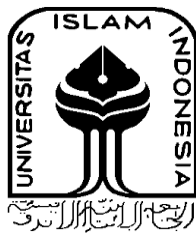


**PROSES MANUFAKTUR DAN PENGUJIAN KAPAL *CARRIAGE*
BERBASIS KOMPOSIT GUNA MENUNJANG SARANA DAN
PRASARANA WISATA BAHARI**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh:

N a m a : M. Arsyekho F.A.A

NIM : 20525065

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PROSES MANUFAKTUR DAN PENGUJIAN KAPAL *CARRIAGE*
BERBASIS KOMPOSIT GUNA MENUNJANG SARANA DAN
PRASARANA WISATA BAHARI
TUGAS AKHIR**

Disusun Oleh:

N a m a : M. Arsyekho F.A.A
NIM : 20525065

Yogyakarta, 24 Desember 2024

Pembimbing,



(Ir. Muhammad Ridlwan, S.T., M.T. IPP)

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PROSES MANUFAKTUR DAN PENGUJIAN KAPAL *CARRIAGE*
BERBASIS KOMPOSIT GUNA MENUNJANG SARANA DAN
PRASARANA WISATA BAHARI**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : M. Arsyekh Fath Al Afghan

No. Mahasiswa : 20525065

Tim Penguji

Ir. Muhammad Ridwan, S.T., M.T., IPP

Ketua


Tanggal: 3/2/2025


Ir. Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng., IPP

Anggota I


Tanggal: 3/2/2025

Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., IPP

Anggota II


Tanggal: 3/2/2025

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Universitas Islam Indonesia




(Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP.)

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Arsyekh Fath Al Afghan

NIM : 20525065

Tugas akhir dengan judul:

PENGUJIAN DAN PROSES MANUFAKTUR KAPAL *CARRIAGE* BERBASIS KOMPOSIT GUNA MENUNJANG SARANA DAN PRASARANA WISATA BAHARI

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, tugas akhir yang diajukan sebagai hasil karya sendiri ini siap ditarik kembali dan siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 24 Desember 2024


METERAI
TEN PEL
12AAMX.104236209
(M. Arsyekh Fath Al Afghan)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karuniah dan hidayat-Nya kepada saya, serta diberikannya Kesehatan dan kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir. Tak lupa nabi Muhammad Saw yang telah menuntun umat islam dari zaman jahiliah menjadi zaman yang terang-benderang ini sehingga kita dapat melakukan aktifitas dengan tenang dan nikmat.

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada ibu, alm. Ayah dan keluarga. Teruntuk Ibu dan alm. Ayah terimakasih telah mendidik dan membesarkan dengan segala kasih serta sayangnya sehingga saya bisa meyelesaikan program studi ini. Jasa-jasa yang telah beliau berikan kepada saya sungguh tidak terhitung jumlahnya yang selalu berusaha untuk memberikan apapun yang terbaik bagi anak-anaknya.

Dan untuk kakak yang selalu mendukung serta membantu dalam segala masalah yang sedang dihadapi, saya sangat berterimakasih. Dia kakak sekaligus sahabat bagi saya yang selalu mengerti tentang adiknya.

HALAMAN MOTO

*“Jika ANDA Tidak Bisa Melakukannya Dengan BAIK,
Lakukanlah Dengan CINTA.”*

- Mother Teresa

“Tidak Apa-Apa, Belajarlah Untuk Menikmati Proses.”

- Ibu Kristinah

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

(Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan)

- QS. Al-Insyirah 5

“Natas, Nitis, Netes.”

(Dari Tuhan Kita Ada, Bersama Tuhan Kita Hidup Dan Bersatu Dengan Tuhan Kita Kembali).

- Jawa

*“Hidup Bukan Tentang Menunggu Badai Berlalu, Tetapi
Mempelajari Tentang Menari Ditengah Hujan.”*

- Salma Agil Islamia

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMAKASIH

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat, hidayah dan inayah-Nya penulis dapat menyelesaikan pembuatan tugas akhir. Tugas akhir ini disusun untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 pada jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia. Tugas akhir ini juga merupakan salah satu diantara mata kuliah yang bertujuan untuk pengaplikasian pengetahuan dan pemahaman ilmu yang sudah didapatkan di bangku perkuliahan.

Selama proses pelaksanaan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih atas bantuan yang telah diberikan secara langsung maupun tidak langsung, khususnya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan kenikmatan berupa iman dan Islam kepada penulis dan Nabi Muhammad Saw beserta keluarga, sahabat-sahabatnya dan pengikutnya hingga akhir zaman.
2. Almarhum Winarno atau ayah, Kristinah atau Ibu dan Fatrilhaq syafiranisa Arkhanza selaku kakak yang sangat saya cintai.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T, M.T, IPP selaku Ketua Jurusan.
4. Bapak Agung Nugroho Adi S.T., M.T selaku wakil ketua jurusan.
5. Bapak Irfan Aditya Dharma S.T.,M.Eng Ph.D yang telah membantu saya dalam mempermudah tutup teori.
6. Bapak Muhammad Ridlwan S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing tugas akhir. Terimakasih saran, masukan dan nasihat yang membangun untuk penyempurnaan tugas akhir ini.
7. Terimakasih kepada Salma Agil Islamia yang telah memberi dukungan dan semangat dalam proses pembuatan tugas akhir ini.
8. Terimakasih kepada Ibu Seni dan Dinda yang telah menyemangati dan memberi dukungan kepada saya.
9. Aditya Pratama Romadhoni sebagai partner tugas akhir yang sudah membantu dan melancarkan proses pengerjaan tugas akhir.
10. Terimakasih kepada teman-teman seperjuangan khususnya penghuni kontrakan runkad, Aditya Pratama Romadhoni, Abdullah Gymnastiar, Muhammad Eko Saputra dan Muhammad Raihan Ammar yang telah memberi saran dan masukan kepada saya.

11. Terimakasih kepada Raka Era Viyo Maulana yang telah membimbing dan membantu dalam setiap masalah yang sedang dihadapi saat pengerjaan tugas akhir.

Yogyakarta, 24 Desember 2024

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'A' followed by several vertical strokes and a horizontal line extending to the right.

(M. Arsyekh Fath Al Afghan)

ABSTRAK

Diperlukannya pengembangan produk yang berhubungan dengan wisata Bahari baru yang inovatif dan atraktif di Indonesia. *Carriage* kapal RC yang dapat digunakan dalam sarana di bidang pariwisata. Adanya kapal RC yang dilengkapi dengan *carriage* ini bertujuan untuk membantu manusia agar dapat mengakses daerah yang sulit dijangkau. Dalam perancangan *carriage* terdapat beberapa Langkah pengerjaan, diantaranya adalah pembuatan kriteria desain, pemilihan sketsa desain, pembuatan desain dengan *software* bantuan dan pengujian pengoperasian. Adapun *software* yang digunakan adalah *Solidwork 2022* dan *software 3D print*. Kapal di desain berbentuk katamaran yang memiliki 2 lambung utama serta 1 lambung pasif untuk aerodinamis kapal tersebut. Pengujian rangkaian kapal di embung UII dengan jarak ± 50 m dengan cara *carriage* ditarik dengan kapal RC menggunakan tali sling dan diberikan bobot maksimal sebesar 3 kg. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa *carriage* yang di desain menggunakan *software Solidwork 2022* dapat beroperasi dengan normal dan mampu ditarik serta menahan beban yang sudah ditentukan. Semakin berat yang di bawa oleh *carriage* maka semakin dalam lambung terkena air dan laju kapal semakin lambat.

Kata kunci: Desain, *Carriage*, kapal RC, maritim, objek wisata, *Solidwork*.

DAFTAR NOTASI

PLA	<i>Polyatic Acid.</i>
s	Jarak Atau Perpindahan (m).
t	Waktu (s).
V	Kecepatan Atau Kelajuan (m/s)
Kg	Kilogram

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Halaman Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	iv
Halaman Persembahan.....	v
Halaman Moto	vi
Kata Pengantar Atau Ucapan Terima Kasih	vii
Abstrak.....	ix
Daftar Notasi	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian Dan Perancangan	2
1.5 Manfaat Penelitian Dan Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1 3D Print	5
2.2.2 Komposit.....	5
2.2.3 Metode <i>Vacuum Bagging</i>	5
2.2.4 Metode <i>Hand Lay-Up</i>	6
2.2.5 Komposit <i>Sandwich</i>	7
2.3 Karbon <i>Fiber</i>	7
2.3.1 Karbon <i>Fiber</i> Tipe <i>Twill Weave</i>	7
2.3.2 Karbon <i>Fiber</i> Tipe <i>Plain Weave</i>	8
2.3.3 Karbon <i>Fiber</i> Tipe <i>Forged Composite</i>	8
2.3.4 Karbon <i>Fiber</i> Tipe <i>Prepreg</i>	9

2.3.5	Karbon <i>Fiber Tipe Braided</i>	10
2.4	<i>Unmanned Surface Vehicle (USV)</i>	10
BAB III Metode Penelitian		12
3.1	Alur Penelitian	12
3.2	Observasi.....	13
3.2.1	Pemilihan Bahan.....	13
3.2.2	Pemilihan Bahan Komposit.....	13
3.3	Menentukan Kriteria Kapal <i>Carriage</i>	14
3.4	Alternatif Bentuk Pintu	14
3.5	Metode Pengujian.....	17
3.5.1	Acuan Beban.....	17
3.5.2	Pengukuran Jarak Pengujian <i>Drag</i>	18
3.6	Peralatan Dan Bahan.....	19
3.6.1	Perangkat Keras.....	19
3.6.2	Perangkat Lunak.....	19
3.6.3	Alat Dan Bahan.....	19
3.7	Proses Pembuatan Produk.....	26
3.7.1	Proses Pembuatan <i>Puzzle</i>	26
3.7.2	Pencetakan Menggunakan <i>3D Print</i>	27
3.7.3	Proses Pemasangan Bagian <i>Puzzle</i>	29
3.7.4	Proses Pengamplasan.....	29
3.7.5	Proses Pelapisan Karbon (<i>Hand Lay-Up</i>).....	30
3.7.6	Proses <i>Vacuum Bag</i>	30
3.8	Proses <i>Finishing</i>	31
3.8.1	<i>Finishing</i> Komposit.....	31
3.8.2	Proses Pendempulan.....	31
3.8.3	Proses Pengecatan.....	32
BAB IV Hasil Dan Pembahasan		34
4.1	Hasil Produk Kapal <i>Carriage</i>	34
4.2	Pengujian <i>Maneuvering</i>	35
4.3	Pengujian <i>Drag</i>	37
BAB V Penutup		40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran Atau Penelitian Selanjutnya.....	40

DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Parameter Mesin 3D Print.....	28
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian.....	35
Tabel 4. 2 Data Pengujian Drag	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mesin 3D <i>Print</i> (Sumber: https://shorturl.at/5N6cM).....	5
Gambar 2. 2 Proses <i>Vacuum bagging</i>	6
Gambar 2. 3 Metode <i>Hand Lay-Up</i> (Sumber: https://shorturl.at/YNlh8).....	6
Gambar 2. 4 Komposit <i>Sandwich</i> (Sumber: https://shorturl.at/YNlh8).....	7
Gambar 2. 5 Gambar <i>Twill Weave</i> (Sumber: https://shorturl.at/c3seg).....	8
Gambar 2. 6 Karbon <i>Plain Weave</i> (Sumber: https://shorturl.at/X34FN).....	8
Gambar 2. 7 Gambar Karbon <i>Forged</i> (Sumber: https://shorturl.at/igN6W)	9
Gambar 2. 8 Karbon <i>Prepreg</i> (Sumber: https://shorturl.at/aCYRP).....	9
Gambar 2. 9 Karbon Braided (Sumber: rb.gy/mjym7m).....	10
Gambar 2. 10 Kapal Tanpa Awak Di Bidang Militer (Sumber: rb.gy/2vafi0)	11
Gambar 2. 11 Kapal Tanpa Awak Yang Telah Di Produksi (Sumber: rb.gy/bwntmi).....	11
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian	12
Gambar 3. 2 Contoh Pintu Bentuk Oval (Sumber: https://surl.li/obwksa)	15
Gambar 3. 3 Contoh Pintu Bentuk Bulat (Sumber: https://surl.li/icspoc)	15
Gambar 3. 4 Contoh Pintu Bentuk Persegi Panjang (Sumber: https://surl.li/dcqhvw)	16
Gambar 3. 5 Contoh Pintu Geser (Sumber: https://surl.li/ynpiwu)	16
Gambar 3. 6 Hasil Pintu Kapal Carriage Hasil Pintu Kapal <i>Carriage</i>	17
Gambar 3. 7 Pengukuran Jarak Pengujian <i>Drag</i>	18
Gambar 3. 8 <i>Filament</i> PLA.....	19
Gambar 3. 9 Mesin 3D <i>Printing</i> (https://shorturl.at/5N6cM)	20
Gambar 3. 10 Lem ALF.....	20
Gambar 3. 11 Resin Polyester.....	21
Gambar 3. 12 Kuas	21
Gambar 3. 13 Amplas (Sumber: https://shorturl.at/h01Tg)	22
Gambar 3. 14 Lem Dextone (Sumber: https://shorturl.at/vCzc8).....	22
Gambar 3. 15 Sarung Tangan Latex	23
Gambar 3. 16 Timbangan	23
Gambar 3. 17 Serat Karbon	24
Gambar 3. 18 Dempul.....	24
Gambar 3. 19 Akrilik.....	25
Gambar 3. 20 Plastik Vacuum (Sumber: https://shorturl.at/5TVkx)	25

Gambar 3. 21 Cat (Sumber: https://shorturl.at/5EGb2)	26
Gambar 3. 22 Desain Kapal Carriage Sebelum Proses Pemotongan Puzzle	27
Gambar 3. 23 Desain Kapal Carriage Setelah Proses Pemotongan Puzzle	27
Gambar 3. 24 Proses Pencetakan	28
Gambar 3. 25 Proses Lem.....	29
Gambar 3. 26 Proses Pengamplasan	29
Gambar 3. 27 Proses Pelapisan Serat Karbon.....	30
Gambar 3. 28 Proses Vacuum.....	30
Gambar 3. 29 Proses Finishing Komposit	31
Gambar 3. 30 Proses Pendempulan	32
Gambar 3. 31 Proses Pengecatan	32
Gambar 3. 32 Hasil Akhir Produk	33
Gambar 4. 1 Hasil Akhir Produk	34
Gambar 4. 2 Pengujian Maneuvering	35
Gambar 4. 3 Proses Maneuvering Kapal Carriage Baik.....	36
Gambar 4. 4 Kapal <i>Cariiage</i> Dengan Beban Maksimal	36
Gambar 4. 5 Pengujian <i>Drag</i>	37
Gambar 4. 6 Grafik Data Pengujian <i>Drag</i>	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki potensi wisata yang beranekaragam, seperti: keindahan alam, keanekaragaman budaya, keramah-tamahan masyarakatnya dan juga peninggalan sejarahnya, yang disebar diseluruh provinsi dan kota yang terbentang diseluruh wilayah Indonesia sebagai potensi daya tarik wisata. Kecenderungan pariwisata dunia sudah mengarah kepada daya tarik wisata alam (*back to nature*) yang membuka peluang untuk mengembangkan berbagai bentuk wisata minat khusus (*special interest tourism*) seperti *adventure tourism, golf, marine tourism, wallness tourism, dan ecotourims*.

Wisata Bahari merupakan jenis pariwisata minat khusus dengan memanfaatkan potensi bentang alam laut dan wilayah kepebisiran baik yang dilakukan secara langsung seperti berperahu, berenang, *snorkeling, diving*, dan pancing maupun secara tidak langsung seperti olahraga pantai, piknik menikmati atmosfer laut (Nurisyah, 1998). Di satu sisi, jenis wisata ini memberikan dampak ekonomi peningkatan taraf hidup bagi masyarakat yang tinggal disekitarnya. Di sisi lain, secara ekologis wilayah pesisir yang dijadikan lokasi wisata bahari menjadi rentan terhadap bencana alam kepebisiran seperti banjir rob, erosi pantai, angin topan dan gelombang tsunami maupun dampak dari perubahan iklim (Rif'an, 2014; Kusmawan, 2013).

Potensi wilayah pesisir yang besar juga didukung oleh keindahan pemandangan pantai dan ekosistem khas yang ada disekitarnya. Penyiapan sarana dan prasarana yang optimal diperlukan guna mendukung pengembangan wisata bahari bagi pengunjung membutuhkan (Hidayat, 2011). Salah satu diantara wisata yang ada di Indonesia, wisata Bahari merupakan wisata yang banyak banyak diminati oleh wisatawan.

Wisata Bahari adalah aktivitas perjalanan yang berhubungan dengan laut atau keairan (Muljadi & Warman 2014). Aktifitas wisata Bahari tidak hanya melakukan perjalanan di laut atau keairan namun dapat berupa menikmati keindahan alam maupun melakukan aktivitas olahraga terkait air. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perkembangan wisata Bahari meliputi daya tarik wisata, ketersediaan sarana dan prasarana penunjang aktivitas wisata, partisipasi Masyarakat, keberadaan dan peran kelembagaan pariwisata, kesempatan

investasi, kualitas lingkungan, perlindungan sumberdaya, kebijakan pemerintah dan pemasaran (Nastiti & Umilia 2013).

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, upaya untuk menunjang wisata Bahari dengan cara melengkapi sarana dan prasarana yang ada pada wisata Bahari tersebut. Hal ini memberi kesempatan kepada pelajar atau Masyarakat untuk berkontribusi dalam pengembangan sarana dan prasarana wisata Bahari.

Dalam wisata Bahari tentunya terdapat wisata dan restaurant ditengah laut atau danau yang membuat daya tarik wisatawan ingin kesana. Hal tersebut tentunya diperlukannya teknologi canggih, seperti contohnya kapal *carriage* ini yang ditarik menggunakan kapal utama berbasis *remote control*. Dan itu merupakan sebuah inovasi baru dalam menunjang sarana dan prasarana wisata Bahari. Tujuan yang mendasar dari dibuatnya kapal ini yaitu memudahkan masyarakat dalam mengirimkan suatu barang atau makanan tanpa harus mengurangi keamanan dari Masyarakat itu sendiri ataupun barang yang dibawa oleh kapal *carriage*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka masalah yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh penambahan beban pada kapal *carriage* terhadap kecepatan (v) kapal secara keseluruhan?
- b. Apakah mampu kapal *carriage* mengikuti manuver kapal utama dengan beban tertentu?

1.3 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini diperlukannya batasan masalah agar proses pembuatan menjadi terarah dan jelas, diantaranya adalah:

- a. Kapal *carriage* hanya dapat digunakan pada perairan yang tenang.
- b. Pembuatan produk ini hanya fokus pada uji coba kapal.
- c. Hanya fokus pada kinerja (manuver) dan analisis kecepatan kapal.
- d. Bahan utama menggunakan *filament* PLA+.
- e. Jenis serat karbon menggunakan karbon 3K 220 gsm.

1.4 Tujuan Penelitian Dan Perancangan

Berdasarkan pemaparan yang telah disampaikan, maka tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah:

- a. Melakukan manufaktur kapal *carriage* berbasis komposit.
- b. Menguji kinerja kapal dalam hal kecepatan dengan membawa beban yang beragam.

1.5 Manfaat Penelitian Dan Perancangan

Bedasarkan tujuan yang ingin dicapai maka diharapkan memiliki manfaat bagi masyarakat secara langsung maupun tidak. Adapun beberapa manfaat yang diharapkan diantara lain:

- a. Menjadi penunjang sarana dan prasarana wisata bahari.
- b. Memberikan kontribusi pada ilmu pengetahuan dan teknologi dalam penggunaan material komposit.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada bagian ini dituliskan urutan dan sistematika penulisan yang dilakukan serta memberikan ringkasan mengenai isi masing-masing bab. Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu:

- a. BAB 1. Pendahuluan, yang berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.
- b. BAB 2. Kajian pustaka dan teori-teori yang akan dipakai pada penggunaan metode ini.
- c. BAB 3. Metodologi Penelitian, Berisikan alur penelitian, observasi, menentukan kriteria kapal *carriage*, proses pembuatan kapal *carriage* hingga finishing serta peralatan dan bahan.
- d. BAB 4. Hasil dan pembahasan, berisikan hasil akhir produk kapal *carriage*, dua macam pengujian (pengujian *maneuvering* dan pengujian *Drag*).
- e. BAB 5. Kesimpulan dan saran, berisikan kesimpulan dari hasil pembuatan kapal *carriage* dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Kajian Pustaka pertama yang digunakan sebagai dasar pada perancangan ini berjudul “Analisa Teknis Dan Ekonomis Penggunaan Material Komposit Sandwich Dengan Metode *Vacuum Infusion* Sebagai Material Kapal “oleh (Rio at al., 2016). Dalam penelitian tersebut membahas studi laminasi komposit dengan metode *vacuum infusion* dalam pembuatan galangan kapal *fiberglass*. Studi yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan data Analisa teknis dan ekonomis pembuatan komposit dengan metode *vacuum infusion*.

Kajian Pustaka kedua yaitu pada proses *3D printing* material yang digunakan adalah PLA atau *Polatic acid*. PLA adalah salah satu diantara jenis *polyester* alifatik yang didapat dari asam laktat dari sumber yang terbarukan seperti gula, pati-patian, selulosa dan gliserin sisa biodiesel (Nasiri, 2009). Penelitian ini membahas bahwa orientasi dan material pada proses *printing* memberi efek terhadap kualitas permukaan, efisiensi waktu dan kekuatan dari produk yang dihasilkan.

Pembuatan *prototype* produk *aquatic caravan* dengan menggunakan hasil 3D Print yang digabungkan dengan komposit *sandwich* dilakukan oleh (NANDA dan Zikri, 2019). Pada penelitian tersebut, produk dicetak menggunakan mesin 3D Print dengan membagi menjadi bentuk *puzzle* yang kemudian disusun sehingga membentuk *aquatic caravan* dan dilakukan proses komposit *sandwich* dengan metode *hand lay-up*. Hasil *prototype aquatic caravan* tergolong berhasil setelah diletakan diatas air untuk melakukan pengujian kebocoran, dan hasilnya didapatkan bahwa tidak ditemukannya kebocoran pada *aquatic caravan* tersebut (Wicaksono, 2019).

Dari beberapa penelitian yang sudah ditinjau diperlukannya penelitian lebih lanjut dari beberapa metode lainnya untuk meningkatkan kecepatan proses dan berbagai aplikasi industri yang dapat meningkatkan sifat mekanis dan keseimbangan operasional kapal. Dalam hal ini penulis ingin menginovasi pembuatan *body* kapal *carriage* dengan cara lain, yaitu menggabungkan material PLA dengan komposit menggunakan metode *hand lay-up* dimana material PLA memiliki kelebihan geometri yang baik dengan material komposit yang kaku digabungkan menjadi satu bagian dengan metode *hand lay-up* dan ditunjang menggunakan proses *vacuum infusion*.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 3D print

Percetakan 3D *printing* merupakan proses aditif membangun satu lapisan pada suatu waktu. Ada berbagai teknologi percetakan 3D *printing* dengan manfaat dan keterbatasan masing-masing yang dapat mencetak bagian-bagian dari bahan yang berbeda. 3D *printing* memiliki banyak kelebihan salah satu diantaranya yaitu verifikasi cepat dalam pengembangan *prototype* dan bagian volume produksi yang rendah. Namun 3D *printing* juga memiliki kelemahan salah satunya ialah ketidakmampuan untuk menghasilkan bagian dengan sifat material yang setara dengan yang dibuat (Redwood et al., 2017). Mesin 3D *print* yang digunakan dapat ditunjukkan pada gambar 2. 1.



Gambar 2. 1 Mesin 3D *Print*

(Sumber: <https://shorturl.at/5N6cM>)

2.2.2 Komposit

Komposit merupakan suatu material yang terdiri dari dua material atau lebih yang berbeda. Pengembangan komposit telah meningkatkan sistem material *modern*, komposit yang baik adalah komposit dengan bahan yang dapat meningkatkan kinerja daripada bahan penyusunnya. Komposit dianggap sebagai hasil dari desain struktural dan optimasi dimensi dari level yang berbeda (Yi et al., 2017).

2.2.3 Metode *vacuum bagging*

Vacuum bagging adalah penyempurnaan dari proses *hand lay-up* yang menggunakan konsep menciptakan vakum untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan kelebihan resin, sehingga rongga yang dibuat akan dihilangkan dari laminasi (Achmad, 2018). Ini adalah Teknik yang efektif, hemat biaya yang menggunakan tekanan vakum untuk memberikan rasio serat terhadap resin yang dioptimalkan dalam aspek kekuatan (M. Lakshmi Aparna, 2016).

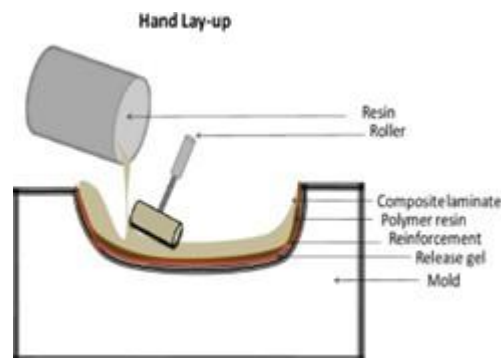
Metode *vacuum bagging* yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan alat *vacuum bag* yang berfungsi untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan kelebihan resin saat proses pembuatan material komposit. Proses *vacuum bagging* yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 2. 2.



Gambar 2. 2 Proses *Vacuum bagging*

2.2.4 Metode *hand Lay-Up*

Proses *hand lay-up* merupakan proses yang sangat mudah untuk dilakukan dalam pembuatan komposit. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperature kamar yang berkisar antara 18 °C hingga 23 °C. Proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman, rajuan atau kain. Kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan secara berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai (Nayiroh, 2017). Metode ini cocok digunakan untuk komponen yang besar dan memiliki volume yang rendah, dan adapun resin yang sering digunakan pada metode ini yaitu *polyester* dan *epoxies*. Ilustrasi dari metode *hand lay-up* dapat dilihat pada gambar 2. 3.

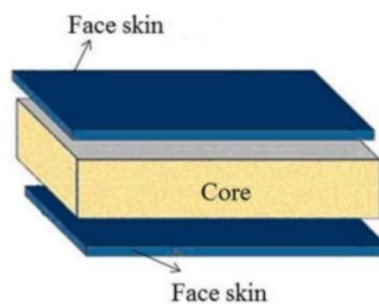


Gambar 2. 3 Metode *Hand Lay-Up*

(Sumber: <https://shorturl.at/YNlh8>)

2.2.5 Komposit *Sandwich*

Komposit *sandwich* adalah sebuah material komposit yang terdiri dari atas dua buah *skin* yang terdapat *core* diantara kedua buah *skin* tersebut (Fansuri, 2019). *Core* merupakan bagian inti dari komposit *sandwich* yang terletak pada bagian tengah dan berfungsi sebagai penambah kekuatan dan ketebalan. Selain itu *core* mempunyai syarat lain seperti *buckling*, tingkat kadar air dan umur panjang (Hariyanto, 2017). Adapun fungsi *skin* adalah untuk melindungi *core* dari kontaminasi benda asing dari luar. Ilustrasi bagian-bagian dari komposit dapat ditunjukkan pada gambar 2. 4.



Gambar 2. 4 Komposit *Sandwich*

(Sumber: <https://shorturl.at/YNlh8>)

2.3 Karbon *Fiber*

Karbon *fiber* pada dasarnya adalah benang karbon yang sangat tipis, bahkan lebih tipis daripada rambut manusia. Karbon *fiber* tersusun oleh atom yang terikat bersama untuk membentuk rantai yang panjang. Benang karbon *fiber* bisa diputar bersama-sama seperti benang serta benang dapat dijalin bersama seperti kain (Prmudiana, 2020). Ada beberapa jenis karbon *fiber* yang dapat ditemukan di pasaran, diantaranya adalah:

2.3.1 Karbon *Fiber* Tipe *Twill Weave*

Karbon *fiber* tipe *twill weave* adalah salah satu jenis yang paling umum digunakan, serat karbon tipe ini diatur dalam pola anyaman *twill* yang menghasilkan pola zig-zag yang khas. Karbon dengan tipe ini memiliki kekuatan yang tinggi, selain itu tampilan estetika pola *twill weave* juga menjadi daya tarik tersendiri. Tipe *twill weave* yang digunakan dalam penelitian kali ini, karbon jenis ini dapat dilihat pada gambar 2. 5.

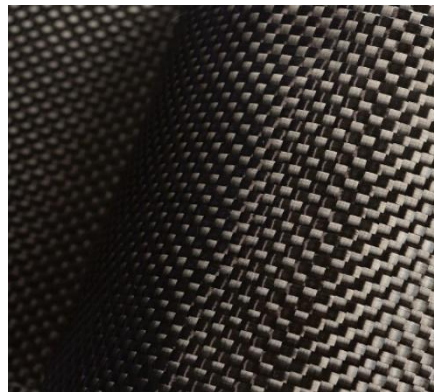


Gambar 2. 5 Gambar *Twill Weave*
(Sumber: <https://shorturl.at/c3seg>)

2.3.2 Karbon *Fiber Tipe Plain Weave*

Karbon dengan tipe *plain weave* memiliki pola anyaman yang lebih sederhana dan lurus dibandingkan dengan tipe *twill weave*. Serat-serat karbon pada tipe ini saling bersilangan secara vertikal dan horizontal membentuk pola kotak-kotak yang teratur.

Keuntungan dari tipe *plain weave* adalah kekuatannya yang tidak kalah tinggi dan bobotnya yang lebih ringan dibandingkan dengan tipe *twill weave*. Karbon tipe ini dapat ditunjukkan pada gambar 2. 6.



Gambar 2. 6 Karbon *Plain Weave*
(Sumber: <https://shorturl.at/X34FN>)

2.3.3 Karbon *Fiber Tipe Forged Composite*

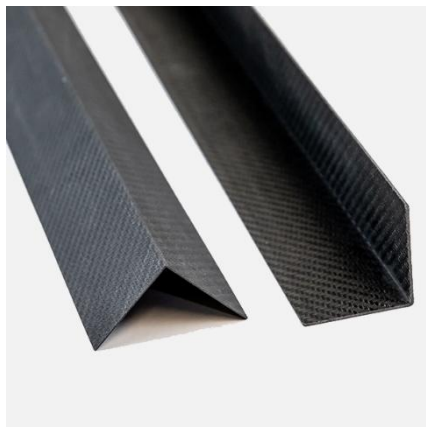
Karbon *fiber tipe forged composite* adalah jenis yang lebih baru dan inovatif. Proses pembuatannya melibatkan penggunaan serat-serat karbon yang didapatkan menggunakan tekanan dan suhu tinggi. Hal ini menghasilkan bahan yang kuat dan ringan. Keunggulan dari *forged composite* adalah mudah dibentuk mengikuti desain yang kompleks, sehingga lebih mudah digunakan agar lebih efisien. Karbon tipe *forged* dapat ditunjukkan pada gambar 2. 7.



Gambar 2. 7 Gambar Karbon *Forged*
(Sumber: <https://shorturl.at/igN6W>)

2.3.4 Karbon *Fiber Tipe Prepreg*

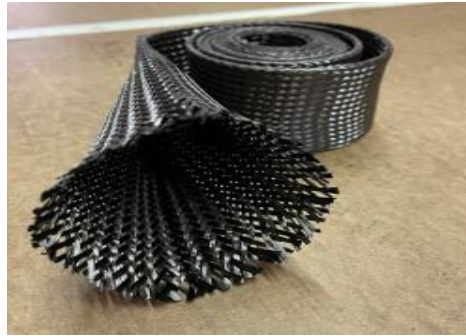
Karbon *prepreg* merupakan material yang terbuat dari serat, baik itu serat woven atau serat searah yang telah diresapi dengan resin (Tito, et al., 2023). *Prepreg* dibuat untuk memudahkan pembuatan komposit karena ketika digunakan tidak perlu diberikan material tambahan lainnya. *Carbon prepreg* umumnya digunakan dalam pembuatan bagian yang membutuhkan kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Kelebihan dari *carbon* tipe ini salah satunya ialah dapat membantu mengurangi beban dan menambah meningkatkan kekuatan material. Karbon *prepreg* dapat dilihat pada gambar 2. 8.



Gambar 2. 8 Karbon *Prepreg*
(Sumber: <https://shorturl.at/aCYRP>)

2.3.5 Karbon Fiber Tipe Braided

Karbon *fiber tipe braided* adalah jenis karbon yang terdiri dari serat-serat karbon yang dianyam secara spiral. Pola anyaman ini dapat memberikan kekuatan yang tinggi pada material dan dapat mempertahankan fleksibilitas. Tipe *braided* sering digunakan dalam pembuatan bagian yang membutuhkan kekuatan dan resistansi teradap deformasi. Tipe karbon ini dapat ditunjukkan pada gambar 2. 9.



Gambar 2. 9 Karbon Braided
(Sumber: rb.gy/mjym7m)

2.4 Unmanned Surface Vehicle (USV)

Unmanned Surface Vehicle (USV) atau *Autonomous Surface Vehicle* (ASV) adalah kendaraan tanpa awak atau kru yang dioperasikan di atas permukaan air (Hardianto dan Aryawan, 2017). Fungsi utama dari dibuatnya USV adalah menggantikan tugas manusia pada perairan khususnya sebagai alat pertahanan yang dapat menimbulkan resiko keselamatan personel yang bertugas, termasuk isu-isu globalisasi terutama yang menyangkut *human trafficking*, perompak laut, perdagangan ilegal, *illegal fishing* dan lain-lain.

Unmanned Surface Vehicle (USV) atau yang bisa disebut kapal tanpa awak telah digunakan untuk berbagai operasi militer sejak perang dunia ke dua. Semakin berkembangnya jaman yang diikuti juga dengan perkembangan teknologi yang pesat, membuat negara-negara maju berlomba-lomba mengembangkan teknologi USV ini untuk memperkuat pertahanan dan keamanan Negara masing-masing. Dalam bidang militer USV mempunyai beberapa fungsi antara lain:

- a. Intelejen, pengawasan dan pengintaian,
- b. Anti kapal selam dan anti ranjau laut,
- c. Patroli perbatasan.

Kapal USV yang digunakan dalam militer dapat dilihat pada gambar 2. 10.



Gambar 2. 10 Kapal Tanpa Awak Di Bidang Militer
(Sumber: rb.gy/2vafi0)

Adapun fungsi kapal *Unmanned Surface Vehicle* yaitu:

- a. Pemetaan laut dan batimetri,
- b. Survei lingkungan dan konservasi,
- c. Pemetaan untuk infrastruktur dan industri maritim,
- d. Pemetaan pesisir dan mitigasi bencana.

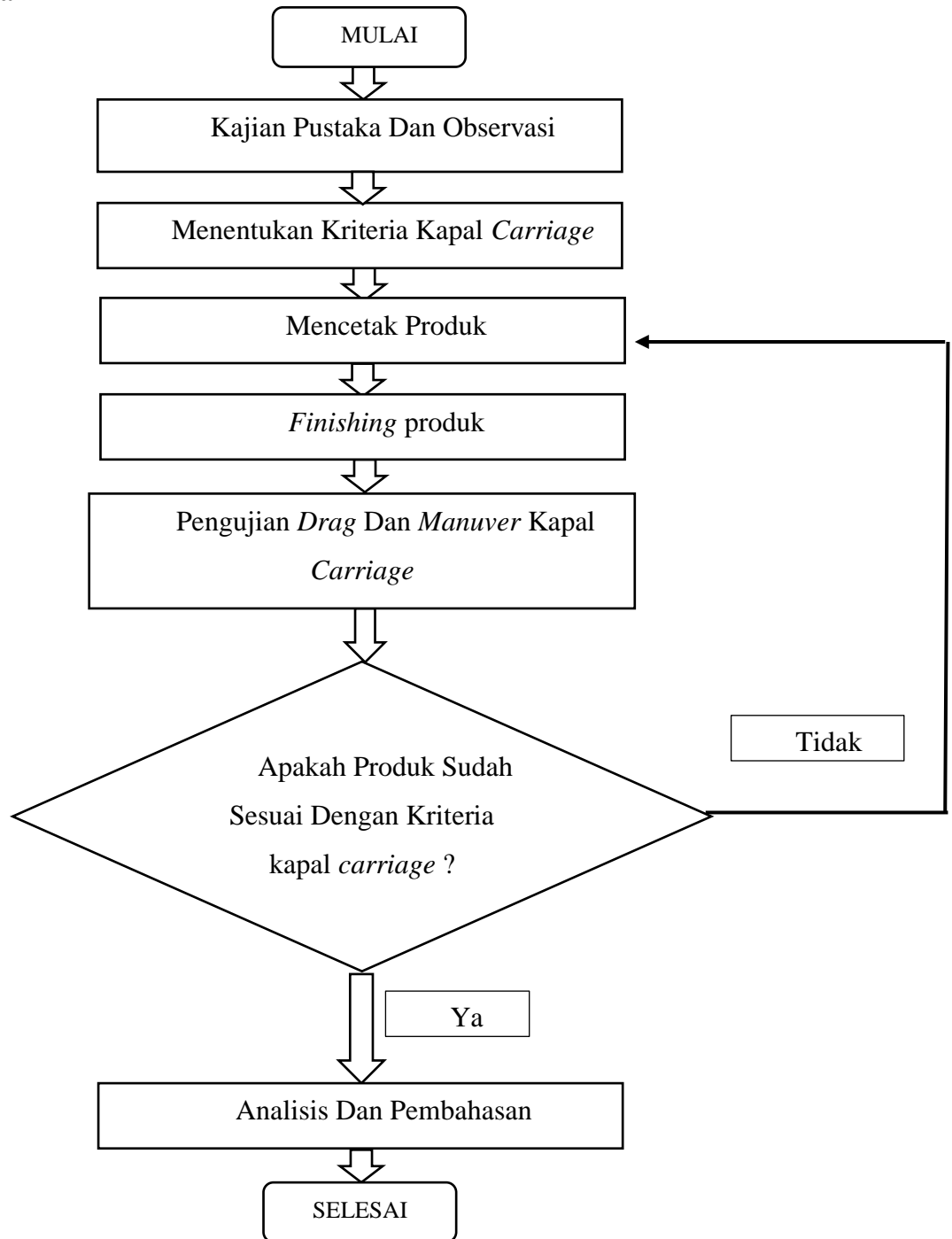
Kapal USV yang sudah beredar di pasaran dapat ditunjukkan pada gambar 2. 11.



Gambar 2. 11 Kapal Tanpa Awak Yang Telah Di Produksi
(Sumber: rb.gy/bwntmi)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Observasi

Observasi yang dimaksud bertujuan untuk mengetahui tahapan awal sebelum membuat kriteria kapal *carriage*. Kegiatan observasi ini penting dilakukan agar perancangan ini dapat dilakukan dengan baik. Melalui observasi kita mendapatkan informasi mengenai gambaran ataupun referensi tentang kapal *carriage*. Data ini akan menjadi dasar yang kuat untuk merancang kapal *carriage* yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan. Selain itu tahap observasi juga membantu dalam mengidentifikasi aspek-aspek yang perlu diperhatikan agar proses perancangan berjalan dan menghasilkan kapal *carriage* yang lebih efisien dan fungsional guna menunjang sarana dan prasarana wisata bahari.

3.2.1 Pemilihan Bahan

Bahan dasar sangatlah penting untuk menunjang kualitas dari suatu produk. Dari penelitian ini bahan dasar kapal *carriage* menggunakan filament yang dicetak menggunakan mesin 3D *print*. Ada 3 jenis dari filament yaitu filament PLA, PLA + dan filament ABS. Disini penulis memilih filament jenis PLA + dikarenakan beberapa kelebihan yang dimilikinya, yang pertama yaitu proses pencetakannya yang mudah, harga relatif murah dibandingkan filament ABS. Hasil uji struktur makro untuk filament PLA+ memiliki karakteristik permukaan yang cenderung halus, dapat dikaitkan dengan teori aerodinamis yang menjelaskan bahwa permukaan yang halus dapat mengurangi gesekan udara sehingga meningkatkan efisiensi (Ferdy et., al 2024).

3.2.2 Pemilihan Bahan Komposit

Komposit dalam penelitian atau perancangan ini berguna untuk memperkuat bagian-bagian kapal *carriage* yang riskan atau krusial. Komposit ditentukan pada bagian lambung kapal dan juga pada bagian bawah kapal yang berguna sebagai tumpuan utama beban, bagian tersebut perlu diberikan komposit. Bahan dasar komposit yang dipilih yaitu serat karbon *kevlar 3K twill 220 gsm*. Susunan dari karbon 3K yaitu sebanyak 3.000 filamen yang dapat mempertahankan profil yang ringan, yang mana jenis itu cocok dalam pembuatan produk yang membutuhkan keringanan dan kekuatan seperti contohnya pembuatan produk kapal *carriage* yang perlu ringan dan kuat.

3.3 Menentukan Kriteria Kapal *Carriage*

Dalam penelitian yang akan dilakukan, langkah awal dimulai dengan menentukan konsep dari pembuatan produk yang akan dibuat. Dalam menentukan konsep tersebut terdapat 2 langkah yang dilakukan, yaitu:

1. Identifikasi

Langkah ini dilakukan untuk merumuskan masalah yang akan dijadikan acuan dalam menentukan konsep perancangan dan pembuatan suatu produk. Terdapat dua hal utama yang dilakukan dalam tahap ini, yang pertama yaitu studi literatur, dimana informasi yang berkaitan dengan subjek penelitian dikumpulkan dan dianalisis dari berbagai sumber yang relevan. Lalu langkah selanjutnya dilakukan sebuah observasi terhadap produk komposit yang telah ada atau yang telah dibuat sebelumnya.

2. Deskripsi

Setelah didapatkannya hasil dari melakukan langkah pertama, maka selanjutnya membuat pembahasan atau deskripsi yang berkaitan dari produk yang sudah ditentukan atau akan dibuat. Beberapa macam kriteria yang sudah ditentukan dalam penelitian ini yaitu:

- a. Hasil dari produk yang akan dibuat harus bisa menahan beban kurang lebih 3 kg.
- b. Produk dapat bekerja dengan normal dan optimal.
- c. Produk dapat mengikuti *manuver* kapal utama dengan baik.

3.4 Alternatif Bentuk Pintu

Fungsi utama dan mendasar dari pintu adalah sebagai akses utama barang yang akan dimasukkan ke dalam kapal *carriage*. Sedangkan fungsi lainnya yaitu sebagai pelindung kabin, mendukung aerodinamika dengan bentuk yang ramping untuk mengurangi hambatan udara (Romadhoni, 2024). Bahan dasar yang dipilih juga harus diperhatikan, karena sangat penting untuk kekuatan dan keamanan barang yang ada di dalam kapal *carriage*

Berikut adalah alternatif bentuk pintu yang biasanya atau umum digunakan pada kapal, diantaranya adalah:

1. Bentuk oval atau elips (Elliptical/Oval)

Biasanya bentuk atau jenis pintu ini digunakan untuk pintu kedap air atau kedap cuaca. Bentuk yang melengkung pada jenis pintu ini membantu mengurangi tekanan air yang meningkatkan kekuatan struktural. Contoh pintu jenis ini dapat dilihat pada gambar 3. 2.



Gambar 3. 2 Contoh Pintu Bentuk Oval

(Sumber: <https://surl.li/obwksa>)

2. Bulat (*Circular/Round Hatch*)

Umumnya jenis pintu ini digunakan pada pintu akses ke ruang bawah kapal atau sistem peralatan tertentu dan berfungsi untuk memberikan ketahanan tekanan lebih baik dalam kondisi yang ekstrem. Contoh bentuk pintu kapal bulat dapat dilihat pada gambar 3. 3.



Gambar 3. 3 Contoh Pintu Bentuk Bulat

(Sumber: <https://surl.li/icspoc>)

3. Persegi Panjang (*Rectangular*)

Bentuk yang paling umum yang digunakan pada setiap infrastruktur adalah pintu bentuk persegi panjang. Pintu ini juga memiliki keunggulan yaitu kedap terhadap cuaca, kemudahan akses, kemudahan dalam pembuatan, stabilitas struktural dan fleksibel untuk berbagai jenis pintu. Contoh jenis pintu ini dapat dilihat pada gambar 3. 4.



Gambar 3. 4 Contoh Pintu Bentuk Persegi Panjang

(Sumber: <https://surl.li/dcqhvw>)

4. Pintu Geser (*Sliding Door*)

Biasanya pintu jenis ini berbentuk persegi panjang dengan sistem geser yang berguna untuk menghemat ruang. Pintu ini bisa berbahan logam atau kaca bergantung dengan kebutuhannya. Contoh pintu jenis ini dapat ditunjukkan pada gambar 3. 5.



Gambar 3. 5 Contoh Pintu Geser

(Sumber: <https://surl.li/ynpiwu>)

Dari sekian alternatif dari bentuk pintu, penulis memilih untuk menggunakan pintu berbentuk persegi panjang dengan menggunakan bahan akrilik dengan ketebalan 4 mm dan ditambahkan gagang besi di atasnya yang memiliki fungsi, kekuatan dan tahan terhadap air yang baik. Selain itu juga bentuk pintu persegi panjang atau *rectangular* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan bentuk pintu kapal yang lainnya yang sudah dipaparkan di atas. Adapun pintu yang telah dipilih dan dicetak dapat ditunjukkan pada gambar 3. 6.



Gambar 3. 6 Hasil Pintu Kapal Carriage Hasil Pintu Kapal *Carriage*

3.5 Metode Pengujian

Sebelum dilakukannya pengujian, perlu adanya metode yang digunakan untuk memaksimalkan proses pengujian, diantaranya adalah:

3.5.1 Acuan Beban

Dalam pengujian pada penelitian kali ini perlu beberapa beban yang digunakan untuk mengetahui kinerja dari kapal *carriage*, adapun acuan yang digunakan dalam pemilihan beban dapat dirangkum sebagai berikut:

- a. Kebutuhan kecil:
 1. Dokumen atau surat = 0,1 – 1 kg
 2. Pakaian atau Sepatu = 1 – 4 kg
 3. Elektronik kecil (*Handphone, Charger, aksesoris, dll*) = 0,5 – 3kg
 4. Makanan ringan atau oleh oleh = 1 – 2,5 kg

- b. Kebutuhan menyelam:
 1. Masker *snorkling* = 300 – 600 gram
 2. Selang pernapasan = 150 – 300 gram
 3. Fin (kaki katak) = 1 – 2 kg
 4. Pelampung *snorkling* = 500 gram – 1 kg
 5. Baju selam tipis = 1 – 2 kg

6. Tas anti air = 1 – 2 kg

7. *Action camera + casing waterproof* = 200 – 500 gram

Dari rata-rata berat yang dipaparkan, dapat disimpulkan bahwasannya barang yang berhubungan dengan bentuk sebagai penunjang sarana dan prasarana wisata bahari tidak lebih dari 4 kg. Dari kesimpulan tersebut maka kapal yang dibuat harus mampu menahan beban 4 kg, yang mana hal tersebut melebihi dari kriteria kapal *carriage* itu sendiri yang hanya mampu menahan beban 3 kg saja.

3.5.2 Pengukuran Jarak Pengujian *Drag*

Dalam pengujian *drag* yang dilakukan pada penelitian ini diperlukannya jarak untuk mengetahui kecepatan dari jarak yang ditentukan. Disini penulis menentukan jarak sepanjang 10 meter yang diukur menggunakan meteran *digital* dan *stopwatch* pada *handphone*. Pengukuran jarak untuk pengujian *drag* dapat dilihat pada gambar 3. 7.



Gambar 3. 7 Pengukuran Jarak Pengujian *Drag*

3.6 Peralatan Dan Bahan

3.6.1 Perangkat Keras

- a) Laptop
- b) *Smartphone*
- c) Mesin 3D Print
- d) Mesin Laser *Cutting*
- e) Bor

3.6.2 Perangkat Lunak

- a) *Software Solidworks 2018*
- b) *Software Cura*

3.6.3 Alat Dan Bahan

- a) *Filament PLA+*



Gambar 3. 8 *Filament PLA*

Polyactic Acid (PLA) merupakan bahan dasar pembuatan 3D *print*. PLA disini sebagai material pembuatan produk, yang mana terdapat dua jenis *filament PLA*. Yaitu *filament PLA* dan *filament PLA+*. Adapun *filament PLA+* yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar 3. 8.

b) Mesin 3D *Print*



Gambar 3. 9 Mesin 3D *Printing*
(<https://shorturl.at/5N6cM>)

Mesin 3D *print* digunakan untuk mencetak spesimen dari filament yang sudah ada. Pada proses pencetakan dengan mesin ini menggunakan suhu pada *nozzle* yaitu 220 °C dan suhu pada base menggunakan 30 °C. Adapun mesin 3D *print* yang digunakan dapat ditunjukkan pada gambar 3. 9.

c) Lem ALF



Gambar 3. 10 Lem ALF

Lem ALF berfungsi untuk perekat antara filament 3D *print* dengan serat karbon fiber. Lem ALF ini berbasis resin *epoxy* dan *hardener* yang mampu merekatkan karbon dengan filament 3D *print* dengan takarna 1:1, adapun lem yang digunakan ditunjukkan pada gambar 3. 10.

d) Resin Polyester



Gambar 3. 11 Resin Polyester

Resin *polyester* ini berfungsi untuk melindungi komposit dari sinar UV agar menambah nilai kekuatan dari komposit. Adapun pengaplikasiannya yaitu melapisi bagian komposit sebanyak 3x untuk memastikan komposit benar-benar terlindungi. Merk yang dipilih yaitu *Meryhill UV 415*, yang dapat dilihat pada gambar 3. 11.

e) Kuas



Gambar 3. 12 Kuas

Kuas digunakan untuk mengoleskan resin ke permukaan karbon yang telah ditempelkan pada filament 3D *print* yang telah dicetak. Kuas yang digunakan adalah kuas berukuran 1". Dapat ditunjukkan pada gambar 3. 12.

f) Amplas



Gambar 3. 13 Amplas

(Sumber: <https://shorturl.at/h01Tg>)

Amplas ini berfungsi untuk meratakan bagian yang masih kasar pada filament 3D *print* serta untuk menghaluskan bagian komposit agar ketika dilapisi dengan resin tidak ada gelembung yang disebabkan oleh udara yang terjebak. Ada beberapa ukuran amplas yang digunakan pada penelitian ini yaitu ukuran 100, 400 dan 800 dan dapat ditunjukkan pada gambar 3. 13.

g) Lem Dextone



Gambar 3. 14 Lem Dextone

(Sumber: <https://shorturl.at/vCzc8>)

Lem dextone berfungsi untuk menggabungkan bagian-bagian *puzzle* kapal yang telah dicetak, lem yang digunakan dapat ditunjukkan pada gambar 3. 14.

h) Sarung tangan Latex



Gambar 3. 15 Sarung Tangan Latex

Sarung tangan jenis latex ini berfungsi untuk melindungi tangan dari iritasi yang disebabkan oleh serat karbon ketika proses pembuatan komposit. Sarung tangan latex yang digunakan ditunjukkan pada gambar 3. 15.

i) Timbangan



Gambar 3. 16 Timbangan

Timbangan berfungsi untuk menakar campuran resin dengan katalis. Timbangan yang digunakan dapat ditunjukkan pada gambar 3. 16.

j) Serat Karbon



Gambar 3. 17 Serat Karbon

Serat karbon yang digunakan pada penelitian ini menggunakan jenis serat karbon *fiber twill* 100 x 50 3K 220 gsm. Serta karbon *fiber* yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar 3. 17.

k) Dempul



Gambar 3. 18 Dempul

Dempul ini berfungsi untuk meratakan bagian filament 3D *print* yang masih bergelombang atau tidak rata. Hal ini bertujuan agar ketika proses pengecatan, cat dapat merata halus di permukaan produk. Dempul yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar 3. 18.

l) Akrilik



Gambar 3. 19 Akrilik

Akrilik ini berfungsi untuk bahan dasar pembuatan pintu kapal *carriage* yang dicetak atau dipotong menggunakan mesin laser *cutting*. Adapun tebal yang dipilih sebagai bahan dasar pembuatan pintu kapal *carriage* yaitu 4mm. Dan akrilik yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar 3. 19.

m) Plastik *Vacuum*



Gambar 3. 20 Plastik *Vacuum*

(Sumber: <https://shorturl.at/5TVkx>)

Plastik *vacuum* atau *vacuum bag* berfungsi untuk menambah nilai kekuatan atau daya rekat saat proses pembuatan komposit, yang mana bertujuan menghilangkan udara agar proses perekatan bisa maksimal dan lebih efisien. Ukuran *vacuum bag* yang digunakan pada penelitian ini yaitu 90 x 100 cm dan dapat ditunjukkan pada gambar 3. 20.

n) Cat



Gambar 3. 21 Cat (Sumber: <https://shorturl.at/5EGb2>)

Cat berfungsi untuk melindungi produk dari kontaminasi benda asing dan juga menambah nilai kecantikan. Pada penelitian ini terdapat tiga macam cat, yaitu cat dasar yang berfungsi agar warna inti lebih tegas atau jelas, cat utama atau inti yang berfungsi untuk menambah nilai kecantikan dan cat clear yang berfungsi untuk finishing, agar hasil dari cat utama atau cat inti lebih mengkilap dan maksimal. Merk yang digunakan yaitu *Sapporo* dan dapat ditunjukkan pada gambar 3. 21.

3.7 Proses Pembuatan Produk

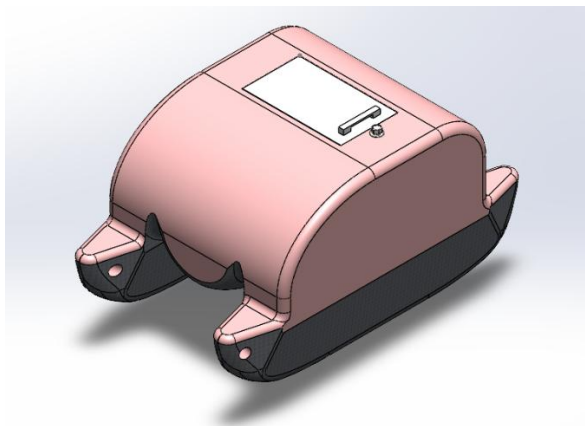
Berikut beberapa langkah langkah yang dilakukan dalam proses pencetakan produk kapal *carriage*:

3.7.1 Proses Pembuatan *Puzzle*

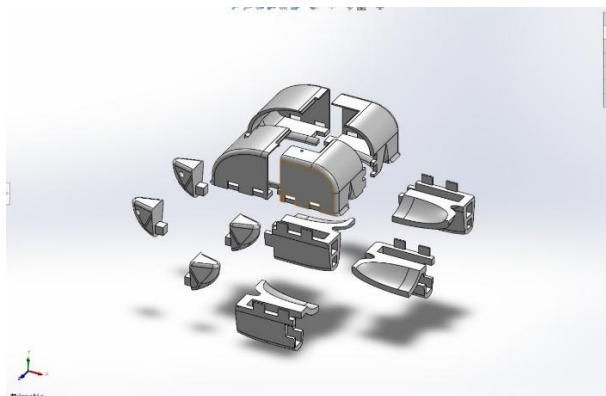
Untuk memudahkan dalam proses pencetakan, diperlukannya membagi atau memotong desain kapal *carriage* menjadi beberapa bagian menggunakan *software Solidwork 2022*. Penerapan potongan *puzzle (interlocking joints)* dalam desain kapal *carriage* berfungsi untuk efisiensi, penguatan struktur dan inovasi desain, terutama dalam konteks konstruksi modular atau berbasis teknologi seperti teknologi *3D printing*.

Potongan *puzzle* adalah metode penyambungan antar bagian struktur menggunakan bentuk *interlocking*, yang memungkinkan sambungan lebih kuat tanpa memerlukan perekat atau pengikat tambahan secara signifikan (Romadhoni, 2024). Dalam desain kapal, metode ini sering diterapkan pada sambungan panel lambung, sambungan dek dengan

lambung, komponen internal kapal (Aziz, 2017). Desain sebelum dan sesudah dilakukannya proses pemotongan *puzzle* dapat dilihat pada gambar 3. 22 dan gambar 3. 23.



Gambar 3. 22 Desain Kapal Carriage Sebelum Proses Pemotongan Puzzle



Gambar 3. 23 Desain Kapal Carriage Setelah Proses Pemotongan Puzzle

3.7.2 Pencetakan Menggunakan 3D print

Proses pembuatan tahap awal diawali dengan mencetak produk yang telah di desain pada *software Solidworks 2022* dan dibagi menjadi 12 bagian *puzzle* yang berfungsi untuk mempermudah dalam pencetakan. Dikarenakan sampai saat ini belum adanya mesin 3D *print* yang dapat mencetak produk dengan dimensi yang besar. Manfaat lainnya juga untuk mengurangi waktu yang terlalu lama dalam proses pencetakan. Merk mesin 3D *print* yang digunakan yaitu *Ender-5 Plus* dengan spesifikasi *heat bed* sampai 100 °C, *hotend* hingga 260 °C dan berdimensi 350 x 350 x 400 mm dan bahan utama pembuatan yaitu menggunakan *filament PLA+*. Adapun parameter yang digunakan saat proses pencetakan menggunakan mesin 3D *print* pada penelitian kali ini, dapat dilihat pada tabel 3. 1.

Tabel 3. 1 Parameter Mesin 3D Print

No	Parameter	Keterangan Atau Nilai
1.	<i>Bed Temperature</i>	30°C
2.	<i>Suhu Nozzle</i>	220°C
3.	<i>Wall Thickness</i>	1,2 mm
4.	<i>Layer Thickness</i>	0,20 mm
5.	<i>Infill Density</i>	20%
6.	<i>Print Speed</i>	80 mm/s
7.	<i>Z-Offset</i>	0,1 mm
8.	<i>Support Pattern</i>	<i>Lines</i>
9.	<i>Infill Pattern</i>	<i>Cubic</i>
10.	<i>Ukuran Nozzle</i>	0,4 mm
11.	<i>Fan Speed</i>	100%

Dengan parameter yang sudah dipaparkan pada tabel 3. 1, maka dilanjutkan proses pencetakan menggunakan mesin 3D *Print* yang dapat ditunjukkan pada gambar 3. 24.



Gambar 3. 24 Proses Pencetakan

3.7.3 Proses Pemasangan Bagian *Puzzle*

Setelah bagian-bagian *puzzle* terbentuk, langkah selanjutnya yaitu menenggabungkan bagian-bagian *puzzle* tersebut menjadi satu bagian. Bahan perekat yang digunakan ialah lem merk Dextone dengan perbandingan 1 : 1 antara *epoxy* dan *epoxy hardener*. Proses pemasangan bagian-bagian *puzzle* dapat dilihat pada gambar 3. 25.



Gambar 3. 25 Proses Lem

3.7.4 Proses Pengamplasan

Proses ini bertujuan untuk menghaluskan dan meratakan bagian yang akan dilapisi dengan serat karbon. Pada penelitian ini diperlukannya 3 tingkat kekasaran amplas, yang pertama dengan ukuran 100 yang berfungsi untuk meratakan bagian produk yang masih bergelombang, lalu amplas dengan ukuran 400 berfungsi untuk menghaluskan bagian produk yang telah diratakan menggunakan amplas ukuran 100 dan yang terakhir adalah amplas dengan ukuran 800 yang berfungsi sebagai proses penghalusan terakhir sebelum dilapisi dengan serat karbon. Hasil dari tahap terakhir proses pengamplasan dapat ditunjukkan pada gambar 3. 26.



Gambar 3. 26 Proses Pengamplasan

3.7.5 Proses Pelapisan Karbon (*Hand Lay Up*)

Pada tahap ini setelah produk telah halus sesuai dengan yang diinginkan, proses komposit menggunakan serat karbon dilakukan. Pertama serat karbon dibentuk polanya sedemikian rupa agar saat komposit jadi, sambungan antar serat karbon tidak terlalu terlihat. Lalu meratakan lem ALF pada permukaan produk yang akan dilapisi menggunakan serat karbon dengan perbandingan 1 : 1. Adapun metode yang digunakan pada pemasangan serat karbon adalah metode *hand lay-up*. Serat karbon yang digunakan adalah serat karbon *fiber 3K twill weave 220 gsm*. Proses pemasangan serat karbon pada produk dapat ditunjukkan pada gambar 3. 27.



Gambar 3. 27 Proses Pelapisan Serat Karbon

3.7.6 Proses *Vacuum Bag*

Pada proses ini dilakukannya proses *vacuum* menggunakan *vacuum bag* dengan ukuran 90 x 100 cm. Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan udara yang terjebak dalam proses pembuatan komposit, yang mana berfungsi untuk meningkatkan daya rekat komposit. Proses *vacuum* dapat ditunjukkan pada gambar 3. 28.



Gambar 3. 28 Proses Vacuum

3.8 Proses Finishing

Dari hasil yang sudah dibuat dalam proses-proses diatas maka dilanjutkan dengan proses finishing. Ada dua bagian yang perlu di lakukannya finishing, yaitu pada bagian komposit dan pada bagian atas kapal.

3.8.1 *Finishing Komposit*

Untuk mendapatkan hasil komposit yang maksimal, diperlukannya proses finishing, proses yang dimaksud adalah dengan cara mengoleskan bagian komposit dengan resin *polyester* dengan perbandingan 1 : 50 dengan 50 ml resin dan 1 tetes katalis sebanyak tiga lapis lalu memberikan cat *clear* untuk memberikan efek mengkilap. Proses finishing pada bagian komposit dapat ditunjukkan pada gambar 3. 29.



Gambar 3. 29 Proses Finishing Komposit

3.8.2 *Proses Pendempulan*

Pada proses ini bagian yang tidak diberikan komposit diberikan tambahan dempul untuk menutup bagian yang kasar dan kurang rata. Hal ini berfungsi agar cat dapat merata dan tidak bergelembung saat hasil akhir dari proses pengecatan. Proses pendempulan dapat ditunjukkan pada gambar 3. 30.



Gambar 3. 30 Proses Pendempulan

3.8.3 Proses Pengecatan

Tahap ini adalah tahap terakhir pembuatan produk. Yang mana langkah pertama memberikan cat dasar berwarna putih pada bagian atas produk kapal *carriage*, yang berfungsi agar warna utama atau warna inti dapat maksimal. Langkah kedua adalah memberikan warna utama yaitu warna merah maroon dengan efek lembayung sebagai warna yang telah dipilih. Fungsi dari cat utama ini yaitu sebagai penambah nilai kecantikan dari produk. Hasil dari cat utama dapat ditunjukkan pada gambar 3. 31.



Gambar 3. 31 Proses Pengecatan

Setelah dilapisi dengan cat utama maka penulis menambahkan stiker universitas sebagai penambahan nilai *aestetika*. Lalu dilanjutkannya memberikan cat *clear* sebagai cat akhir dari produk yang berfungsi untuk melindungi cat utama dari sinar UV dan juga memberikan efek mengkilap yang dapat menambah nilai kecantikan produk. Hasil akhir produk kapal *carriage* dapat ditunjukkan pada gambar 3. 32.



Gambar 3. 32 Hasil Akhir Produk

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Akhir Produk Kapal *Carriage*

Pada gambar 4. 1 ini adalah hasil akhir dari produk kapal *carriage*, yang memiliki panjang 80 cm lebar 35 cm dan tinggi 45 cm. produk ini dibentuk dari bahan dan peralatan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Setelah produk akhir jadi maka perlu dilakukannya uji coba produk untuk memastikan bahwa kapal *carriage* ini dapat berfungsi dengan normal dan optimal. Sebelum dilakukannya uji coba yang inti maka diperlukannya pengecekan terhadap fungsi mendasar kapal *carriage* yang dapat ditunjukkan pada tabel 4. 1 dan hasil akhir produk dapat dilihat pada gambar 4. 1.



Gambar 4. 1 Hasil Akhir Produk

Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian

No	Uji Coba	Pencapaian Keberhasilan	
		Ya	Tidak
1.	Kapal dapat berlayar di air yang tenang maupun ombak yang tidak melewati besar kapal.	✓	
2.	Memiliki stabilitas yang tinggi, yaitu tidak mudah terbalik dan tidak terombang-ambing pada ombak yang tidak melewati besar kapal.	✓	
3.	Tenggelam dan tidak mengapung.		✓
5.	Kapal dapat mengangkut beban hingga 3 kg.	✓	
6.	Pecah saat <i>body</i> kapal menghantam bebatuan.		✓
7.	Kinerja kapal yang kurang optimal pada saat berlayar di air tenang.		✓
8.	Penggunaan material komposit dengan menggunakan material daur ulang.	✓	

Setelah dilakukannya pengujian yang mendasar terhadap produk, maka perlu dilakukannya uji coba yang sifatnya spesifik, yaitu pengujian *maneuvering* dan pengujian *drag*.

4.2 Pengujian Maneuvering

Fungsi utama dari pengujian ini yaitu mengetahui apakah kapal *carriage* ini dapat mengikuti proses *maneuver* kapal utama. Pada pengujian ini dilakukan pada embung dengan kedalaman sekitar 4meter tanpa arus. Proses pengujian dapat ditunjukkan pada gambar 4. 2.



Gambar 4. 2 Pengujian Maneuvering

Pada pengujian ini disediakan beberapa beban yang perlu dibawa kapal *carriage* yaitu 0 – 6 kg, dengan menggunakan botol air mineral 1,5 liter. Menurut data yang dihasilkan dari pengujian, kapal *carriage* dapat mengikuti *maneuver* kapal utama dengan baik dan optimal hanya dengan beban maksimal sebesar 4 kg saja. Proses tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 4. 3.



Gambar 4. 3 Proses Maneuvering Kapal Carriage Baik

Yang mana ini sudah melebihi dari kriteria produk yang telah dibuat di awal tadi. Indikator yang menunjukkan bahwa kapal *carriage* mampu mengikuti *maneuver* kapal utama yaitu ada pada tengah bagian bawah kapal, yang mana jika bagian tengah tersebut sudah menyentuh air atau bahkan tenggelam maka kapal *carriage* telah menahan beban maksimalnya, yang dapat ditunjukkan pada gambar 4. 4.



Gambar 4. 4 Kapal Carriage Dengan Beban Maksimal

4.3 Pengujian *Drag*

Pada tahap pengujian ini berfungsi untuk mengetahui kecepatan kapal ketika membawa beban tertentu. Lokasi pengujian dan beban yang diberikan masih sama seperti pada pengujian *maneuvering* yaitu beban dari berat 0 kg hingga 6 kg pada perairan yang tenang dengan kedalaman sekitar 4 meter. Pengujian ini dilakukan pada jarak kurang lebih 10 meter yang diukur menggunakan meteran digital dan dihitung menggunakan *stopwatch* yang sudah dijelaskan pada metode penelitian. Pengujian *Drag* pada penelitian kali ini dapat ditunjukkan pada gambar 4. 5.



Gambar 4. 5 Pengujian *Drag*

Tabel 4. 2 Data Pengujian *Drag*

No	Beban (kg)	Dengan <i>Carriage</i>	Tanpa <i>Carriage</i>	Waktu (Detik)	Kecepatan (m/s)
1.	0		✓	8,41	1,18
2.	0	✓		9,79	1,02
3.	1	✓		10,27	0,97
4.	2	✓		12,17	0,82
5.	3	✓		13,28	0,75
6.	4	✓		14,61	0,68
7.	5	✓		16,87	0,59
8.	6	✓		18,96	0,52

Dari data yang sudah didapatkan maka nilai kecepatan yang dibutuhkan dapat dicari menggunakan rumus $V = \frac{s}{t}$ yang mana kecepatan setiap beban dapat dihitung sebagai berikut:

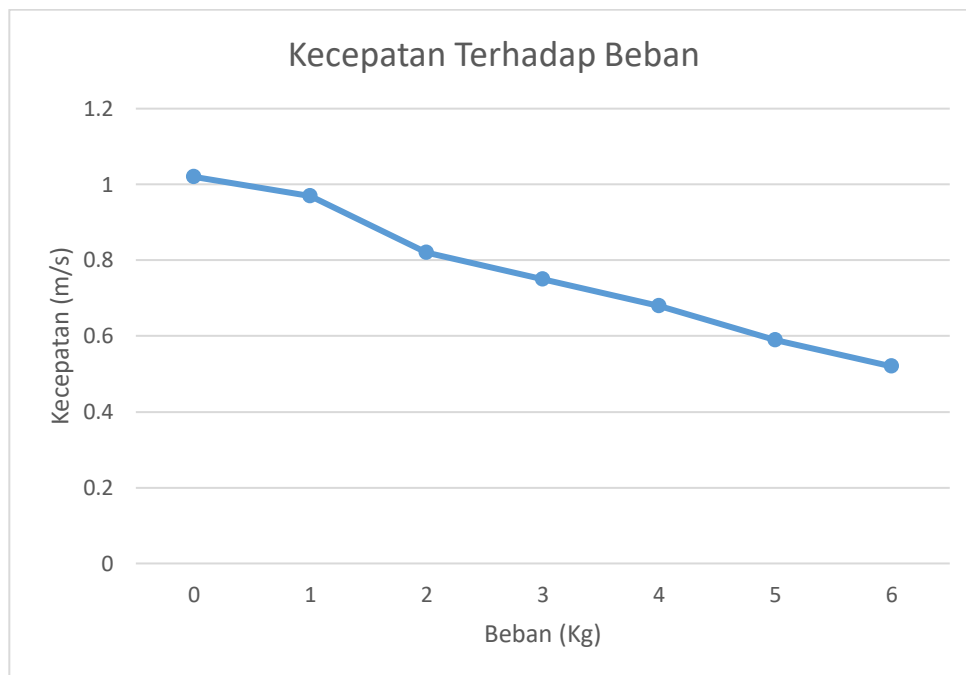
- a. Kapal utama tidak menarik kapal *carriage* dengan jarak ± 10 m didapatkan kecepatan sebesar :

$$\begin{aligned} V &= s : t \\ &= 10 \text{ m} : 8,41 \text{ s} \\ &= 1,18 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- b. Dengan berat beban 0 kg dan jarak yang ditempuh ± 10 m didapatkan kecepatan sebesar :

$$\begin{aligned} V &= s : t \\ &= 10 \text{ m} : 9,79 \text{ s} \\ &= 1,02 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Dari perhitungan nilai kecepatan yang sudah dihitung diatas maka didapatkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 4. 7.



Gambar 4. 6 Grafik Data Pengujian *Drag*

Berdasarkan grafik pada gambar 4. 7 diketahui bahwa beban 0 kg didapatkan kecepatan 1,02 m/s, pada berat 3 kg didapatkan kecepatan 0,75 m/s dan pada beban 6 kg didapatkan nilai kecepatan 0, 52. Analogi yang dapat dipaparkan mengenai hasil dari pengujian *drag* tersebut adalah, ketika beban bertambah maka semakin lambat atau berkurangnya kecepatan kapal utama dalam menarik kapal *carriage* karena kapal *carriage* akan semakin banyak bagian yang terendam atau tenggelam dalam air, dapat dilihat dalam rumus berikut:

$$P = F \cdot v$$

Yang mana P adalah daya, F adalah gaya dan v adalah kecepatan. Ketika daya itu konstan atau tetap maka akan menghasilkan gaya naik dan kecepatan yang turun. Gaya yang dimaksud pada penelitian ini adalah gaya hambat (*drag*) ketika kapal *carriage* ditambahi dengan beban. Dan ketika gaya hambat naik maka secara otomatis kecepatan yang dihasilkan akan turun atau melambat.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, hasil perancangan kapal *carriage* dengan pengaplikasian material komposit maka diketahui bahwa:

- a. Telah berhasil dibuat produk kapal *carriage* yang berbasis material komposit dengan memanfaatkan teknologi *3D print*.
- b. Kapal *carriage* mampu mengikuti *maneuvering* kapal utama dengan baik dengan beban maksimal sebesar 4 kg.

5.2 Saran Atau Penelitian Selanjutnya

Adapun dari penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa hal yang memerlukan penelitian lanjutan antara lain:

- a. Pada bagian atas produk kapal *carriage* yang tidak menggunakan material komposit, juga diperlukannya pelapisan material komposit untuk menambah kekuatan pada seluruh bagian kapal *carriage*.
- b. Perlu dilakukan pengujian *maneuvering* yang lebih spesifik, yaitu menghitung sudut belok menggunakan alat *drone*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adietya, B. A., Zakky, A. F., & Ramadhan, F. (2013). Studi pra perancangan kapal monohull katamaran trimaran di perairan Bali. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 10(1), 39-47.
- Azissyukhron, M., & Hidayat, S. (2018, October). Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode Hand Lay-up dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 9, pp. 216-220).
- Adhiyaksa, M., & Sukmawati, A. M. A. (2021). Dampak Wisata Bahari bagi Kondisi Ekonomi Masyarakat Desa Kolorai, Kecamatan Morotai Selatan, Kabupaten Pulau Morotai. *UNIPLAN: Journal of Urban and Regional Planning*, 2(2), 7-18.
- Ali, M. M. (2022). Metodologi Penelitian Kuantitatif Dan Penerapan Nya Dalam Penelitian. *JPIB: Jurnal Penelitian Ibnu Rusyd*, 1(2), 1-5.
- Aziz, A. (2017). Desain Kapal Penumpang Berbahan Kayu, untuk Wilayah Operasional Sungai Musi, 50-51.
- Hardianto, D., & Aryawan, W. D. (2017). Pembuatan konsep desain Unmanned Surface Vehicle (USV) untuk monitoring wilayah perairan Indonesia. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), G65-G70.
- Maulana, R. E. V. (2024). *Uji Coba Kapal Remote Control Berbasis Produk Komposit Guna Penunjang Wisata Maritim dengan Perairan yang Tenang* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- M. Lakshmi Aparna, D. G. (2016). Fabrication of Continuous GFRP Composites using Vacuum Bag Moulding Process. Andhra Pradesh.
- Muhammad, A. H., & Syarifuddin, D. P. PERFORMA MANEUVERING KAPAL PERIKANAN 30 GT DENGAN KONFIGURASI PROPELER ASIMETRIK
MANEUVERING PERFORMANCE OF A 30 GT FISHING VESSEL WITH
ASYMMERICAL PROPELLER CONFIGURATION.
- Nugraha, A. K., Samuel, S., & Iqbal, M. (2017). Analisa Peningkatan Performa Hambatan Kapal Katamaran MV. Laganbar menggunakan Centerbulb dan Bulbous Bow dengan Metode Computation Fluid Dynamic (CFD). *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(1).

- Pramudiana, I. (2020). *Analisa Uji Impak Komposit Matriks Epoxy-Karet 30%, 40%, 50% Penguat Serat Karbon, Rami, Dan Kenaf Sebagai Body Armor* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).
- PUTRANTO, W. (2022). *ANALISIS KAPAL TONGKANG YANG MEMBENTUR WALKWAY JETTY PORT BUNATI PT. BORNEO INDOBARA SAAT PROSES SANDAR MUAT TRANSHIPMENT* (Doctoral dissertation, POLITEKNIK ILMU PELAYARAN SEMARANG).
- Rahadiyanto, A. (2018). Perbaikan Proses Pembuatan Produk Komposit Dengan Metode Vacuum Bagging.
- Rimbawan, F. A., Setyawan, E. Y., & Widodo, B. S. (2024). Analisis Perbandingan Karakteristik Material ABS dan PLA+ Untuk Model Sudu Spiral Turbin Angin Archimedes Dengan Mesin 3D Printing. *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, 4(2), 194-198.
- Riyanto, N. S., Yudo, H., & Trimulyono, A. (2020). Analisa Kekuatan Deck Akibat Perubahan Muatan Pada Tongkang TK. NELLY-34. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(3), 454-460.
- Romadhoni, A. P. (2024). *Desain Kapal Pengangkut Barang Untuk Unmanned Surface Vehicle (USV) Pada Perairan Tenang Untuk Wisata Bahari* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Tito Jean Daniel. P., & Hartono Budi (2023) RANCANGAN BANGUN MESIN PEMBUAT PREPREG.

LAMPIRAN