,880 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{96630,880 \text{ Nmm} \times 60 \text{ mm}}{100463,155 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma_b = 28,527 \text{ MPa}$$



Gambar 8. Tegangan XX hasil simulasi (28,61 MPa)

Perbandingan antara hasil analisa menggunakan bantuan perangkat lunak dengan perhitungan secara manual dapat diamati pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 : Perbandingan Hasil Perhitungan

	Fusion 360	Perhitungan Manual
Deformasi	0,109 mm	0,114 mm
Tegangan	28,610 MPa	28,527 MPa

4. KESIMPULAN

Berdasarkan proses perancangan, analisis kekuatan statis dan dinamis dudukan *outboard engine* dalam penelitian yang berjudul “Perancangan Dudukan *Outboard Engine* Sebagai Sarana Penunjang Pada Laboratorium *Outboard Engine* Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya” yang telah dilakukan, kesimpulan yang diperoleh yaitu:

1. Perancangan dudukan motor *outboard* dilakukan dengan menggunakan permodelan 3D pada perangkat lunak Autodesk Fusion 360. Perancangan dilakukan menggunakan metode perancangan terintegrasi dengan menawarkan 3 konsep yang berbeda. Dalam memberikan batasan desain, dimensi disesuaikan dengan postur tubuh orang asia khususnya Indonesia serta ketiga konsep desain yang dihasilkan dianalisis lagi menggunakan metode RULA.

2. Material dipilih dengan melakukan survei pasar dan standar yang digunakan di Indonesia.
3. Analisis kekuatan struktur dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak Autodesk Fusion 360 melalui metode *Static Stress* untuk mencari reaksi struktur ketika diberikan beban yang telah ditentukan serta melalui metode *Modal Frequency* untuk mencari frekuensi natural dari konsep.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini difasilitasi oleh Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

6. PUSTAKA

- [1] Goldstein, J. (2014). *101 Amazing Facts About Ships and Boats*. Andrews UK Limited.
- [2] Waltz, G. (1951). *Popular Science* (V. Torrey, F. O. Newman, & H. C. Jensen (eds.); Vol 158 No). Godfrey Hammond.
- [3] Batan, I. M. L. (2012). *Desain Produk* (Pertama). Inti Guna Karya.
- [4] Aden, N., Zakk, A. F., & Rindo, G. (2017). Analisa Pengaruh Perubahan Jarak Gading Kapal Pada Struktur Kekuatan Kapal Ro-Ro 500 GT Untuk Mendapatkan Desain Optimal. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5, 4
- [5] Popov, E. (1984). *Mekanika Teknik* (Mechanics of Materials). Erlangga.
- [6] Prasetyo, A. (2017). RANCANG BANGUN DAN ANALISA STRUKTUR ALAT PENCETAK NASI GUNA PROSES PENCETAKAN NASI PADA USAHA KATERING
- [7] International Code Council. (2017). 2018 International Residential Code for One and Two-Family Dwellings (1st ed.). International Code Council Incorporation.