

PERAHU HALUAN KATUP

DIGITALISASI DAN
PEMELIHARAAN WARISAN
MELALUI KAEDAH KEJURUTERAAN





PERAHU HALUAN KATUP

DIGITALISASI DAN PEMELIHARAAN WARISAN
MELALUI KAEDAH KEJURUTERAAN

NIK MOHD KHAIRUDDIN NIK ISMAIL

MOHD AZAHARI JOHAN

NUR AIN ABD RAHMAN

KAJIAN JANGKA PENDEK KEMENTERIAN EKONOMI

HAKCIPTA

© 2025 Universiti Teknologi MARA. Hak cipta terpelihara.

Tiada bahagian daripada penerbitan ini boleh diterbitkan semula, disimpan untuk pengeluaran atau ditukarkan dalam sebarang bentuk atau dengan sebarang cara. Sama ada secara elektronik, mekanikal, fotokopi, rakaman atau seumpamanya tanpa kebenaran bertulis daripada penerbit, kecuali untuk petikan ringkas bagi tujuan ulasan atau rujukan akademik seperti yang dibenarkan oleh undang-undang hak cipta.

Untuk permohonan kebenaran penggunaan semula bahan dalam buku ini, sila hubungi:

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknologi MARA Cawangan Terengganu
Kampus Bukit Besi
23200 Dungun, Terengganu

dengan salinan kepada:

Kementerian Ekonomi Malaysia
Menara Prisma No. 26, Persiaran Perdana, Presint 3.
Pusat Pentadbiran Kerajaan Persekutuan
62675 Putrajaya.
dan
Muzium Negeri Terengganu
Bukit Losong,
20566 Kuala Terengganu,
Terengganu

Diterbit oleh:

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknologi MARA Cawangan Terengganu
Kampus Bukit Besi
23200 Dungun,
TERENGGANU



Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan

Perpustakaan Negara Malaysia

Rekod katalog untuk buku ini boleh didapati
dari Perpustakaan Negara Malaysia

eISBN 978-629-95159-4-4

ISI KANDUNGAN	i
SENARAI SINGKATAN	ii
PRAKATA	x
01	PENGENALAN
	1.1 Latar Belakang, Objektif dan Skop Perahu Tradisional di Malaysia 1
	1.2 Konsep Pendigitalan Warisan dalam Kaedah Kejuruteraan 4
	1.3 Peranan Pendigitalan dan Cabaran Perlindungan Warisan 4
02	SEJARAH DAN PERKEMBANGAN PERAHU TRADISIONAL
	2.1 Pengenalan, Sejarah dan Perkembangan Perahu Tradisional di Malaysia 7
	2.2 Fungsi, Perubahan dan Langkah Perkembangan 8
	2.3 Perkembangan Rekaan dan Teknologi Pembuatan Perahu 9
	2.4 Kajian Kes: Warisan Perahu Tradisional yang Semakin Hilang 10
03	TEKNOLOGI DIGITALISASI UNTUK PEMELIHARAAN
	3.1 Pengenalan dan Konsep Digitalisasi Warisan Perahu Tradisional 13
	3.2 Cabaran dan Penggunaan Digitalisasi Warisan Perahu Tradisional 14
	3.3 Kaedah Pengukuran dan Model 3D 17
	3.4 Pendigitalan Reka Bentuk Perahu Tradisional 20
	3.5 Analisis Struktur Untuk Kajian Teknikal 22
04	PELAKSANAAN DIGITALISASI WARISAN PERAHU TRADISIONAL
	4.1 Pengenalan dan Konsep Pelaksanaan Pendigitalan di Malaysia 24
	4.2 Projek Perlindungan Melalui Digitalisasi di Malaysia 27
	4.3 Fungsi Institusi Penyelidikan dan Universiti 33
	4.4 Penggunaan Teknologi Realiti Maya (VR) dan Teknologi Realiti Terimbuh (AR) 35
	4.4.1 Model 3D dan Simulasi Tradisional 36
	4.4.2 Meningkatkan Aksesibiliti dan Penyebaran Pengetahuan 37

ISI KANDUNGAN

05

PENDIGITALAN ARTIFAK PERAHU HALUAN KATUP

5.1	Proses Mengukur Perahu Haluan Katup Contributions to Knowledge	38
5.2	Merekod Ukuran Perahu Haluan Katup Dalam Borang Rekod	39
5.3	Pemindahan Kepada Format Digital	41
5.4	Warisan Perahu Haluan Katup Melalui Lukisan Artistik	42
5.5	Bahagian-Bahagian Perahu Haluan Katup melalui Pandangan Terpisah	44
5.6	Bentuk Asli Perahu Haluan Katup melalui Lukisan Pelan Garis	46
5.7	Ujian Kestabilan Perahu Haluan Katup Berdasarkan Piawaian ISO	48
5.8	Penyimpanan Digital dan Akses Warisan	50

06

KEBAIKAN DAN PENGARUH DIGITALISASI TERHADAP MASYARAKAT

6.1	Pendidikan dan Kesedaran Terhadap Generasi Muda	52
6.2	Peningkatan Peluang Ekonomi Melalui Digitalisasi Warisan	53
6.3	Pembangunan Potensi Pelancongan Berasaskan Warisan	55
6.4	Penggunaan Model Digital Dalam Pameran dan Muzium	56
6.5	Cabaran dan Potensi Digitalisasi Terhadap Masyarakat	57

07

CADANGAN DAN POTENSI DIGITALISASI WARISAN PERAHU TRADISIONAL

7.1	Potensi Masa Hadapan Digitalisasi Warisan Perahu di Malaysia	58
7.2	Pemantapan Polisi dan Dasar Berkaitan Digitalisasi Warisan	59
7.2.1	Elemen Dalam Polisi Digitalisasi	60
7.3	Peranan Agensi Berkaitan Untuk Meningkatkan Potensi Warisan	61
7.4	Cadangan Penambahbaikan Digitalisasi Warisan di Malaysia	62

BIBLIOGRAFI LAMPIRAN

64-65
66-96

3D	-	Tiga Dimensi (<i>Three Dimension</i>)
CAD	-	Reka bentuk Berbantu Komputer (<i>Computer Aided Design</i>)
CAE	-	Kejuruteraan Berbantu Komputer (<i>Computer Aided Engineering</i>)
CNC	-	Kawalan Berangka Berkomputer (<i>Computer Numerical Control</i>)
VR	-	Realiti Maya (<i>Virtual Reality</i>)
AR	-	Teknologi Realiti Terimbuh (<i>Augmented Reality</i>)
AI	-	Kecerdasan Buatan (<i>Artificial Intelligence</i>)
MSC	-	Koridor Raya Multimedia (<i>Multimedia Super Corridor</i>)
ICT	-	Teknologi Maklumat dan Komunikasi (<i>Information and Communications Technology</i>)
NITA	-	Agenda IT Kebangsaan (<i>National IT Agenda</i>)
PKS	-	Perusahaan Kecil dan Sederhana
ISO	-	Pertubuhan Pemiawaian Antarabangsa (<i>International Organization for Standardization</i>)
MOTAC	-	Kementerian Pelancongan, Seni dan Budaya Malaysia (<i>Ministry Of Tourism and Culture Malaysia</i>)

SENARAI SINGKATAN

PRAKATA

Buku ini dihasilkan sebagai satu usaha yang mengaplikasikan kepakaran dalam bidang kejuruteraan dalam pemeliharaan warisan, khususnya dalam usaha melestarikan Perahu Haluan Katup. Perahu ini merupakan sejenis perahu tradisional Melayu yang kini semakin pupus dan kurang dikenali oleh generasi masa kini. Melalui pendekatan kejuruteraan terbalik, bentuk fizikal perahu ini direkod secara sistematik menggunakan pelbagai kaedah moden seperti pengukuran tapak, pemodelan 3D, pendigitalan manual, analisa kejuruteraan, dan pelan reka bentuk digital. Kaedah ini membolehkan pelan reka bentuk teknikal dibangunkan semula dengan lebih tepat dan berskala, sekaligus menjadi asas dokumentasi yang bernilai tinggi.

Selain itu, aspek kejuruteraan seperti analisis hidrostatik, kestabilan, dan daya rintangan melalui penggunaan Rekabentuk Berbantu Komputer (CAD) dan Kejuruteraan Berbantu Komputer (CAE) turut dihuraikan dalam buku ini bagi memastikan aspek teknikal perahu dikekalkan dalam bentuk digital. Cadangan penggunaan teknologi lanjutan seperti teknologi Kawalan Berangka Berkomputer (CNC), Realiti Maya (VR) dan Teknologi Realiti Terimbuh (AR) juga dikemukakan bagi tujuan replikasi moden dan penyampaian interaktif kepada masyarakat umum.

Diharapkan sinergi antara teknologi dan budaya ini bukan sahaja mampu menyelamatkan warisan maritim daripada dilupakan, malah membuka peluang baharu dalam penyelidikan, pendidikan teknikal, serta pembangunan industri warisan berasaskan teknologi moden.

LATAR BELAKANG, OBJEKTIF DAN SKOP PERAHU TRADISIONAL DI MALAYSIA

01

Pengenalan

Perahu merupakan salah satu pengangkutan penting buat masyarakat Melayu suatu ketika dahulu. Perahu Haluan Katup ialah antara perahu tradisional yang mempunyai warisan budaya maritim penting dalam peradaban Melayu. Perahu tradisional Melayu mempunyai pelbagai jenis dan direka khas mengikut fungsi tertentu. Setiap perahu mempunyai reka bentuk yang unik. Kebanyakan komponen perahu mempunyai hiasan yang diperbuat daripada kayu dan diukir dengan corak yang tertentu.

Ciri utama proses pembinaan perahu tradisional Melayu ialah ketiadaan pelan reka bentuk yang khusus. Sebaliknya, perahu dihasilkan melalui gabungan ilmu pengetahuan tradisional, naluri dan kemahiran tukang perahu atau dikenali sebagai tukang timbal. Hal ini dikatakan demikian kerana, menunjukkan ketinggian intelektual pertukangan kayu Melayu dan mencerminkan kecekapan pertukangan, serta kaya dengan nilai kebudayaan dan kesenian.



Masyarakat Melayu mempunyai budaya maritim terutama yang tinggal di pantai timur Semenanjung Malaysia. Mereka tinggal di tepi laut atau di tebing sungai dengan menjalankan aktiviti harian yang bergantung kepada sungai dan laut. Hal ini dikatakan demikian kerana, sebahagian besar masyarakat Melayu ketika itu dipengaruhi oleh budaya pesisir laut dan pelaut. Perahu merupakan pengangkutan pertama mereka mendorong kepada peningkatan pembuatan perahu dan menjadi ahli pelayaran yang berani dan mempunyai inovasi untuk menghasilkan lebih banyak reka bentuk perahu untuk kegunaan di laut dan sungai serta aktiviti seharian.

Perkembangan pembinaan pengangkutan air bermula dengan menggunakan sebatang kayu yang timbul di atas air. Mereka menggunakan kaki dan tangan sama ada secara duduk atau meniarap di atas kayu untuk menggerakkannya. Kemudian batang kayu mula ditebuk atau dikeruk untuk menghasilkan perahu dan berkembang mengikut kegunaan, tempat serta kemajuan teknologi peralatan ketika itu.

Perahu Haluan Katup merupakan perahu yang digunakan di perairan cetek seperti sungai dan muara. Perahu jenis ini merupakan salah satu perahu tradisional yang menjadi pengangkutan utama untuk menyusuri atau menyeberangi sungai dan pesisir pantai. Perahu Haluan Katup dibuat daripada kayu tempatan yang keras iaitu kayu cengal dan hanya menggunakan teknik pasak. Pada ketika itu, perahu ini banyak digunakan untuk mengangkut penumpang dari perahu besar dan dijadikan perahu penyelamat.



Perahu Haluan Katup memainkan peranan penting dalam kehidupan harian masyarakat pesisir pantai timur Semenanjung Malaysia khususnya di Terengganu. Ciri-cirinya yang bersaiz kecil, ringan dan berhaluan melengkung membolehkan perahu ini mudah dikendalikan oleh satu hingga dua orang sahaja. Perahu ini juga mudah bergerak dan lincah di perairan cetek. Antara kegunaan Perahu Haluan Katup ialah:

- Perahu mengangkut penumpang dari kapal besar.
- Aktiviti perikanan di perairan cetek berhampiran pantai serta sesuai untuk operasi jaring pukat kecil dan bubu.
- Berfungsi sebagai pengangkutan air utama antara kampung pesisir.
- Mengangkut hasil pertanian dan membawa bekalan makanan dan barangan keperluan ke pulau.
- Berperanan sebagai perahu dagang kecil.

Perahu Haluan Katup ialah salah satu khazanah warisan maritim yang kian menghilang. Ciri utama yang ringan, stabil dan mudah dikendalikan menjadikannya perahu tradisional yang unik. Kemerosotan penggunaan perahu ini bukan sahaja mengancam warisan kepakaran pertukangan tetapi turut mengikis identiti budaya masyarakat pesisir.

Oleh itu, langkah pemeliharaan yang menyeluruh amat diperlukan. Proses pendokumentasian dan digitalisasi warisan ini penting agar nilai sejarah dan seni bina Perahu Haluan Katup tidak lenyap begitu sahaja, malah terus dikenang dan dihargai sebagai sebahagian daripada warisan budaya maritim negara. Tujuan utama pendokumentasian adalah untuk merekodkan penemuan penyelidikan proses reka bentuk perahu tradisional. Di samping itu, pendokumentasian boleh menjadi rujukan penting kepada penyelidik, pembuat perahu dan peminat warisan maritim.

Selain itu, ia juga berperanan dalam meningkatkan kesedaran masyarakat terhadap kepentingan pemeliharaan budaya dan sejarah perkapalan tradisional di Malaysia. Malah, menjadi bahan pendidikan yang boleh digunakan oleh institusi pendidikan, akademik dan badan industri. Di samping tu, pendokumentasian ini dijadikan bahan untuk pihak berkepentingan menambah pemahaman dengan lebih mendalam tentang reka bentuk Perahu Haluan Katup.

Memelihara perahu tradisional bermakna menyimpan sejarah dan warisan ilmu pertukangan selain kearifan dan keunikan seni reka yang tidak ternilai. Pelbagai teknologi moden dalam bidang kejuruteraan akan diperkenalkan termasuk penggunaan pengimbas 3D dan realiti maya sebagai kaedah inovatif untuk memelihara warisan Perahu Haluan Katup. Pelbagai cabaran dalam usaha memelihara warisan perahu tradisional dihadapi. Antara cabaran utama ialah kos yang tinggi bagi teknologi digitalisasi serta kekurangan tenaga pakar dalam kedua-dua bidang iaitu bidang kejuruteraan maritim dan teknologi digital. Selain itu, seni bina perahu tradisional semakin kurang mendapat perhatian dalam kalangan generasi muda. Perahu Haluan Katup mempunyai nilai budaya yang tinggi. Jika warisan ini tidak digitalisasi dan didokumentasikan, generasi muda mungkin hanya mengenali Perahu Haluan Katup melalui gambar dan penceritaan sahaja. Oleh yang demikian, perlunya usaha untuk pemeliharaan warisan maritim negara agar tidak pupus ditelan zaman.

1.2 KONSEP PENDIGITALAN WARISAN DALAM KAEDAH KEJURUTERAAN

Pendigitalan warisan merupakan satu kaedah inovatif untuk mendokumentasikan warisan budaya secara lebih komprehensif. Khusus bagi perahu tradisional, pendekatan ini melibatkan pelbagai teknologi terkini seperti pemetaan digital, pemodelan 3D, Rekabentuk Berbantu Komputer (CAD), Kejuruteraan Berbantu Komputer (CAE). Teknologi ini membolehkan penyimpanan dan data warisan dapat dianalisis dan dilaksanakan dengan lebih teratur dan efisien.

Digitalisasi bukan sekadar merekodkan sejarah, tetapi juga berfungsi sebagai sumber rujukan penting kepada generasi akan datang untuk memahami reka bentuk perahu tradisional yang semakin terpinggir. Usaha ini juga membuka peluang dalam sektor pelancongan dan pendidikan melalui penggunaan teknologi VR dan AR dalam memperkenalkan warisan Perahu Haluan Katup kepada masyarakat dan agensi yang berkaitan.

1.3 PERANAN PENDIGITALAN DAN CABARAN PERLINDUNGAN WARISAN

Dengan adanya teknologi digital, risiko kehilangan maklumat teknikal, reka bentuk dan nilai budaya sesuatu perahu dapat dikurangkan. Apabila maklumat direkodkan secara sistematik dan tepat, pemeliharaan warisan perahu tradisional dapat diselamatkan. Proses ini bukan sahaja dapat memastikan ilmu pengetahuan terus diwarisi, dan membolehkan generasi akan datang memahami, mempelajari dan menghargai keunikan seni bina perahu Melayu.

Selain itu, digitalisasi memudahkan akses kepada warisan ini tanpa perlu melihat atau menyentuh perahu secara fizikal. Salah satu kepentingan utama digitalisasi ialah keperluan pemeliharaan ilmu pengetahuan reka bentuk perahu tradisional, khususnya teknik yang dimiliki oleh tukang perahu. Ilmu ini ada didokumentasikan melalui rakaman video, temu bual serta perekodan teknik pembuatan. Langkah ini memastikan ilmu kepakaran mereka tidak lenyap bersama peredaran zaman.

Kepentingan digitalisasi membolehkan dokumentasi model perahu dilakukan secara terperinci. Melalui pemodelan digital menggunakan teknologi seperti melalui pengukuran digital atau imbasan 3D, setiap dimensi dan struktur Perahu Haluan Katup dapat direkodkan dengan tepat, membolehkan dikaji dan dihasilkan semula jika diperlukan. Walaupun digitalisasi menawarkan pelbagai manfaat, usaha ini tidak terlepas daripada pelbagai cabaran, antaranya:

02 CABARAN SOSIAL

- Generasi muda kurang berminat dengan seni bina perahu tradisional dan dianggap kurang menarik berbanding kerjaya moden.
- Penurunan jumlah tukang perahu mahir. Manakala tukang perahu veteran pula mungkin kurang celik akan teknologi. Hal ini menyebabkan proses pendokumentasian semakin sukar dilakukan.

01 CABARAN TEKNOLOGI

- Penggunaan teknologi digital seperti pengimbas 3D resolusi tinggi dan perisian pemodelan memerlukan kos yang tinggi.
- Tenaga pakar mahir dalam kedua-dua bidang kejuruteraan maritim dan teknologi digital sangat terhad.
- Kekurangan akses kepada teknologi tinggi di kawasan luar bandar

03 CABARAN BUDAYA

- Kurangnya kesedaran tentang budaya. Mengurangkan minat masyarakat terhadap warisan perahu kayu.
- Penggunaan bot gentian kaca yang lebih ringan dan murah menyebabkan permintaan terhadap perahu kayu semakin berkurangan. Akibatnya, ilmu pembuatan perahu tradisional semakin terpinggir

04 CABARAN EKONOMI

- Projek digitalisasi sering bergantung pada geran penyelidikan yang terhad. Apabila dana tidak mencukupi, usaha digitalisasi warisan telah menghalang pelaksanaannya secara menyeluruh. Tanpa sokongan kewangan yang mencukupi, pemeliharaan warisan ini sukar direalisasikan dalam skala yang lebih besar.

Kesimpulannya, walaupun berdepan pelbagai cabaran, usaha untuk memelihara warisan Perahu Haluan Katup tetap perlu diteruskan. Digitalisasi bukan hanya satu bentuk pemeliharaan, tetapi membuka potensi baharu dalam sektor pelancongan, pendidikan, dan penyelidikan kejuruteraan maritim. Bagi memastikan warisan ini terus kekal, beberapa langkah perlu diambil. Antaranya, membangun pangkalan data digital, melaksanakan program pendidikan interaktif dan memberi sokongan kepada komuniti pembuat perahu, termasuk latihan teknikal dan akses kepada teknologi moden. Oleh itu, peranan semua pihak amat diperlukan dalam memastikan perahu tradisional sebagai lambang budaya dan identiti maritim negara ini terus dikekalkan.

SEJARAH DAN PERKEMBANGAN PERAHU TRADISIONAL

2.1 PENGENALAN, SEJARAH DAN PERKEMBANGAN PERAHU TRADISIONAL DI MALAYSIA

Kegiatan ekonomi masyarakat Melayu pada zaman pemerintahan British banyak dipengaruhi oleh dasar pemerintahan British yang mengeksploitasi kegiatan ekonomi Tanah Melayu. Kawasan pantai barat dan pantai timur Semenanjung Malaysia menerima kesan pengaruh dasar pemerintahan ekonomi British yang berbeza. Kesan pengaruh pemerintahan ini telah mengganggu ekonomi tradisional masyarakat setempat, sehingga berlaku ketidakseimbangan ekonomi dan sosial. Antara kegiatan ekonomi yang dilakukan oleh masyarakat Melayu ialah menggunakan sungai dan laut untuk menjalankan aktiviti harian. Keperluan ini telah mendorong masyarakat Melayu dahulu mencipta pelbagai jenis perahu tradisional yang boleh digunakan untuk mengharungi laut dan menyusuri sungai. Pembentukan seni dan budaya masyarakat juga telah berlaku melalui kepelbagaian kemahiran pembuatan perahu tradisional oleh tukang pembuat perahu atau dikenali sebagai tukang timbal.

Proses pembuatan perahu tradisional masih menggunakan teknik lama iaitu pemasangan dinding perahu seterusnya pemasangan kerangka. Teknik ini masih digunakan sehingga kini dan menggunakan alatan yang terkini. Inovasi dan ketinggian pemikiran tukang perahu dapat menghasilkan perahu yang besar dan reka bentuk pelbagai. Perkembangan perahu tradisional dipengaruhi oleh perkembangan zaman, sehingga kini pembuatan perahu tradisional semakin berkurang akibat proses pemodenan dan pembangunan. Menggabungkan kaedah kejuruteraan dan ilmu pembuatan tradisional mampu memelihara warisan maritim.



Merekodkan dan mendokumentasikan kaedah, dan teknik pembuatan setiap perahu tradisional pada zaman dahulu tidak dilakukan oleh tukang perahu. Maka, peralihan ilmu pengetahuan tentang teknik pembuatan perahu tidak berlaku. Kesukaran untuk mengetahui dan pembangunan semula warisan maritim ini telah berlaku dan menyebabkan banyak reka bentuk warisan tidak dapat digunakan semula kerana tidak didokumentasikan. Oleh itu, digitalisasi setiap reka bentuk perahu perlu dilakukan untuk menjaga warisan maritim ini.

2.2 FUNGSI, PERUBAHAN DAN LANGKAH PERKEMBANGAN

Fungsi perahu kepada masyarakat dahulu ialah sebagai pengangkutan utama terutama kepada nelayan ke laut menangkap ikan untuk menampung ekonomi keluarga dan sebagai sumber makanan. Terdapat juga masyarakat menjadikan kemahiran membuat perahu sebagai sumber rezeki dengan menerima tempahan membuat perahu. Tukang perahu mempunyai peranan yang penting dalam membentuk dan mencipta reka bentuk perahu. Peranan tukang perahu atau tukang timbal pada zaman dahulu sangat diperlukan bagi memastikan proses pembinaan perahu berjalan lancar. Kepakaran yang dimiliki oleh tukang perahu ialah kemampuan mereka membuat perahu tanpa lukisan atau pelan reka bentuk khusus. Setiap proses pembuatan perahu tradisional hanya menerima arahan daripada tukang timbal sahaja tanpa disediakan lukisan reka bentuk. Kehebatan sesuatu perahu bergantung kepada kepakaran yang dimiliki oleh tukang timbal dan perbincangan bersama pemilik perahu bagi tujuan keperluan sebenar perahu.

Kesan daripada fungsi perahu yang penting menyebabkan kegiatan membuat perahu tradisional semakin mendapat permintaan yang tinggi dengan reka bentuk dan teknik pembuatan diwarisi secara turun temurun. Perubahan permintaan terhadap perahu tradisional mengalami perubahan terutamanya terhadap permintaan pembuatan perahu tradisional yang semakin berkurangan. Ketiadaan pelan reka bentuk terhadap perahu yang dibina pada masa dahulu menyebabkan generasi muda kurang berminat untuk belajar membuat perahu. Selain itu, kurangnya pendedahan tentang pentingnya menjaga warisan maritim dan perahu tradisional juga menjadi salah satu sebab mengapa perahu ini semakin jarang digunakan dan dilihat pada hari ini.

Salah satu langkah pemeliharaan warisan budaya melalui perkembangan teknologi boleh dilakukan untuk melindungi warisan budaya maritim. Melalui teknologi digitalisasi pendokumentasian reka bentuk pembinaan perahu dapat dilaksanakan untuk rujukan generasi muda dan sebagai pengekalan data sejarah tentang kehebatan masyarakat Melayu dahulu dalam seni pembinaan perahu. Langkah perkembangan melalui adaptasi digitalisasi sangat penting dan berkait dengan arus pemodenan masa kini. Pelan tindakan komprehensif harus disediakan untuk rujukan generasi muda dan masyarakat bagi mengekalkan reka bentuk asal perahu tradisional. Hal ini dikatakan demikian kerana, dapat mengekalkan sebahagian budaya masyarakat dahulu yang mahir dalam pertukangan perahu tradisional.

2.3 PERKEMBANGAN REKAAN DAN TEKNOLOGI PEMBUATAN PERAHU

Perkembangan pertukangan berkait rapat dengan asas pembuatan perahu tradisional melalui kayu yang diukir dan direka oleh tukang perahu. Asas pembinaan sebuah perahu terletak pada lunas dan linggi. Terdapat tiga jenis lunas dan linggi iaitu lunas daripada perahu jalur (leper), lunas lurus linggi melengkung dan lunas lurus tinggi menegak yang sering digunakan oleh tukang perahu dalam rekaan perahu tradisional. Pada peringkat awal, pembuatan masyarakat terdahulu mahir membina perahu timbal dengan lunas lurus dan linggi melengkung. Perahu ini sesuai digunakan di laut terbuka yang akan beralun mengikut alunan ombak ketika digunakan. Inovasi dalam pertukangan dan pembuatan perahu melibatkan penggunaan lunas lurus dan linggi lurus, yang membentuk jenis-jenis perahu seperti Haluan Katup, Sekoci, Payang, Bedar, Jalur, Perahu Besar Dogol, Pinis Gobel, Anak Bedar dan Bot Potong Belakang.

Teknologi pembuatan perahu tradisional ialah teknologi pembuatan perahu yang dihasilkan sendiri oleh tukang perahu tanpa menggunakan pelan reka bentuk pembinaan bagi menghasilkan sesuatu perahu. Perkembangan peranan perahu mendorong inovasi dan kebolehan yang tinggi dalam menjana idea yang didorong dengan keperluan serta permintaan yang tinggi telah menghasilkan banyak jenis dan saiz perahu. Asas teknologi pembuatan perahu tradisional yang digunakan untuk pembinaan perahu ialah teknik ikatan dan pasak.



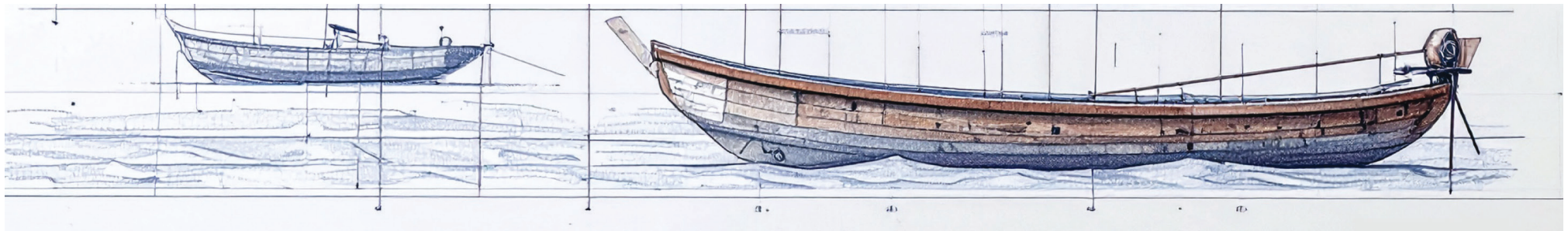
Peralihan teknologi pengetahuan tentang pembinaan perahu tradisional ini tidak berlaku kerana cara kerja tukang perahu yang tidak menggunakan sebarang pelan untuk setiap reka bentuk perahu. Oleh itu, dengan adanya teknologi masa kini digitalisasi terhadap reka bentuk perahu boleh dilakukan dengan menggunakan kaedah kejuruteraan terbalik. Dengan cara mengukur bot sedia ada dengan sistematik dan membangunkan model 3D yang tepat melalui bantuan CAD untuk memudahkan rujukan semua lapisan masyarakat.

Perkembangan teknologi yang canggih dapat membantu meningkatkan potensi sektor lain seperti pengekalan warisan budaya maritim. Tambahan pula, dapat membantu sektor pelancongan untuk mempromosikan budaya masyarakat Melayu terdahulu agar terus dikenali di serata dunia sekali gus menarik minat pelancong asing dan juga generasi muda untuk mengenali warisan terdahulu.

2.4 KAJIAN KES WARISAN PERAHU TRADISIONAL YANG SEMAKIN HILANG

Penggunaan teknologi melalui kaedah kejuruteraan antara kaedah yang boleh dilakukan untuk memastikan ilmu pengetahuan reka bentuk pembinaan perahu tradisional dapat didigitalisasikan. Kaedah kejuruteraan terbalik boleh digunakan dengan melalui beberapa proses seperti pemodelan 3D dan pembinaan semula digital, analisis hidrostatik, kestabilan, dan daya rintangan.

Melalui cara ini, pemeliharaan perahu tradisional dapat dikekalkan dengan cara mendokumentasikan reka bentuk asal perahu tradisional. Pelan komprehensif bagi reka bentuk warisan maritim Perahu Haluan Katup dan perahu-perahu tradisional Melayu yang lain dapat disediakan. Reka bentuk memainkan peranan yang penting dalam penentuan kestabilan bentuk, keseimbangan di dalam air, prestasi hidrodinamik, kelajuan dan keupayaannya dalam pelbagai keadaan cuaca dapat dianalisis.



Reka bentuk perahu dihasilkan mengikut pengalaman tukang perahu secara turun-temurun, hanya menggunakan sedikit ilmu kejuruteraan formal. Kaedah kejuruteraan terbalik akan diaplikasikan tanpa menjejaskan keaslian perahu asal. Terdapat beberapa parameter yang akan digunakan untuk menganalisis reka bentuk. Hal ini penting kerana ia memastikan kebolehlayaran perahu, penambahbaikan reka bentuk, dan pematuhan terhadap piawaian keselamatan diberi perhatian. Antara perkara yang diambil kira termasuklah bentuk perahu, jenis bahan yang digunakan, susunan struktur perahu, prestasi perahu di dalam air, pengagihan berat keseluruhan serta elemen mekanikal yang lain.

Warisan maritim Perahu Haluan Katup semakin pupus dan memerlukan langkah pemeliharaan bagi menjamin kelangsungan budaya. Masyarakat Melayu terdahulu banyak menggunakan perahu ini untuk menyusuri sungai kerana keadaannya yang sesuai memasuki muara atau teluk di sungai. Kebiasaannya perahu ini digunakan sebagai membawa orang untuk menyeberang sungai. Kapasiti perahu ini antara dua hingga empat orang bergantung kepada saiz perahu. Reka bentuk Haluan Katup memiliki ciri khas iaitu bahagian haluannya tertutup yang berfungsi sebagai perlindungan tambahan ketika menyusuri sungai.

Masalah yang dihadapi ialah mencari jenis kayu yang berkualiti untuk digunakan sebagai bahan asas pembinaan. Kos yang mahal menyebabkan Perahu Haluan Katup ini tidak dapat dibuat. Keunikan reka bentuk menyebabkan perahu ini diminati ramai dari segi rekaan seni kayu aksesori perahu. Namun, masalah utama yang dihadapi ialah kos pembinaan yang tinggi dan reka bentuk pembuatan tidak didokumentasikan oleh tukang perahu.

Justeru, masalah dalam pembinaan perahu tradisional boleh diatasi melalui usaha mendigitalkan reka bentuk asal perahu. Langkah ini dapat menjadi rujukan berguna kepada para penyelidik, masyarakat, dan terutama sekali tukang perahu. Pendedahan tentang sejarah, perkembangan, dan fungsi perahu tradisional juga penting supaya ilmu ini dapat dijadikan panduan dan disimpan sebagai warisan budaya dan sejarah. Masalah utama yang dihadapi hari ini ialah ketiadaan sumber rujukan yang lengkap, kerana reka bentuk perahu pada masa lalu tidak pernah didokumentasikan secara lengkap.



Pengenalan bot gentian kaca dan teknologi moden kepada nelayan menyebabkan berlaku peralihan penggunaan daripada bot tradisional kepada bot gentian kaca, untuk meningkatkan ekonomi nelayan. Permintaan pembinaan perahu yang baru juga semakin berkurangan atas beberapa faktor seperti kurangnya minat dalam kalangan generasi muda untuk menceburi bidang pertukangan, tidak berlaku peralihan ilmu pengetahuan tentang pembinaan perahu, perubahan dasar kerajaan dan terdapat kos pembuatan yang tinggi telah memberi kesan kepada pengurangan permintaan Perahu Haluan Katup. Maka, warisan perahu tradisional seperti Perahu Haluan Katup akan terus pupus jika tiada langkah pemeliharaan.

Oleh itu, digitalisasi melalui kaedah kejuruteraan dapat menyelesaikan beberapa masalah tentang pendokumentasian reka bentuk asal perahu tradisional yang tidak didokumentasikan oleh tukang perahu semasa proses pembinaan perahu.



TEKNOLOGI DIGITALISASI UNTUK PEMELIHARAAN

3.1 PENGENALAN DAN KONSEP DIGITALISASI WARISAN PERAHU TRADISIONAL

Digitalisasi terhadap pelan reka bentuk Perahu Haluan Katup mempunyai banyak manfaat terutama aspek penyampaian yang interaktif dan inovasi pada reka bentuk perahu supaya menarik minat masyarakat. Walaupun aspek budaya bukan menjadi pilihan generasi masa kini tetapi dengan digitalisasi mampu menarik minat mereka untuk mencintai budaya warisan maritim masyarakat Melayu.

Digitalisasi tidak hanya memberi tumpuan kepada generasi muda, namun memberi peluang kepada semua generasi untuk merasai keseronokan menggunakan teknologi dalam persembahan reka bentuk perahu tradisional. Apabila menggunakannya, mereka akan merasa seperti berada di atas perahu sebenar. Digitalisasi reka bentuk ialah salah satu langkah pemeliharaan warisan agar terus terpelihara seiring dengan perkembangan pemodenan.

Maka, langkah pemeliharaan warisan maritim melalui digitalisasi pelan reka bentuk perahu yang komprehensif dilakukan untuk capaian dan dipersembahkan. Seterusnya, mendidik masyarakat untuk belajar dan mengetahui tentang perahu tradisional masyarakat Melayu terdahulu. Seiring dengan peredaran zaman, kaedah menggunakan teknologi terkini iaitu kaedah kejuruteraan terbalik mampu mencipta pelan reka bentuk perahu tradisional yang mengekalkan ketulenan dan keaslian bentuk asal perahu serta memudahkan capaian untuk pembinaan semula.



Kaedah kejuruteraan terbalik banyak digunakan dalam industri pembuatan kapal dan perahu. Pemetaan dan analisis gambar dapat dijalankan dengan jelas dan mudah. Kaedah ini dijalankan dengan cara mengukur perahu asal dan dianalisis menggunakan kaedah kejuruteraan. Data diambil dan dianalisis menggunakan beberapa perisian untuk mendapatkan gambaran dan pelan yang sesuai. Seterusnya, melalui kaedah kejuruteraan terbalik juga dapat dibangunkan Reka Bentuk Bantuan Komputer (CAD) 3D yang tepat dengan lebih sistematik untuk membantu mencipta semula dan menganalisis struktur sedia ada tanpa bergantung kepada reka bentuk lukisan asal. Antara bahagian yang terlibat dalam analisis untuk mendapat bacaan dan ukuran yang tepat ialah melakukan analisis bentuk badan perahu dan kekuatan struktur. Manakala, kaedah pengukuran menggunakan teknik pengukuran manual kepada pemodelan pengiraan lanjutan. Beberapa kaedah teknologi digunakan untuk menganalisis pelan reka bentuk, antaranya pengimbasan 3D dan pemodelan CAD, analisis elemen terhingga *Finite Element Analysis* (FEA), Ujian empirikal, dan analisis perbandingan dengan reka bentuk moden. Gabungan beberapa kaedah akan memberi pemahaman yang lebih komprehensif tentang proses pembinaan perahu dan fungsi setiap struktur dalam perahu.



Beberapa kriteria diambil kira untuk menghasilkan dan menganalisis reka bentuk tepat badan dan kekuatan struktur perahu. Antara kriteria yang digunakan dalam penentuan kekuatan struktur ialah bentuk badan perahu, pemilihan bahan, rangka struktur, prestasi hidrodinamik, dan pengagihan muatan. Perkara ini penting bagi aspek keselamatan dan memenuhi piawaian prestasi serta memastikan perahu yang bakal dihasilkan diberi sentuhan yang berbeza tanpa menjejaskan ciri asal. Maka, jelas di sini bahawa digitalisasi penting untuk perkembangan pembuatan perahu.

3.2 CABARAN DAN PENGGUNAAN DIGITALISASI WARISAN PERAHU TRADISIONAL

Digitalisasi dilihat dapat membantu dalam usaha pemeliharaan warisan budaya maritim masyarakat Melayu. Selain itu, cabaran menyediakan satu pelan reka bentuk yang komprehensif dan masih terdapat pelbagai cabaran dalam pelaksanaan digitalisasi. Hal ini dikatakan demikian kerana, teknologi sentiasa memberi kemudahan kepada masyarakat namun masih terdapat cabaran perlu diatasi bagi mendapatkan hasil yang memuaskan.

Antara cabaran digitalisasi ialah kesukaran mendapatkan data daripada tukang timbal. Hal ini dikatakan demikian kerana, terjadi apabila ilmu pengetahuan asal warisan daripada tukang timbal tidak lengkap menyukarkan proses pengukuran kerana kecenderungan mereka menjalankan proses pembinaan perahu yang tidak didokumentasikan. Keputusan akhir yang baik dalam proses digitalisasi ialah ketepatan maklumat, perkara ini sangat dititik beratkan untuk dapatan hasil yang tepat berdasarkan petunjuk yang ditetapkan, maka kesukaran dalam mendapatkan maklumat yang tepat menyebabkan proses digitalisasi menjadi lambat. Data daripada pengukuran juga akan dianalisis untuk mendapatkan reka bentuk perahu yang tahan digunakan ketika atas permukaan laut



Selain itu, terdapat cabaran lain dalam mencari kesesuaian penggunaan teknologi untuk memudahkan capaian oleh masyarakat dan mesra pengguna kepada tukang timbal terutama golongan veteran. Proses pengenalan teknologi memerlukan masa untuk proses pembelajaran sebelum dapat digunakan dengan sebaik mungkin. Ketiadaan proses secara berterusan menyebabkan matlamat digitalisasi kepada semua golongan tidak sampai kepada golongan sasaran. Maka, kesesuaian teknologi untuk golongan sasaran perlu diberi perhatian bagi memastikan kesinambungan teknologi supaya matlamat pemeliharaan warisan tercapai.

Selain itu, cabaran dalam penggunaan digitalisasi adalah memberi kesedaran kepada masyarakat tentang pendidikan dan kepentingan pemeliharaan warisan budaya. Salah satu langkah yang dilakukan ialah menyediakan dana khas kepada penerbitan projek dan arkib digital yang berfungsi sebagai sumber rujukan untuk meningkatkan kesedaran. Tujuan penerbitan untuk mempelbagaikan sumber rujukan supaya memberi inspirasi kepada generasi muda dan mengambil bahagian dalam usaha pemeliharaan budaya serta teknik pembinaan perahu yang kurang diminati. Hal ini boleh diatasi dengan penglibatan semua pihak termasuk kerajaan dalam usaha memberi kesedaran kepada masyarakat. Walaupun terdapat cabaran dalam digitalisasi, kepentingan penggunaannya juga memberi manfaat. Kepentingan penggunaan digitalisasi dapat mengintegrasikan perindustrian dan pendekatan moden, apabila digitalisasi terhadap dokumen tukang timbal dan pengeluar untuk membina lebih banyak perahu dapat dilaksanakan. Justeru, penggunaan teknik pembuatan teknologi tinggi dan bahan moden dapat meningkatkan pengeluaran agar dapat menembusi pasaran perniagaan yang lebih besar dan dapat bersaing di peringkat global serta menghasilkan lebih banyak perahu.

Dengan adanya, pelan reka bentuk komprehensif dapat memberi panduan pemeliharaan warisan perahu yang rosak atau usang kepada individu yang berminat untuk mengkaji, mempelajari dan mengetahui tentang perahu. Selain itu, memberi peluang kepada generasi muda untuk membina semula perahu dengan mudah kepada bentuk asal tanpa mengurangkan keaslian. Kesannya, penggunaan digitalisasi membantu memudahkan dokumentasi sekali gus mengekalkan kepentingan pemeliharaan warisan budaya maritim apabila semua dokumen dapat dicapai dengan mudah dan maklumat senang diperoleh. Hal ini dikatakan demikian kerana, pelan reka bentuk dan teknik pembinaan perahu yang tidak didokumentasikan dengan baik hanya diwarisi secara turun-temurun akan hilang seiring dengan peredaran zaman jika tiada langkah pemeliharaan dilakukan. Kepentingan penggunaan digitalisasi bertujuan mempromosikan produk berkaitan warisan. Promosi dapat ditingkatkan apabila pelan reka bentuk disediakan dapat memudahkan dan mempercepatkan proses pembinaan perahu yang dapat memenuhi cita rasa dan permintaan pelanggan. Contohnya, melalui penjualan replika perahu. Usaha ini memberi peluang kepada usahawan untuk menunjukkan kemahiran seni membuat perahu serta memasarkan hasil produk mereka sendiri. Secara tidak langsung, memberi kesan terhadap golongan pembuat perahu terdedah kepada penggunaan teknologi bagi memudahkan proses pembinaan perahu.

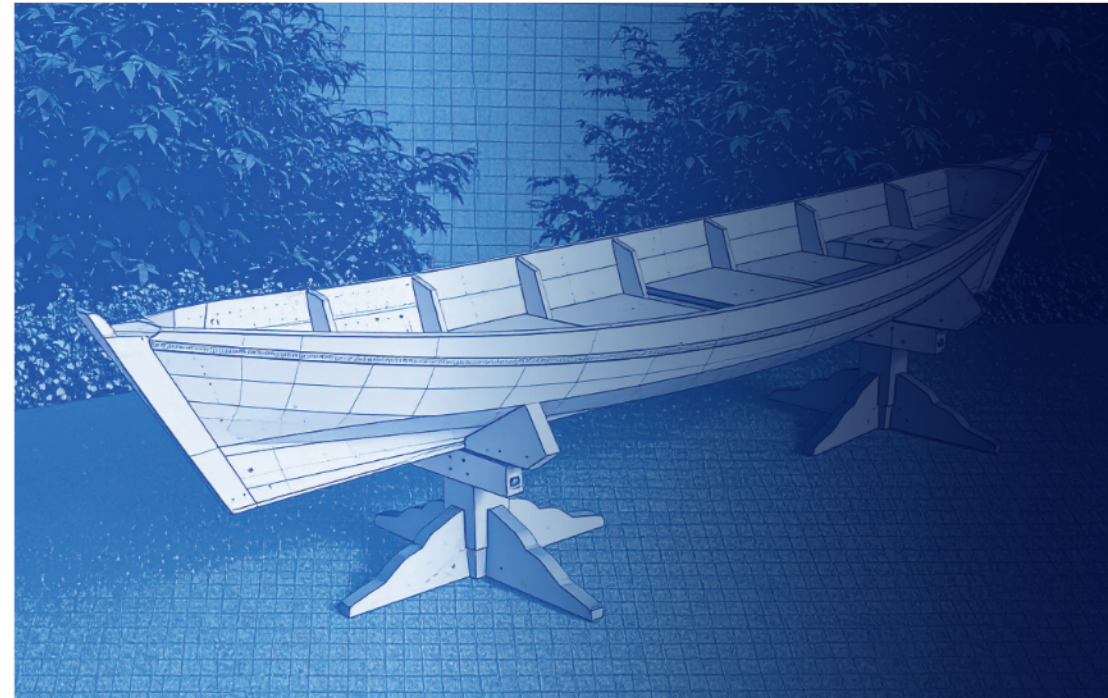
Selain itu, penggunaan digitalisasi penting untuk pemindahan ilmu pengetahuan dan teknik pembinaan perahu secara teratur kepada generasi muda dapat dilaksanakan. Pelan reka bentuk yang komprehensif mudah diakses serta mengikut peredaran zaman boleh dicapai dengan mudah. Hal ini dikatakan demikian kerana, perisian atau aplikasi yang dicipta adalah mesra pengguna dan menjamin kesinambungan ilmu pengetahuan. Penambahbaikan ilmu pengetahuan boleh dilakukan bagi memudahkan penyampaian kepada masyarakat. Digitalisasi harus seiring dengan perkembangan teknologi dan industri, penggunaan digitalisasi dalam reka bentuk perahu penting untuk membina satu pelan reka bentuk. CAD melalui kejuruteraan terbalik dilihat membantu dalam penyelidikan Maritim negara. Melalui, pelan tindakan tersebut digunakan untuk mengkaji seni bina perahu tradisional bertujuan penambahbaikan dan pengkajian lebih mendalam untuk kegunaan pada masa hadapan.

Kebaikan penggunaan digitalisasi dalam proses menyediakan pelan reka bentuk perahu tradisional dapat mempercepatkan proses analisis reka bentuk asal perahu, apabila lukisan dapat ditukarkan kepada bentuk digital menggunakan perisian yang bersesuaian. Seterusnya, dalam proses analisis, ketepatan ukuran memainkan peranan penting. Dengan adanya digitalisasi, ukuran dimensi dan geometri yang diperoleh akan lebih tepat dan mampu mengurangkan kesalahan kecil semasa proses melukis serta menjamin kejelasan yang tinggi pada lakaran reka bentuk. Gabungan ilmu digitalisasi dan pembuatan perahu mampu memberi kesan yang baik kepada perkembangan sektor pembuatan perahu.

Digitalisasi juga mudah untuk diubahsuai dan menunjukkan inovasi melalui proses ubah suai, analisis dan simulasi reka bentuk asal sebelum produk fizikal dihasilkan. Dengan adanya inovasi, mampu memberi tarikan interaktif kepada pengguna dan masyarakat untuk merasai dunia sebenar. Keseronokan dalam teknologi interaktif akan mendorong generasi muda untuk menceburi bidang berkaitan digitalisasi dan perkapalan. Ilmu digitalisasi akan sentiasa berkembang maju seiring dengan perkembangan zaman, maka peluang untuk generasi muda mencari pekerjaan sangat cerah. Oleh itu, digitalisasi bukan sahaja terpakai untuk budaya tetapi merangkumi semua perkara.

3.3 KAEDAH PENGUKURAN DAN MODEL 3D

Kaedah pengukuran dalam mendokumentasikan reka bentuk perahu tradisional melibatkan beberapa proses pengukuran di lapangan bagi memastikan ketepatan geometri badan dan ciri reka bentuk perahu tradisional. Selain itu, aspek seperti pengukuran, pemodelan dan analisis struktur digunakan untuk memastikan dokumentasi yang tepat dan pengesahan ciri reka bentuk bot juga digunakan dalam proses reka bentuk pelan. Bagi mendapatkan ukuran yang tepat, alat pengukuran digital digunakan untuk merekod bahagian-bahagian perahu yang sukar dicapai. Ukuran ini menjadi asas penting dalam membina model 3D yang boleh digunakan untuk merancang usaha pemeliharaan budaya dan juga bagi kemungkinan membina semula perahu di masa akan datang. Pengukuran di tapak dijalankan dengan teliti bagi memastikan semua dimensi perahu direkodkan dengan tepat untuk tujuan dokumentasi dan analisis reka bentuk.



Proses pengukuran melibatkan kerja-kerja mengukur pada bahagian badan perahu asal. Pengukuran ini dilakukan secara sistematik untuk merekodkan bentuk dan saiz keseluruhan perahu tradisional. Fokus utama adalah dari bahagian belakang hingga ke bahagian hadapan, di mana titik-titik tertentu akan ditetapkan sebagai stesen rujukan. Stesen-stesen ini digunakan untuk mendapatkan ukuran yang lebih terperinci bagi setiap bahagian struktur perahu. Setiap stesen akan mencatat pelbagai dimensi yang penting, dan antara stesen rujukan yang akan direkodkan termasuklah:



1. Ukuran panjang keseluruhan perahu diambil secara terus dari bahagian buritan hingga ke haluan.
2. Ukuran panjang berdasarkan jarak antara titik kun ke kun, bermula dari buritan hingga ke haluan, untuk mendapatkan pengesahan panjang struktur utama.
3. Ukuran tinggi perahu diambil pada setiap kon dari lunas hingga ke titik tertinggi kun, bagi mendapatkan bentuk profil dari pandangan sisi (side view).
4. Ukuran lebar perahu diambil pada setiap kun di bahagian paling atas, bagi mendapatkan bentuk perahu dari pandangan atas (top view).
5. Profil linggi dan buritan akan diukur untuk direkodkan bentuk hadapan dan belakang perahu secara terperinci.
6. Ukuran kelengkungan badan perahu akan difokuskan pada bahagian yang mempunyai darjah kelengkungan yang tinggi untuk mendapatkan bentuk daripada pandangan hadapan (front view).
7. Ketebalan badan perahu akan direkodkan bagi reka bentuk struktur perahu.
8. Saiz dan dimensi setiap kun akan diukur untuk tujuan penyusunan dan reka bentuk struktur perahu secara digital.
9. Ketinggian menegak dari lantai dek ke titik tertinggi setiap kun akan diukur bagi mendapatkan kedudukan sebenar lantai dan struktur atas perahu.

Pengukuran ini melibatkan pengambilan jarak dari satu titik rujukan utama (titik sifar) supaya semua ukuran dapat dibuat secara konsisten sepanjang badan perahu. Selain itu, koordinat akan ditentukan bagi setiap titik penting untuk mengenal pasti kedudukan sebenar struktur perahu, sekali gus memudahkan proses pembinaan model 3D yang tepat.

Alat dan peralatan pengukuran yang moden digunakan untuk mendapatkan ukuran yang tepat bagi memastikan ketepatan dokumentasi pada bentuk badan perahu tradisional. Peralatan pengukuran melibatkan penggunaan pembaris pembentuk tepi untuk mendapatkan kelengkungan dan butiran profil struktur bot. Alatan seperti pencari jarak laser digunakan untuk menyediakan ukuran jarak ketepatan yang tinggi bagi dimensi badan perahu. Alat pengukur automatik dengan pelarasan sendiri juga digunakan untuk memastikan penjajaran dan ketepatan dalam ukuran menegak dan mendatar.

Selain itu, pita pengukur digunakan untuk mendapatkan ukuran dengan cepat, manakala bandul jajar (plumb bob) boleh laras digunakan untuk memastikan penjajaran menegak dan ketepatan ukuran ketinggian. Pengesahan silang turut dilakukan bagi memastikan data yang diperoleh adalah tepat. Semua data yang dikumpul ini akan digunakan untuk menganalisis struktur perahu, merangka pelan reka bentuk, dan menyokong usaha pemeliharaan warisan budaya.

Keperluan pembangunan model 3D digunakan dalam proses kejuruteraan terbalik dalam penyediaan pelan pembangunan reka bentuk perahu tradisional. Proses ini merangkumi beberapa peringkat utama. Proses pemodelan 3D dan pembinaan semula digital akan digunakan dengan mengukur badan perahu yang dikumpulkan dan diproses menggunakan perisian CAD. Model 3D yang tepat kemudiannya akan dicipta bagi membolehkan visualisasi geometri badan perahu serta mengenal pasti parameter reka bentuk utama yang diperlukan. Selain itu, pembinaan semula digital memudahkan pengubahsuaian reka bentuk struktur dan penjanaan pelan reka bentuk.



Setelah model 3D perahu disiapkan, analisis terperinci akan dijalankan merangkumi aspek hidrostatik, kestabilan, dan daya rintangan menggunakan pendekatan berbantuan komputer (CAE). Dalam analisis ini, penilaian terhadap kestabilan perahu akan dilakukan untuk menentukan kebolehnya beroperasi dengan selamat di persekitaran laut. Bagi analisis hidrostatik pula, ia akan melibatkan pengiraan seperti luas permukaan mengikut garis air, isipadu sesaran, pusat apungan, dan parameter lain yang berkaitan. Semua analisis ini akan memberi gambaran teknikal yang lebih mendalam tentang prestasi reka bentuk badan perahu.

Sebagai langkah terakhir, satu pelan tindakan yang lengkap akan didokumenkan bagi memastikan reka bentuk perahu dapat dimanfaatkan oleh tukang perahu, penyelidik, dan pihak yang terlibat dalam usaha pemuliharaan warisan budaya. Pembangunan model 3D ini akan menjadi sumbangan penting dalam pemeliharaan budaya tradisional serta berpotensi digunakan dalam pelbagai sektor industri berkaitan. Dokumen ini akan merangkumi maklumat terperinci seperti bentuk badan perahu, pandangan keratan rentas, sambungan struktur, elemen pengikat, dan hasil analisis teknikal termasuk hidrostatik, kestabilan, serta daya rintangan.



Seterusnya, penggunaan perisian CAD dalam pembinaan permukaan reka bentuk perahu membolehkan struktur perahu direka bentuk secara digital dengan ketepatan yang tinggi. Dalam proses ini, penggunaan kamera berkualiti turut memainkan peranan penting dalam menghasilkan imej yang jelas dan menarik. Kualiti visual yang baik akan melengkapkan proses pendigitalan dan membantu menghasilkan persembahan grafik perahu yang lebih realistik dan berkesan.

3.4 PENDIGITALAN REKA BENTUK PERAHU TRADISIONAL

Proses mereka bentuk perahu tradisional ini dimulakan melalui kajian eksploratori terhadap struktur asal perahu. Reka bentuk perahu kemudiannya dibangunkan menggunakan kaedah kejuruteraan terbalik sebagai usaha untuk memelihara warisan serta menyampaikan pengetahuan kepada masyarakat. Aktiviti pengukuran yang dijalankan di tapak kajian perlu dilakukan dengan cermat bagi mendapatkan data bentuk geometri dan ciri reka bentuk yang tepat, sekaligus memastikan dokumentasi yang sistematik dan berkualiti dapat dihasilkan.

Penggunaan teknik pemodelan 3D memainkan peranan penting dalam mempersembahkan reka bentuk perahu tradisional seperti Perahu Haluan Katup dengan lebih menarik dan mudah difahami oleh masyarakat umum. Teknologi ini turut memberi impak positif terhadap proses pembinaan semula perahu, khususnya apabila digabungkan dengan teknologi CNC dan pencetakan 3D. Model CAD yang dibangunkan boleh digunakan untuk proses pemotongan CNC atau pencetakan 3D, sama ada untuk menghasilkan model berskala atau bahagian struktur perahu bersaiz sebenar.

Kelebihan utama pendekatan ini ialah kebolehan menghasilkan reka bentuk dan struktur berketepatan tinggi yang selari dengan spesifikasi asal perahu tradisional, walaupun menggunakan bahan moden. Selain itu, proses ini juga dapat mengurangkan ralat dalam pembinaan dan mengelakkan pembaziran bahan.



Selepas kerja-kerja pengukuran struktur badan perahu dilaksanakan, data yang diperoleh akan dianalisis untuk mengenal pasti dimensi sebenar bahagian-bahagian utama, khususnya bahagian kulit perahu. Sebelum pengukuran bermula, satu borang rekod data khusus akan disediakan untuk merekod maklumat penting secara teratur. Semua data yang dikumpulkan akan dimasukkan ke dalam borang ini sebagai asas kepada analisis seterusnya.

Bagi mendapatkan gambaran yang jelas tentang bentuk badan perahu, lakaran garisan profil akan dihasilkan berdasarkan data yang dikumpul. Proses ini penting sebagai langkah awal sebelum reka bentuk digital diteruskan menggunakan perisian CAD. Profil perahu yang tepat dan terperinci akan diperoleh hasil daripada analisis data ini.

Penggunaan sistem koordinat dalam pengumpulan data setiap lengkung stesen juga memainkan peranan penting. Setiap lengkung direkod menggunakan kaedah yang seragam untuk memastikan konsistensi dan keseragaman data. Dengan data yang berkualiti tinggi ini, lukisan 3D perahu boleh dibina dengan lebih tepat menggunakan perisian CAD.

3.5 ANALISIS STRUKTUR UNTUK KAJIAN TEKNIKAL

Model 3D yang dihasilkan berfungsi sebagai asas utama bagi melaksanakan analisis hidrostatik ke atas perahu tradisional. Ketepatan model ini sangat bergantung kepada data ukuran asal yang diperolehi kerana sebarang kesilapan dalam ukuran awal akan memberi kesan langsung terhadap ketepatan model digital. Kesannya, reka bentuk yang tidak tepat boleh menyebabkan analisis perahu mengalami masalah ketidakseimbangan semasa berada di atas air. Oleh itu, adalah amat penting untuk memahami elemen-elemen utama yang digunakan dalam analisis hidrostatik.

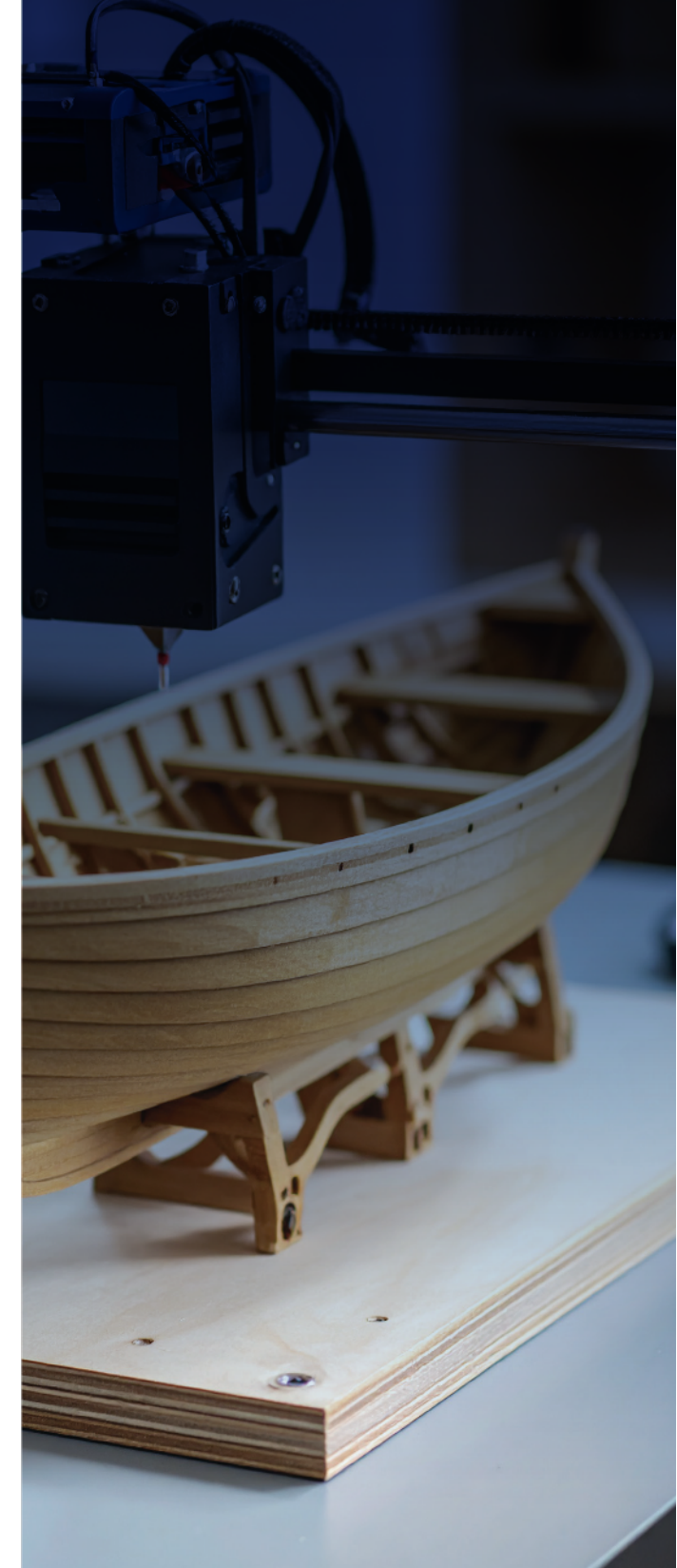
Analisis hidrostatik bertujuan untuk mengenal pasti maklumat penting seperti daya apungan, keseimbangan perahu, isipadu tenggelam, lokasi pusat apungan, dan ciri-ciri lain apabila perahu berada dalam keadaan statik di atas permukaan air. Data ini penting untuk memastikan perahu mampu terapung secara stabil dan berfungsi dengan baik ketika digunakan.

Langkah seterusnya yang tidak kurang penting ialah membuat anggaran berat keseluruhan perahu serta menentukan kedudukan pusat graviti, iaitu titik utama yang mempengaruhi keseimbangan. Setiap bahagian seperti lambung, dek, bahagian dalaman, dan kelengkapan perahu akan dianggarkan beratnya berdasarkan dimensi dan jenis bahan yang digunakan. Semua anggaran ini akan digabungkan untuk memperoleh berat keseluruhan dan mengenal pasti lokasi pusat graviti sama ada ia condong ke hadapan, ke sisi, atau terlalu tinggi. Pusat graviti yang tidak seimbang boleh menyebabkan perahu mudah senget dan tidak stabil di permukaan air.

Apabila kedudukan pusat graviti telah diketahui, analisis kestabilan dijalankan untuk menilai kemampuan perahu kembali kepada kedudukan asal selepas mengalami gangguan seperti ombak atau tiupan angin. Dalam proses ini, satu graf khas yang dikenali sebagai "graf GZ" digunakan untuk menggambarkan sejauh mana perahu boleh mengekalkan kestabilan pada pelbagai sudut olengan. Antara maklumat utama yang diperolehi termasuk sudut maksimum sebelum perahu hilang kestabilan, serta daya pemulih yang diperlukan untuk membolehkannya kembali tegak. Sekiranya daya pemulih ini tidak mencukupi, perahu berisiko untuk terbalik. Dalam konteks perahu tradisional, sebarang pengubahsuaian seperti penggunaan bahan ringan moden atau penambahan kelengkapan tambahan perlu dipertimbangkan kerana ia boleh memberi kesan terhadap kestabilan keseluruhan. Walaupun perubahan ini mungkin kelihatan kecil, kesannya terhadap keselamatan perahu boleh menjadi besar.



Secara keseluruhan, pendekatan moden dalam mendigitalkan dan menganalisis perahu tradisional melalui pembinaan model 3D, analisis hidrostatik, anggaran berat dan penilaian kestabilan memberikan satu kaedah yang lebih teratur dan tepat dalam usaha memelihara warisan maritim. Ketepatan data yang dikumpul serta pemahaman mendalam terhadap aspek daya apungan dan kestabilan amat penting bagi memastikan perahu yang dibina semula bukan sahaja menyerupai bentuk asal, malah selamat dan berfungsi seperti sepatutnya. Melalui penggunaan teknologi CAD, simulasi hidrostatik, pengiraan berat dan analisis kestabilan, reka bentuk boleh diperhalusi lebih awal sebelum pembinaan sebenar dilakukan. Ini membantu mengurangkan risiko kesilapan, menjimatkan bahan, serta memastikan keseimbangan perahu. Pendekatan ini bukan sahaja melestarikan nilai sejarah dan reka bentuk estetik perahu tradisional, malah turut membuka peluang untuk aplikasi dalam bidang penyelidikan, pendidikan, dan industri berkaitan.



PELAKSANAAN DIGITALISASI WARISAN PERAHU TRADISIONAL

4.1 PENGENALAN DAN KONSEP PELAKSANAAN PENDIGITALAN DI MALAYSIA

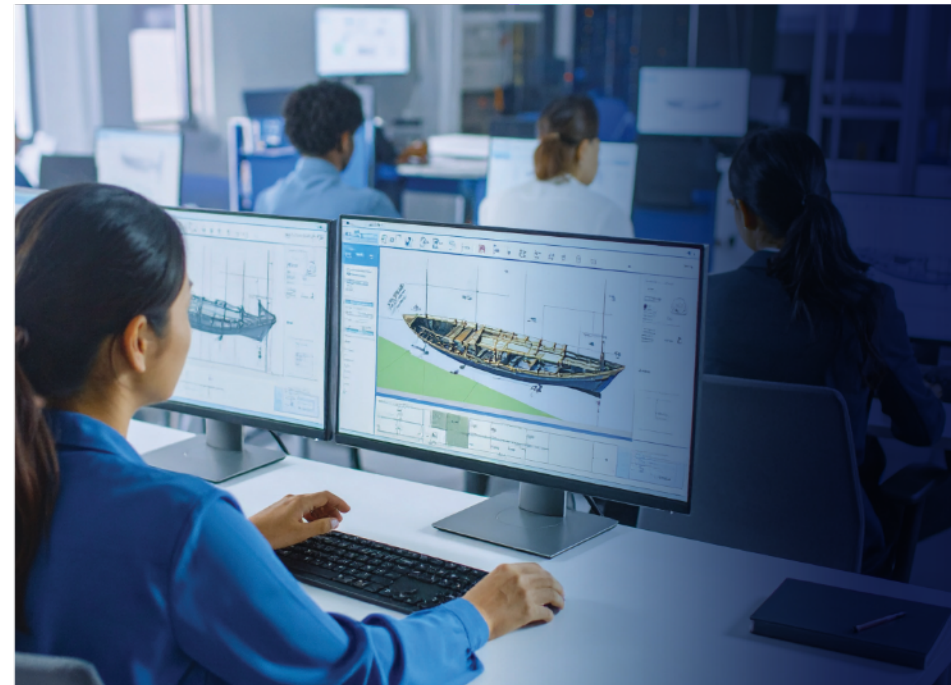
Perkembangan pendigitalan di Malaysia telah bermula pada tahun 1995, iaitu ketika pelancaran Koridor Raya Multimedia (MSC). Hal ini dikatakan demikian kerana, MSC merupakan langkah awal Malaysia dalam pendigitalan, fokus utama pada ketika itu ialah transformasi proses pentadbiran dan penyampaian perkhidmatan menggunakan teknologi maklumat dan komunikasi (ICT) serta multimedia. National IT Agenda (NITA) telah diperkenalkan pada tahun 1996 sebagai satu rangka kerja strategik untuk membangunkan teknologi maklumat di Malaysia. Menjelang tahun 2000, pelaksanaan NITA terus diperkukuh dengan pelbagai inisiatif yang memanfaatkan teknologi ICT bagi menyokong pembangunan negara dan merapatkan jurang digital dalam kalangan rakyat.

Konsep pendigitalan semakin mendapat tempat dalam bidang seni, budaya, dan warisan, termasuk warisan maritim di Malaysia. Pelaksanaannya melibatkan pelbagai pendekatan strategik, antaranya melalui Rangka Tindakan (Blueprint) Ekonomi Digital Malaysia yang bertujuan membina asas kukuh bagi mempercepatkan proses pendigitalan di seluruh negara. Rangka tindakan ini digerakkan melalui enam teras strategik utama, iaitu:

1. Memacu transformasi digital di sektor awam.
2. Meningkatkan daya saing ekonomi melalui digitalisasi.
3. Membangunkan infrastruktur digital.
4. Membangunkan tenaga kerja berkemahiran digital.
5. Mewujudkan masyarakat digital yang inklusif.
6. Mewujudkan persekitaran digital yang terjamin dan beretika.

Selaras dengan Rangka Tindakan (Blueprint) Ekonomi Digital Malaysia, digitalisasi warisan maritim berpotensi tinggi dalam menyumbang kepada sektor pendidikan dan pelancongan. Melalui sektor pelancongan, digitalisasi dapat meningkatkan pendapatan negara melalui aliran tunai yang tinggi oleh para pelancong yang masuk ke Malaysia. Perkara ini boleh dilakukan dengan cara berbelanja di dalam negara dan perusahaan kecil dan sederhana (PKS) dapat berkembang maju. Manakala, bagi sektor pendidikan menaik taraf sistem pendidikan yang lebih interaktif, dengan memperkenalkan pembelajaran yang lebih menarik. Maka, kedua-dua sektor tersebut penting dalam memperkasa ekonomi digital negara.

Melihat daripada sektor pendidikan, digitalisasi warisan boleh menjadikan pembelajaran dan pengajaran lebih interaktif dan menarik apabila bahan sejarah atau seni bina tradisional boleh diakses melalui platform digital. Bahan ini lebih mudah diteroka oleh penyelidik, pelajar atau masyarakat umum sama ada melalui laman sesawang atau model 3D. Pembelajaran tidak lagi terhad kepada bahan bercetak atau lawatan ke tapak fizikal sahaja, tetapi lebih berteknologi tinggi.



Oleh itu, dengan digitalisasi juga pembelajaran dan pengajaran lebih menjimatkan masa dan memudahkan pembelajaran, malah menarik minat generasi muda. Pembelajaran tentang pembuatan perahu tradisional pada zaman dahulu dapat dilihat dengan lebih menarik oleh para pelajar apabila Perahu Haluan Katup dapat dilihat seperti perahu asal. Digitalisasi warisan Perahu Haluan Katup ialah proses menukar keseluruhan maklumat fizikal perahu kepada bentuk digital. Dengan digitalisasi simulasi sebenar Perahu Haluan Katup dapat memberi keseronokan kepada pelajar dan pengguna. Sektor pelancongan Malaysia berpotensi besar untuk diperkasa melalui transformasi digital, selaras dengan aspirasi MyDIGITAL untuk menjadikan negara sebagai peneraju serantau dalam ekonomi digital. Inisiatif seperti kerjasama antara Tourism Malaysia dan Microsoft Malaysia menunjukkan komitmen dalam mempercepatkan pendigitalan sektor ini. Usaha-usaha ini bukan sahaja meningkatkan kecekapan penyampaian maklumat kepada pelancong, tetapi juga memperkukuh kedudukan Malaysia di peringkat antarabangsa sebagai destinasi pelancongan digital yang kompetitif.

Digitalisasi membolehkan kita merekod, menyimpan dan berkongsi maklumat tentang perahu dalam bentuk yang lebih mudah diakses serta membolehkan maklumat dapat dikaji dan dibina semula oleh generasi akan datang. Selain itu, dengan digitalisasi dapat memudahkan naik taraf sistem perisian dilakukan pada bila-bila masa bagi tujuan penambahbaikan. Tukang perahu dapat memberi sentuhan seni dan kreativiti yang lebih menarik terhadap reka bentuk Perahu Haluan Katup agar seni pertukangan perahu Melayu dapat dipersembahkan kepada masyarakat. Melalui kemajuan teknologi pada hari ini, pemeliharaan warisan budaya boleh dilaksanakan melalui kaedah digital yang lebih sistematik dan praktikal. Di Malaysia, pelbagai bentuk warisan budaya boleh diberi sentuhan teknologi digitalisasi termasuk reka bentuk perahu tradisional Melayu. Warisan yang hampir pupus ini adalah warisan maritim yang melambangkan nilai sejarah dan keunikan pertukangan masyarakat Melayu terdahulu.

Oleh itu, digitalisasi secara menyeluruh bagi warisan ini perlu diterapkan dan melibatkan proses menukar maklumat fizikal kepada bentuk digital dengan kaedah kejuruteraan terbalik. Pengukuran dan analisis ke atas pelan reka bentuk akan dilaksanakan bagi mendapatkan lukisan berbentuk 3D yang menarik. Bentuk digitalisasi yang biasa digunakan di Malaysia adalah:

1 PEMODELAN 3D

Pemodelan secara 3D dapat membantu merekodkan bentuk dan struktur perahu secara tepat untuk memastikan ciri-ciri asal dapat dikekalkan. Melalui kaedah ini, bentuk fizikal perahu didokumentasikan dalam bentuk tiga dimensi yang boleh menggunakan imbasan 3D atau perisian reka bentuk digital. Pemodelan ini membolehkan struktur perahu dilihat dari pelbagai sudut dan dianalisis secara terperinci tanpa risiko kerosakan pada perahu asal. Menerusi model 3D, elemen penting seperti sambungan kayu, sudut potongan dan ukiran tradisional dapat dikenal pasti dengan jelas. Kaedah ini sangat sesuai untuk tujuan simpanan digital, simulasi komputer, paparan muzium secara maya dan juga penghasilan semula replika perahu.

2 PEMETAAN DIGITAL

Melalui pemetaan digital, maklumat tentang lokasi dan status Perahu Haluan Katup dapat diketahui. Pemetaan digital digunakan untuk merekodkan senarai lokasi dan maklumat penting tentang perahu yang masih wujud. Seterusnya, akan disimpan bagi memudahkan pihak berkuasa, penyelidik atau komuniti setempat untuk membuat pemantauan secara berkala.

3 REKAAN SEMULA DIGITAL

Rekaan semula digital ialah proses penghasilan semula model perahu dalam bentuk digital. Penghasilan semula perahu ini berpandukan data ukuran sebenar, gambar lama dan sumber sejarah. Melalui proses ini, perahu yang telah rosak dapat dihasilkan semula menggunakan data yang dikumpulkan dan ditambah baik.

Teknologi komputer dan perisian reka bentuk seperti CAD boleh digunakan untuk pembinaan semula perahu atau dipamerkan dalam bentuk simulasi 3D. Kesemua bentuk digitalisasi ini saling melengkapi antara satu sama lain. Oleh itu, warisan perahu tradisional dapat dikekalkan secara fizikal dan digital. Malah, lebih mudah digunakan di pelbagai sektor seperti pendidikan, penyelidikan dan pelancongan.

4.2 PROJEK PERLINDUNGAN MELALUI DIGITALISASI DI MALAYSIA

Malaysia sangat komited dalam melindungi warisan dan budaya dalam negara untuk memastikan kesinambungan antara teknologi dan pemeliharaan warisan. Projek perlindungan warisan di Malaysia telah dilaksanakan oleh semua agensi kerajaan yang terlibat dalam semua bidang. Antaranya muzium, arkib negara, galeri seni dan institusi pendidikan. Pelbagai projek dokumentasi digital telah dilaksanakan bagi merekod dan memelihara warisan budaya.



Sebelum ini, beberapa projek telah dijalankan oleh institusi berkaitan bagi mengekalkan warisan tersebut melalui digitalisasi. Tumpuan utama dalam usaha memelihara adalah melindungi artifak maritim dan perahu bersejarah yang mempunyai nilai budaya yang tinggi. Melalui projek ini, reka bentuk asal warisan dapat didokumentasikan dan dipulihkan. Meskipun mungkin sudah tiada secara fizikal, namun bentuk asalnya masih boleh dipelihara dengan menggunakan teknologi digital. Usaha ini memerlukan kerjasama yang erat antara institusi penyelidikan dan agensi kerajaan untuk memastikan pemeliharaan terhadap perahu dapat dilaksanakan untuk kepentingan semua pihak. Perkembangan teknologi digital pembuatan pelan reka bentuk tidak ketinggalan dalam arus pemodenan. Pelan reka bentuk perahu tradisional Melayu boleh dianalisis menggunakan pelbagai kaedah, antaranya ialah kejuruteraan terbalik.

Maka, penyelidik boleh menggunakan pelbagai jenis kaedah bersesuaian dengan keperluan. Terdapat penyelidik menekankan kepentingan gabungan teknologi digital moden dengan kemahiran pertukangan tradisional. Gabungan ini sangat penting dalam memastikan nilai warisan maritim ini dapat direkodkan secara menyeluruh serta memastikan penggunaan teknologi digital mampu menyokong usaha pemeliharaan warisan secara lebih sistematik.

Seiring dengan perkembangan teknologi digital, pembangunan pusat pangkalan data bagi perahu yang mempunyai nilai sejarah boleh dibangunkan oleh para penyelidik. Salah satu bahan digitalisasi yang boleh dilaksanakan ialah arkib digital. Arkib digital dalam bentuk 3D dapat dicipta menggunakan kaedah kejuruteraan terbalik. Inisiatif ini membolehkan para pengkaji dan pembuat perahu mengakses pelan reka bentuk secara terperinci untuk tujuan penyelidikan dan projek pemulihan.



Bagi memulakan projek digitalisasi Perahu Haluan Katup, beberapa langkah penting boleh diambil, antaranya ialah:

1 PENGUMPULAN DATA DAN DOKUMENTASI

Langkah awal dalam usaha pendigitalan Perahu Haluan Katup melibatkan proses pengumpulan maklumat teknikal secara menyeluruh berkaitan struktur dan pembinaannya. Antara data utama yang perlu diperolehi termasuklah dimensi perahu, jenis bahan yang digunakan, teknik penyambungan kayu, jenis kayu tempatan yang digunakan, serta perincian seperti motif ukiran dan hiasan tradisional.

Namun, maklumat teknikal semata-mata tidak mencukupi. Elemen budaya yang berkait rapat dengan Perahu Haluan Katup turut perlu didokumentasikan. Ini termasuk sejarah penggunaannya dalam komuniti, kepercayaan dan pantang larang yang diamalkan, serta fungsi perahu dalam konteks sosial dan ekonomi masyarakat terdahulu. Salah satu sumber paling penting dalam mendapatkan maklumat ini ialah tukang perahu veteran, yang seringkali menyimpan ilmu turun-temurun secara lisan tanpa sebarang dokumentasi bertulis.

Melalui temu bual berstruktur dan rakaman video, pelbagai aspek pertukangan seperti teknik pembuatan, sebutan nama-nama bahagian perahu, serta langkah-langkah kerja dapat direkodkan dengan lebih terperinci. Ritual atau amalan khusus yang dilakukan sebelum atau selepas pembinaan perahu juga perlu direkod sebagai sebahagian daripada naratif budaya. Di samping itu, bahan sokongan seperti gambar lama, lakaran teknikal, atau maklumat daripada arkib, muzium, dan komuniti setempat turut dikumpulkan bagi memperkukuh dokumentasi serta menghasilkan gambaran yang lebih lengkap dan sahih mengenai warisan Perahu Haluan Katup.



2 PEMILIHAN TEKNOLOGI YANG SESUAI

Apabila data yang lengkap telah dikumpulkan, langkah seterusnya ialah memilih teknologi yang sesuai bagi proses digitalisasi. Beberapa teknologi boleh digunakan:



Pengimbasan 3D

Digunakan untuk merekod bentuk fizikal perahu secara terperinci.

Fotogrametri

Boleh dilakukan dengan kamera biasa. Kos lebih murah. Kaedah ini boleh dilakukan sebelum diproses menjadi model 3D.

Pemodelan CAD

Membantu menghasilkan model digital yang lengkap. Ia boleh digunakan untuk pembuatan semula atau kajian teknikal.

AR dan VR

Membantu dalam penyampaian maklumat kepada masyarakat. Model digital dihidupkan untuk tujuan pendidikan, pameran maya atau simulasi pelayaran.

3 MEMPROSES DAN MENGANALISIS DATA

Untuk memastikan Perahu Haluan Katup dapat dibina semula dengan tepat, pengumpulan data ukuran yang terperinci serta analisis yang rapi amatlah penting. Ketepatan maklumat ini menjadi asas utama dalam proses pembinaan semula yang mengekalkan bentuk asal perahu. Bagi menilai keupayaan dan prestasi perahu ketika berada di dalam air, kajian hidrodinamik boleh dilakukan menggunakan teknologi simulasi CAE. Melalui simulasi ini, pelbagai aspek penting seperti kestabilan, kelajuan, dan kebolehlayaran perahu dalam pelbagai kondisi air dan cuaca dapat dikaji dengan lebih mendalam. Apa yang dahulunya hanya difahami melalui pengalaman para nelayan kini boleh diterokai secara maya oleh penyelidik, pelajar, mahupun orang awam.

Model digital yang dihasilkan daripada data ini bukan sahaja membantu dalam pemuliharaan dan pembinaan semula perahu, malah boleh dijadikan sebagai bahan pameran maya atau kandungan pembelajaran interaktif. Pendekatan ini memberikan satu pengalaman baharu yang lebih menarik dan mudah difahami, seterusnya berpotensi menarik minat generasi muda serta masyarakat umum untuk mendalami warisan maritim tradisional yang kian dilupakan.

4 PENYEBARAN DAN PENGGUNAAN MAKLUMAT DIGITAL

Maklumat yang telah siap didokumentasikan secara digital boleh digunakan untuk manfaat pelbagai pihak. Maklumat ini perlu dikembangkan melalui pelbagai medium supaya dapat diakses, dan difahami oleh semua lapisan masyarakat. Penyebaran dan penggunaan maklumat digital yang boleh dilakukan ialah:

PAMERAN MUZIUM DIGITAL

Pameran Muzium Digital ialah antara platform paling sesuai untuk menyebarkan maklumat tentang Perahu Haluan Katup kepada masyarakat umum. Maklumat dan model 3D boleh dikongsi secara interaktif melalui pelbagai saluran seperti:

- Kiosk digital di muzium
- Paparan *touchscreen* di galeri warisan
- Aplikasi interaktif untuk telefon pintar
- Laman web rasmi muzium

Teknologi ini boleh dimanfaatkan untuk menghidupkan semula warisan yang mungkin sukar dipamerkan secara fizikal akibat faktor kerosakan atau nilai warisan yang tidak boleh dipindahkan. Dengan menggunakan teknologi, pengunjung boleh merasai sendiri pengalaman memasuki ruang perahu secara digital.

APLIKASI PENDIDIKAN

Dalam sektor pendidikan, maklumat yang didokumenkan secara digital sangat bernilai. Kandungan digital ini boleh disusun menjadi bahan pembelajaran khusus untuk pelajar sekolah, institusi pengajian tinggi dan juga komuniti setempat.

Maklumat ini boleh dijadikan sebahagian daripada modul sejarah, seni budaya atau reka bentuk teknologi untuk pembelajaran di peringkat sekolah. Kaedah ini membantu pelajar mengenali reka bentuk dan struktur perahu tradisional, nilai budaya masyarakat maritim terdahulu dan melihat secara visual model Perahu Haluan Katup dalam bentuk 3D atau animasi digital.

Manakala di peringkat institusi pengajian tinggi, maklumat ini boleh digunakan sebagai bahan kajian akademik dalam bidang warisan, antropologi, seni bina, kejuruteraan maritim dan juga teknologi digital. Bukan itu sahaja, komuniti setempat juga boleh mendapat manfaat apabila maklumat ini dijadikan bahan pendidikan komuniti.

REPLIKASI DAN PEMBINAAN SEMULA

Pembuat perahu moden boleh menghasilkan replika atau pembinaan semula melalui maklumat digital yang didokumentasikan. Model digital ini lengkap dengan spesifikasi teknikal, ukuran asal dan data struktur yang boleh dijadikan rujukan. Replika atau pembinaan semula Perahu Haluan Katup boleh dihasilkan untuk pelbagai tujuan. Antaranya ialah:

- Projek penyelidikan kejuruteraan maritim
- Pameran warisan fizikal di muzium
- Pameran untuk pelancongan budaya
- Aktiviti pelayaran di acara maritim



4.3 FUNGSI INSTITUSI PENYELIDIKAN DAN UNIVERSITI

Institusi penyelidikan seperti universiti perlu memainkan peranan penting dalam usaha memelihara dan mendokumentasikan warisan perahu tradisional di Malaysia, khususnya melalui penggunaan teknologi moden dan kaedah digital. Sebagai pusat ilmu dan rujukan utama, universiti bukan sahaja menjalankan penyelidikan mendalam berkaitan sejarah dan reka bentuk perahu tradisional, malah turut mengetuai usaha dalam mendigitalkan maklumat warisan ini. Para penyelidik akan mengenal pasti cara terbaik untuk memelihara warisan tersebut, sama ada melalui kerja baik pulih fizikal, pembinaan semula model, atau dokumentasi digital agar pengetahuan dan nilai budaya ini tidak hilang ditelan zaman.

Kajian terhadap usaha pemeliharaan budaya sangat penting untuk memastikan ilmu pertukangan perahu tradisional tidak hilang begitu sahaja. Selama ini, kemahiran ini diwariskan melalui pengalaman langsung, di mana tukang perahu muda belajar secara praktikal bersama tukang yang lebih berpengalaman. Institusi penyelidikan seperti universiti boleh memainkan peranan penting dalam memperkenalkan teknologi moden bagi membantu merekod dan menganalisis data berkaitan warisan. Dengan bantuan peralatan dan perisian khas, maklumat teknikal dan elemen budaya perahu tradisional dapat direkodkan dengan lebih tepat dan sistematik, sekali gus memudahkan pemeliharaan serta pembelajaran oleh generasi akan datang. Tambahan pula, institusi seperti universiti juga mempunyai fungsi untuk penerbitan ilmiah melalui hasil kajian yang dilakukan kemudian diterbitkan dalam bentuk laporan, buku, jurnal atau artikel ilmiah untuk bacaan umum. Memberi latihan juga antara fungsi universiti yang akan memberi latihan bagi tujuan melatih pelajar, komuniti dan generasi muda tentang kaedah digitalisasi warisan. Program dan latihan boleh dianjurkan bersama komuniti tukang perahu dan institusi warisan seperti muzium dan sebagainya.

Selain itu, menyediakan bengkel pertukangan tradisional dan kemahiran seni pembuatan perahu secara praktikal daripada tukang perahu yang lebih berpengalaman kepada generasi muda serta komuniti setempat. Manakala, kursus pendokumentasian digital juga boleh dilaksanakan untuk memberi bimbingan dalam mempelajari teknik merekodkan data warisan secara sistematik dengan menggunakan teknologi moden.



Selain menjalankan penyelidikan, institusi penyelidikan seperti universiti juga berperanan melatih generasi muda sebagai pelapis dalam bidang warisan budaya, digitalisasi dan kejuruteraan maritim. Usaha ini penting bagi memastikan kesinambungan pengetahuan serta integrasi antara ilmu moden dan tradisi maritim dapat diteruskan.

Dalam masa yang sama, kerjasama dengan komuniti setempat seperti nelayan, tukang perahu berpengalaman, dan persatuan kebudayaan turut dijalinan. Jaringan ini membantu mendapatkan maklumat yang tepat dan sahih untuk memastikan proses digitalisasi warisan perahu dijalankan dengan teliti dan berlandaskan fakta yang kukuh. Maka, dapat disimpulkan bahawa fungsi setiap agensi penting untuk menjadi penggerak masa hadapan pemeliharaan budaya warisan. Tanpa kerjasama semua pihak, fungsi digitalisasi untuk pemeliharaan warisan perahu tradisional tidak akan berhasil. Universiti juga berperanan sebagai penggerak kepada inovasi. Dengan kemudahan dan tenaga pakar yang dimiliki, universiti boleh meneroka kaedah baru yang lebih menarik untuk pengajian tentang warisan perahu tradisional. Apabila universiti menghasilkan warisan fizikal perahu tradisional dalam bentuk digital, contohnya dalam model 3D, langkah ini dapat membantu pemeliharaan warisan supaya tidak hilang. Malah, generasi muda juga lebih tertarik untuk mengenali warisan perahu tradisional. Kreativiti pakar memberi peluang kepada masyarakat yang berminat untuk terus belajar tentang warisan perahu tradisional dan teknologi digitalisasi. Dengan menyatukan teknologi moden, tenaga pakar, penyelidik dan tukang perahu, warisan perahu tradisional ini akan lebih dikenali dan dihargai oleh orang ramai. Oleh itu, universiti dan institusi penyelidik merupakan satu badan yang sangat penting kerana menjadi penggerak utama yang menghidupkan semula warisan ini dengan cara yang moden dan menarik.

4.4 PENGGUNAAN TEKNOLOGI REALITI MAYA (VR) DAN TEKNOLOGI REALITI TERIMBUH (AR)

Penggunaan teknologi VR dan AR mampu memperkasakan digitalisasi perahu Haluan Katup. Teknologi ini memberikan pengalaman interaktif yang menarik kepada masyarakat khususnya generasi muda. Teknologi VR, boleh membuatkan pengguna merasakan seperti berada di atas perahu. Teknologi ini boleh memberi pengalaman yang menarik kepada pengguna seperti melihat pemandangan pesisir pantai, mendengar deruan angin dan bunyi air hanya dengan memakai alat VR.

Secara ringkasnya, VR merupakan teknologi yang boleh memberi pengalaman dunia digital yang berinteraksi sepenuhnya dengan pengguna. Dengan menggunakan peranti khas seperti alat pandang dengar VR, pengguna seolah-olah sedang berada di dunia lain. Contohnya seperti pengguna sedang menaiki perahu untuk menyeberangi sungai atau muara dari tempat mereka berada sama ada di ruang tamu atau di ruang pejabat. Manakala AR pula ialah hasil gabungan unsur-unsur dunia nyata dengan elemen maya melalui peranti seperti telefon pintar atau tablet. Teknologi ini membolehkan pengguna melihat objek-objek yang ditambah ke dunia nyata.

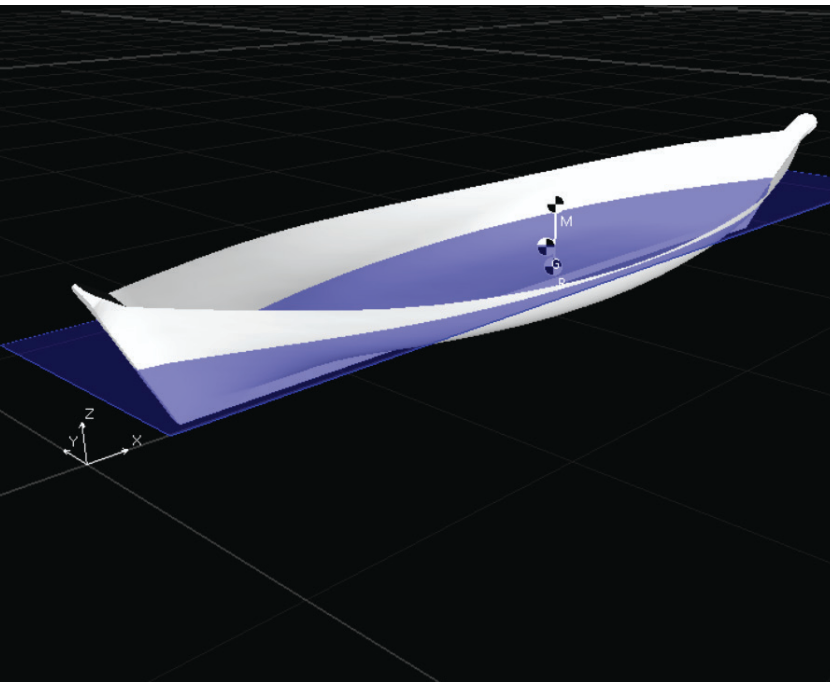
Melalui teknologi AR, pengguna berpeluang melihat Perahu Haluan Katup secara langsung dalam bentuk digital menerusi telefon pintar. Sebagai contoh, pengguna hanya perlu membuka aplikasi kamera dan imej perahu akan muncul di skrin dalam skala sebenar. Seolah-olah perahu sedang berada di hadapan mereka. Dengan cara ini, pengguna tidak lagi perlu ke muzium atau lokasi asal perahu tersebut kerana mereka dapat melihat dan menerokanya dengan jelas.

Teknologi VR dan AR sangat sesuai untuk kegunaan dalam program pelancongan, institusi pendidikan dan muzium. Antara kelebihanannya adalah:

1. Menarik minat generasi muda terhadap warisan maritim.
2. Mengukuhkan aktiviti pendidikan dan meningkatkan minat pelajar.
3. Membolehkan generasi hari ini mengakses kepada perahu Haluan Katup yang semakin sukar ditemui.
4. Menghidupkan semula suasana pelayaran masyarakat terdahulu dalam bentuk maya.
5. Memperkuat promosi pelancongan bagi warisan maritim masyarakat Melayu.

Pelaksanaan teknologi VR dan AR di beberapa buah negara maju telah berjaya menarik pelancong dan pelajar ke pusat warisan digital. Malaysia juga berpotensi besar untuk memanfaatkan teknologi tinggi. Perahu Haluan Katup adalah antara perahu tradisional yang mempunyai warisan budaya maritim yang penting dalam peradaban Melayu dan perlu dipelihara. Oleh itu, digitalisasi melalui AR dan VR memberi peluang besar untuk memperkenalkan warisan budaya kepada generasi akan datang dalam bentuk yang lebih menarik.

4.4.1 MODEL 3D DAN SIMULASI TRADISIONAL



Model 3D merupakan salah satu aplikasi VR dan AR dalam digitalisasi. Dengan model 3D yang sangat terperinci, pengguna dapat melihat perahu Haluan Katup dari pelbagai sudut. Mereka dapat mempelajari setiap komponen yang membentuk struktur perahu tersebut dengan membesarkan atau mengecilkan visual yang ada di hadapan mereka.

Lebih menarik lagi, teknologi VR memberi peluang kepada pengguna untuk merasai sendiri pengalaman menaiki Perahu Haluan Katup secara maya. Pengguna juga dapat melihat dengan lebih jelas bagaimana perahu ini digunakan. Teknologi AR pula membolehkan pengguna melihat perahu seperti realiti sebenar dengan hanya menghalakan kamera telefon atau tablet ke arah imej perahu sama ada dalam poster, buku atau paparan tertentu.

Apabila kamera dihalakan, perahu itu akan 'hidup' serta-merta dalam bentuk 3D di skrin peranti mereka. Bentuk 3D ini akan menjadikan proses pembelajaran menjadi lebih menarik, interaktif dan mudah difahami, terutamanya bagi generasi muda yang lebih dekat dengan teknologi. Malah, dengan digitalisasi AR dan VR dapat memberi pengalaman yang interaktif terhadap pengguna.

4.4.2 MENINGKATKAN AKSESIBILITI DAN PENYEBARAN PENGETAHUAN

Salah satu tujuan utama digitalisasi warisan ialah untuk membolehkan lebih ramai orang mengakses atau mendapatkan maklumat tentang Perahu Haluan Katup dengan lebih mudah. Teknologi AR dan VR memainkan peranan dalam menyebarkan ilmu pengetahuan tentang sejarah dan proses pembinaan perahu tradisional di Malaysia termasuk Haluan Katup. Setiap lapisan masyarakat dapat melihat dan mempelajari tentang perahu tradisional secara interaktif.

Teknologi memberi peluang kepada semua orang untuk memahami warisan maritim Malaysia tanpa mengira jarak dan lokasi. Dengan adanya teknologi VR dan AR dalam program pendidikan dan kebudayaan, warisan perahu bukan lagi sekadar hiasan di muzium atau gambar dalam buku teks, tetapi boleh dipersembahkan dengan cara yang lebih menarik untuk menaikkan minat masyarakat untuk mempelajari warisan budaya. Selain itu, digitalisasi melalui VR dan AR juga berfungsi sebagai usaha pemeliharaan untuk menjaga ketulenan dan keaslian warisan. Digitalisasi juga dapat menyimpan semua maklumat dalam bentuk digital yang lebih tahan lama berbanding objek fizikal yang mungkin terdedah kepada kerosakan akibat disimpan terlalu lama dan cuaca panas.

Kesimpulannya, penggunaan kaedah digital seperti pemodelan 3D, pemetaan digital dan rekaan semula digital dapat menyelamatkan warisan Perahu Haluan Katup. Malah, kaedah mendokumentasikan warisan secara digital lebih menarik dan moden, yakni maklumat tentang perahu tradisional tidak lagi terhad dalam buku atau muzium sahaja tetapi disampaikan dengan lebih interaktif dan kreatif. Justeru, proses digitalisasi memerlukan penelitian dan pengukuran yang tepat serta cermat ketika proses mengambil maklumat untuk memastikan data yang diperoleh adalah tepat dan sahih untuk digunakan dalam proses pembinaan perahu. Penggunaan teknologi terkini harus diutamakan untuk menarik minat generasi muda serta meningkatkan kesedaran masyarakat umum tentang kepentingan memelihara khazanah maritim. Pelaksanaan ini bukan sekadar berfungsi sebagai langkah pemeliharaan warisan Perahu Haluan Katup semata-mata, malah turut menjadi pemangkin kepada pendidikan warisan supaya generasi muda terus diberi kesedaran tentang kepentingan menjaga warisan budaya.

PENDIGITALAN ARTIFAK PERAHU HALUAN KATUP

5.1 PROSES MENGUKUR PERAHU HALUAN KATUP

Langkah awal yang paling penting dalam proses pendigitalan perahu Haluan Katup ialah menjalankan kerja-kerja pengukuran secara fizikal ke atas perahu asal yang masih wujud. Proses ini dilakukan terus di tapak asal perahu, iaitu di Muzium Negeri Terengganu. Tanpa ukuran yang tepat, pembangunan model digital tidak akan dapat mencerminkan bentuk sebenar perahu tersebut dengan jitu.

Beberapa peralatan asas digunakan semasa pengukuran, antaranya pita ukur, pembaris pembentuk tepi, angkup vernier, dan alat pengukur laser. Bahagian-bahagian utama perahu yang diukur termasuk panjang keseluruhan perahu, kelebaran maksimum, tinggi dari lunas hingga ke bahagian atas perahu, serta ketinggian haluan dan buritan. Untuk merekodkan bentuk lengkung badan perahu, pembaris pembentuk tepi digunakan bagi menyesuaikan dengan kontur kayu yang melengkung.

Bagi mendapatkan data yang menyeluruh, badan perahu dibahagikan kepada beberapa bahagian utama yang dikenali sebagai stesen pengukuran. Sebanyak lima stesen telah ditetapkan dari bahagian haluan ke buritan. Di setiap stesen ini, ukuran rentas diambil merentasi badan perahu dari kiri ke kanan dan dari dasar ke atas. Kaedah ini membantu memastikan semua variasi bentuk dan lengkung perahu direkod secara sistematik. Selain bentuk luaran, struktur dalaman perahu turut diukur dan direkodkan dengan teliti, termasuklah kedudukan kun, lunas, lantai, sambungan kayu, dan penguat yang digunakan. Semua pemerhatian ini dilakar secara manual dan dicatat di atas kertas sebagai rujukan awal sebelum data tersebut dipindahkan ke dalam perisian digital. Tempoh yang diperlukan untuk menyelesaikan pengukuran bergantung pada saiz dan keadaan fizikal perahu, ada yang mengambil masa beberapa jam, dan ada juga yang memerlukan beberapa hari. Walaupun proses ini kelihatan ringkas, namun inilah bahagian paling kritikal dalam keseluruhan proses pendigitalan. Ketepatan data pada peringkat ini menentukan ketepatan setiap model 3D, lukisan teknikal, dan pelan digital yang akan dihasilkan selepasnya.



5.2 MEREKOD UKURAN PERAHU HALUAN KATUP DALAM BORANG REKOD

Selepas selesai menjalankan kerja pengukuran fizikal ke atas perahu Haluan Katup di lokasi artifaknya, langkah penting yang seterusnya ialah merekodkan semua data yang diperolehi dengan sistematik dan terperinci. Ini bukan sekadar mencatat bacaan angka, tetapi merupakan proses penting untuk memastikan bentuk sebenar dan ciri struktur perahu dapat diterjemahkan dengan tepat dalam bentuk digital.

Perahu Haluan Katup mempunyai reka bentuk yang tersendiri, antaranya lunas yang panjang dan dalam, haluan yang sedikit menonjol ke atas, serta susunan kun yang rapat di bahagian tengah badan perahu. Semua ciri ini perlu direkod dalam satu borang khas yang direka khusus untuk dokumentasi perahu tradisional. Borang ini mengandungi pelbagai bahagian bagi merekod maklumat seperti panjang keseluruhan, lebar maksimum, ketinggian dari lunas ke sisi atas, jarak antara kun, ketebalan struktur, bentuk profil haluan dan buritan, serta bentuk kelengkungan sisi badan perahu. Selain itu, struktur dalaman seperti palang dek, sistem pengukuhan sisi, dan ruang apungan juga diambil kira dalam dokumentasi ini.



Untuk memudahkan proses pengukuran dan pemetaan bentuk badan perahu, struktur perahu dibahagikan kepada beberapa stesen ukuran yang tersusun dari haluan ke buritan. Di setiap stesen, ukuran silang rentas diambil meliputi bacaan lebar dari sisi ke sisi dan ketinggian dari lunas ke bahagian atas perahu. Teknik ini membantu mengenal pasti perubahan bentuk secara berperingkat sepanjang badan perahu, yang sangat penting kerana setiap Haluan Katup mungkin sedikit berbeza bergantung kepada tangan tukang yang membinanya.

Lakaran tangan turut dilukis dan dilampirkan bersama borang untuk memberikan gambaran awal tentang bentuk keratan rentas di setiap stesen. Lukisan ini sangat penting untuk pereka digital mengenal pasti profil khas Haluan Katup, seperti bentuk dasar yang lebih melengkung dan sisi yang melebar secara semula jadi. Inilah antara identiti unik Haluan Katup yang membezakannya daripada jenis perahu lain dan perlu dikekalkan sepanjang proses pendigitalan.

Sebagai tambahan, gambar-gambar perahu juga dirakam dari pelbagai sudut seperti pandangan sisi kiri dan kanan, hadapan, buritan serta bahagian dalaman seperti susun atur rantai dan kedudukan kun. Setiap gambar ditanda dan dipadankan dengan kod stesen ukuran bagi memudahkan rujukan visual ketika proses pemindahan data ke perisian digital dijalankan.

Keseluruhan langkah ini bertujuan untuk memastikan tidak ada satu pun perincian penting yang terlepas pandang. Dengan adanya borang dokumentasi yang lengkap dan visual sokongan yang teratur, proses pembangunan model digital Haluan Katup dapat dilaksanakan dengan lebih tepat dan menyeluruh oleh pasukan penyelidik pada peringkat seterusnya.



Proses merekod data secara manual pada struktur perahu.

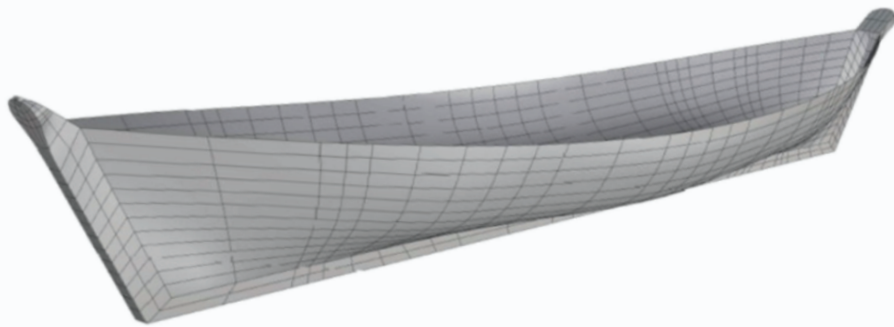
5.3 PEMINDAHAN KEPADA FORMAT DIGITAL

Setelah semua ukuran dan maklumat berkaitan perahu Haluan Katup direkod dengan lengkap, langkah seterusnya ialah membina semula bentuk perahu ini dalam bentuk digital menggunakan perisian komputer. Proses ini membuka peluang untuk menampilkan kembali perahu tradisional dalam bentuk moden, bukan lagi sekadar lukisan tangan atau foto dua dimensi, tetapi sebagai model 3D yang boleh diputar, diperbesar, atau diteliti dari pelbagai sudut.

Melalui penggunaan perisian CAD, setiap data ukuran daripada stesen pengukuran dimasukkan secara manual. Rentas lebar dan tinggi di setiap titik badan perahu disusun dan disambungkan bagi membentuk rangka awal kontur perahu Haluan Katup. Hasilnya, satu bentuk digital mula terbina yang mencerminkan rupa fizikal perahu tersebut dalam bentuk rangka garis dan permukaan asas. Selepas struktur asas selesai dibina, perincian mula ditambah untuk memberikan gambaran yang lebih menyeluruh dan realistik. Antara elemen penting yang dimasukkan termasuklah susunan papan lantai, kedudukan kun, bentuk dek, serta profil haluan dan buritan. Dengan ini, model digital yang terhasil bukan sahaja berfungsi sebagai dokumentasi visual, malah menjadi asas untuk menghasilkan pelbagai jenis lukisan teknikal seperti lukisan artistik, pandangan terpisah (*exploded view*), dan pelan garis (*lines plan*).

Salah satu kelebihan besar model digital ialah kebolehannya untuk disimpan, dikongsi dan digunakan dalam pelbagai platform. Model perahu Haluan Katup ini boleh disebarkan kepada penyelidik, pelajar atau dipaparkan dalam pameran digital interaktif. Ia juga berpotensi digunakan dalam simulasi komputer seperti ujian daya apungan, analisis struktur atau kajian pergerakan di permukaan air.

Secara keseluruhannya, proses ini menjadi satu pencapaian penting dalam usaha memelihara warisan maritim. Perahu Haluan Katup kini bukan lagi hanya dikenang sebagai tinggalan fizikal di muzium, tetapi turut wujud dalam bentuk maya yang dapat dikaji dan dihargai oleh generasi masa kini dan akan datang, menjadikannya lebih relevan dan mudah diakses pada zaman digital ini.



Data ukuran dipindahkan ke dalam bentuk digital tanpa mengubah bentuk asal perahu.

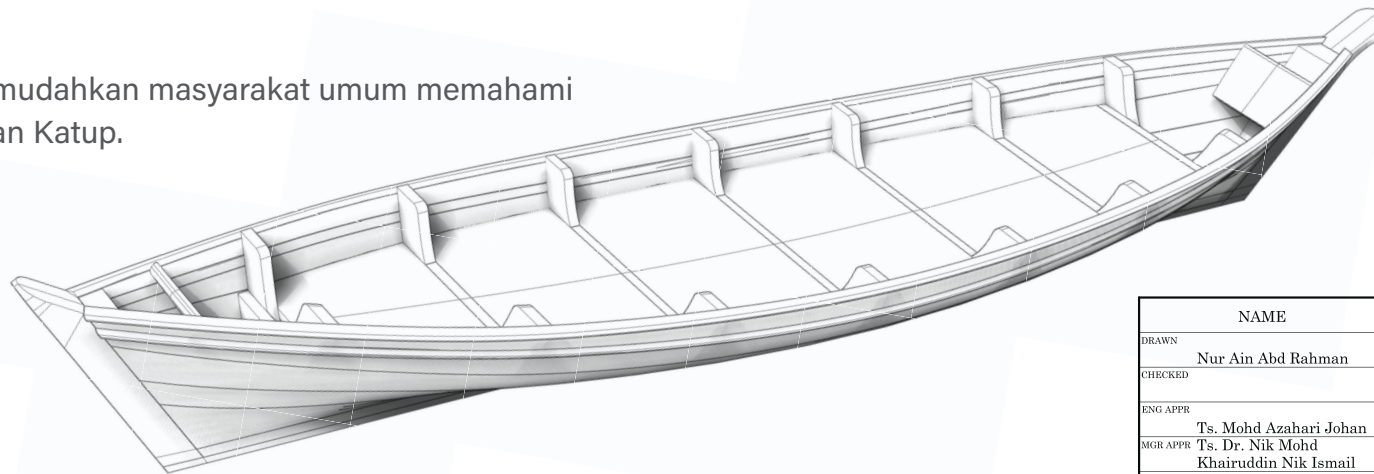
5.4 WARISAN PERAHU HALUAN KATUP MELALUI LUKISAN ARTISTIK

Antara hasil paling menarik daripada usaha pendigitalan perahu Haluan Katup ialah penghasilan lukisan artistik. Berbeza dengan lukisan teknikal, lukisan ini tidak bertujuan untuk analisis struktur secara terperinci, sebaliknya berfungsi untuk memperkenalkan bentuk perahu Haluan Katup dengan cara yang lebih mesra dan mudah difahami oleh orang ramai.

Lukisan ini dihasilkan berasaskan model digital yang telah dibangunkan sebelum ini. Menggunakan sudut pandangan seperti isometrik atau perspektif, bentuk perahu Haluan Katup digambarkan dengan lengkap, dari haluannya yang berbentuk tirus, badan perahu yang melengkung dengan lembut, hingga ke buritan yang lebih rendah. Garisan bayang dan lapisan warna turut ditambah untuk menonjolkan ciri ketebalan dan bentuk struktur kayu dengan lebih jelas dan estetik. Berbanding lukisan teknikal yang dipenuhi ukuran dan label, lukisan artistik lebih memberi penekanan kepada persembahan visual yang menyeluruh dan menarik. Ia sesuai dijadikan bahan pameran di muzium, buku warisan, papan maklumat di tapak pelancongan, mahupun bahan promosi budaya. Hanya dengan satu pandangan, penonton boleh membayangkan rupa sebenar perahu Haluan Katup tanpa memerlukan penjelasan panjang lebar.

Dalam bidang pendidikan, lukisan artistik ini juga amat berguna. Dalam sesi pengajaran atau bengkel warisan maritim, ia dapat membantu pelajar mengenal bahagian penting perahu seperti lunas, kun, lambung, dan kedudukan lantai dalaman. Lukisan ini menjadi medium awal untuk memperkenalkan struktur perahu tradisional kepada generasi muda dengan cara yang lebih visual dan mudah didekati. Tambahan pula, lukisan ini mampu menggambarkan perahu Haluan Katup dalam pelbagai situasi, sama ada sedang digunakan di atas air, dalam fasa pembinaan, atau dalam keadaan ditambat di tepi sungai. Paparan seperti ini menambahkan unsur cerita, menjadikan perahu Haluan Katup kelihatan hidup dan relevan dalam konteks sejarah dan kehidupan masyarakat terdahulu. Melalui lukisan artistik yang dihasilkan dengan teliti dan penuh nilai estetik, keindahan pertukangan perahu Haluan Katup dapat diserlahkan. Ia bukan sekadar satu bentuk ilustrasi, tetapi juga satu penghargaan visual terhadap warisan seni bina maritim Melayu yang wajar dipelihara dan dibanggakan untuk generasi masa depan.

Visual artistik memudahkan masyarakat umum memahami reka bentuk Haluan Katup.



PRINCIPAL DIMENSION	
LOA	4.220 m
LBP	3.730 m
LWL	3.810 m
BREATH, B	0.852 m
DEPTH, D	0.345 m
DRAFT, T	0.250 m

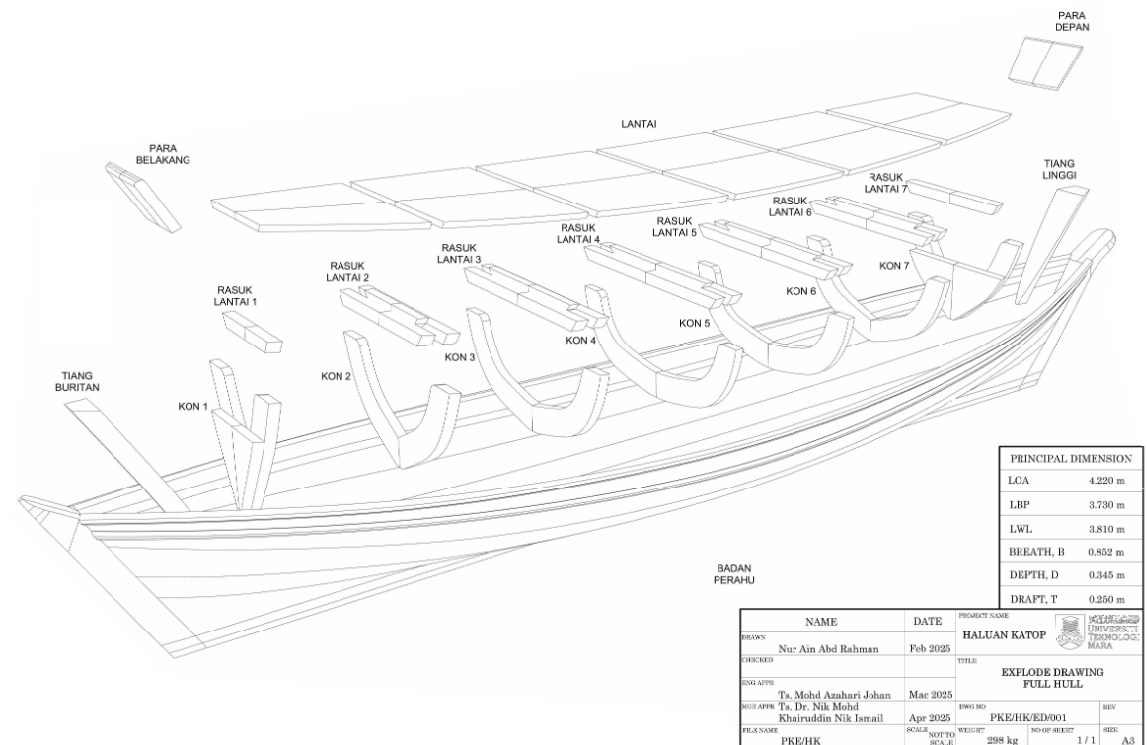
NAME	DATE	PROJECT NAME	
DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP	
CHECKED		TITLE	
ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025	ARTISTIC DRAWING FULL HULL	
MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/AD/001	REV
FILE NAME PKE/HK	SCALE NOT TO SCALE	WEIGHT 298 kg	NO OF SHEET 1 / 1 SIZE A3

5.5 BAHAGIAN-BAHAGIAN PERAHU HALUAN KATUP MELALUI PANDANGAN TERPISAH

Bagi mendalami pemahaman terhadap struktur dalaman perahu Haluan Katup, satu pendekatan visual yang berkesan telah digunakan iaitu lukisan pandangan terpisah (*exploded view*). Melalui pendekatan ini, setiap komponen utama perahu digambarkan seolah-olah terapung dan terpisah sedikit antara satu sama lain, tetapi masih mengekalkan susun atur asal. Teknik ini membolehkan penonton melihat bagaimana bahagian-bahagian perahu disusun dan disambungkan secara keseluruhan, tanpa perlu membongkarnya secara fizikal.

Perahu Haluan Katup terdiri daripada pelbagai elemen kayu seperti lunas, kun, papan lantai, lambung, rasuk melintang dan panel tambahan di bahagian haluan serta buritan. Dalam lukisan pandangan terpisah, setiap satu daripada komponen ini ditunjukkan secara berasingan dan jelas. Jarak antara bahagian dikekalkan agar susunannya kekal tersusun, sekali gus memudahkan sesiapa yang melihatnya memahami fungsi dan kedudukannya.

Visual jenis ini amat berguna bukan sahaja untuk memahami struktur binaan perahu, tetapi juga sebagai rujukan dalam proses pendidikan dan pembinaan semula. Sama ada dalam projek pembuatan model berskala kecil atau usaha merekonstruksi semula perahu sebenar, lukisan ini menjadi panduan penting yang menjelaskan hubungan antara komponen dengan tepat dan mudah difahami.



Lebih daripada itu, pandangan terpisah ini menyerlahkan seni pertukangan Melayu yang tinggi nilainya. Ia memperlihatkan bagaimana struktur perahu Haluan Katup dibina sepenuhnya melalui teknik sambungan kayu yang rumit, tanpa bergantung kepada paku moden. Setiap sambungan mencerminkan kemahiran tukang perahu yang diwarisi sejak turun-temurun, menjadikan hasilnya bukan sahaja kuat tetapi juga estetik. Lukisan ini bukan sekadar bahan dokumentasi dalam buku, malah sesuai dipaparkan dalam bentuk pameran interaktif. Dalam aplikasi digital atau realiti maya, model ini boleh diteroka secara tiga dimensi, pengguna boleh memutar, membesarkan, dan melihat setiap bahagian dari pelbagai sudut dengan lebih dekat. Ini memberi pengalaman pembelajaran yang lebih menarik dan mendalam.

Secara keseluruhannya, pendekatan pandangan terpisah membawa perahu Haluan Katup ke tahap dokumentasi yang lebih tinggi. Ia membolehkan warisan ini difahami bukan sahaja dari luarannya, tetapi juga dari aspek kejuruteraan dalaman yang kompleks dan halus. Dengan itu, perahu Haluan Katup dapat dihargai bukan sekadar sebagai objek fizikal, tetapi sebagai lambang kebijaksanaan seni bina maritim tradisional Melayu.

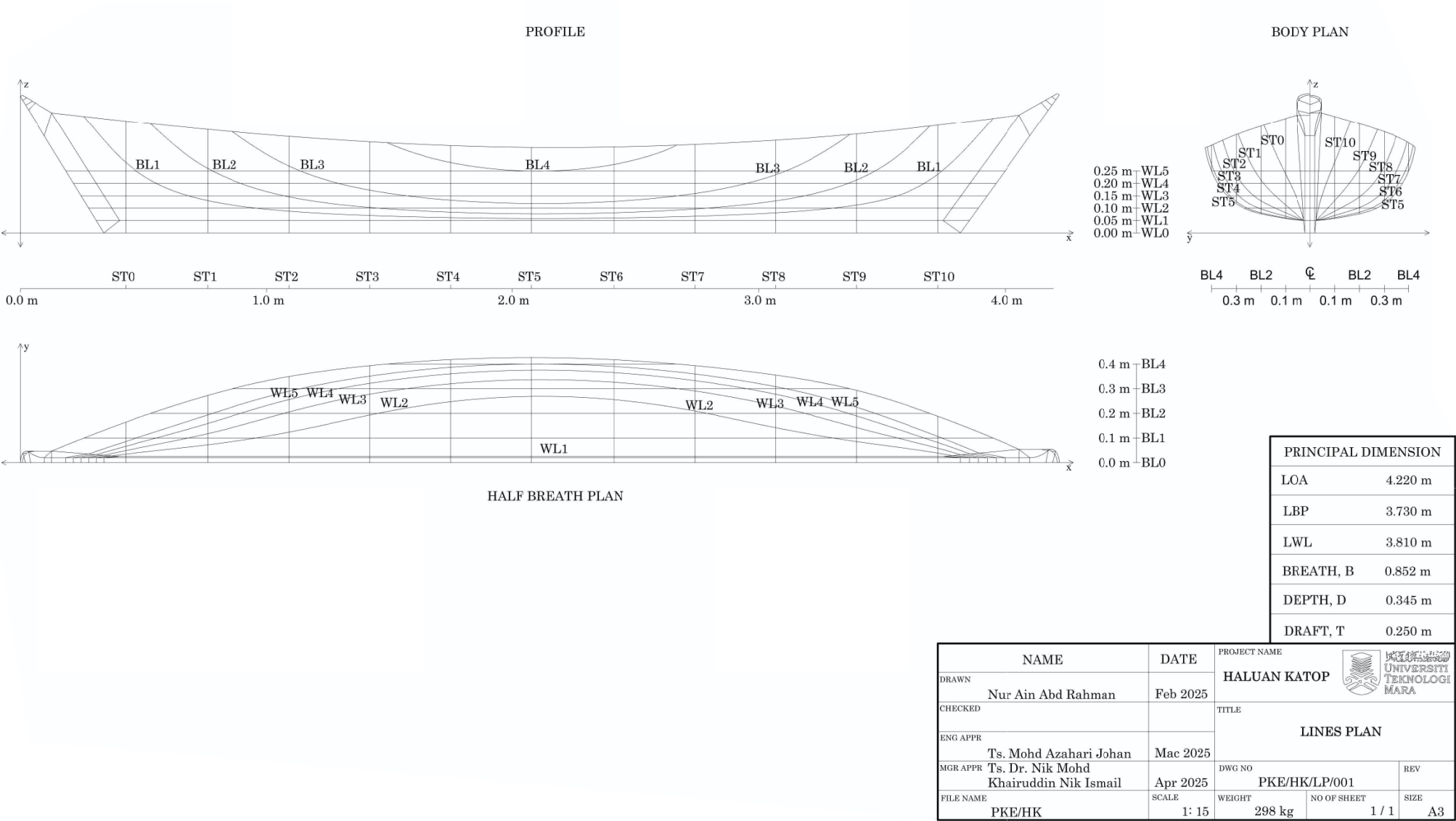
5.6 BENTUK ASLI PERAHU HALUAN KATUP MELALUI LUKISAN PELAN GARIS

Lukisan pelan garis, ialah sejenis lukisan teknikal yang menjadi asas kepada semua bentuk rekabentuk perahu dan kapal. Ia menyatakan bentuk sebenar badan perahu dalam tiga pandangan utama iaitu pandangan sisi (*profile view*), pandangan atas (*half-breadth plan*), dan pandangan hadapan atau pandangan rentas silang (*body plan*). Dalam konteks perahu Haluan Katup, lukisan garis pelan ini amat penting untuk merekodkan bentuk asalnya secara berskala dan profesional. Lukisan ini dihasilkan terus daripada model digital perahu Haluan Katup, dengan mengambil data koordinat dari stesen ukuran fizikal yang telah direkodkan lebih awal. Dalam pandangan sisi, kita dapat melihat bentuk melengkung perahu dari haluan ke buritan, termasuk profil lunas dan ketinggian haluan. Pandangan atas pula menunjukkan lebar maksimum, tirus sisi, dan bentuk badan secara keseluruhan. Sementara itu, pandangan hadapan atau pandangan rentas silang memperlihatkan bentuk perahu di pelbagai titik penting untuk memahami kecondongan sisi dan bentuk dasar perahu.

Kelebihan utama lines plan ialah ketepatannya. Ia digunakan dalam rekabentuk semula perahu, pengiraan hidrostatik, analisis daya apungan, dan juga untuk penghasilan model skala. Dalam konteks dokumentasi Haluan Katup, pelan garis membolehkan bentuk fizikal perahu disimpan dalam format berskala yang boleh diakses oleh pelbagai pihak seperti jurutera marin, tukang, pelajar dan penyelidik. Setiap garisan dalam lukisan pelan garis ini memberi maklumat tentang struktur dan bentuk perahu Haluan Katup yang tidak mudah dilihat dengan mata kasar. Lukisan ini juga boleh menjadi asas untuk simulasi teknikal seperti ujian kestabilan dan pergerakan perahu dalam air. Oleh itu, ia menjadi pelengkap penting kepada lukisan artistik dan pandangan terpisah yang lebih visual.

Dalam konteks pendidikan dan pemeliharaan warisan, pelan garis merupakan dokumen teknikal yang membolehkan perahu ini dibina semula secara tepat, walaupun bentuk fizikal asalnya sudah tiada. Ini menjadikan ia sebagai “pelan hayat” kepada perahu Haluan Katup yang merupakan satu bentuk penyelamatan warisan yang praktikal dan kekal.

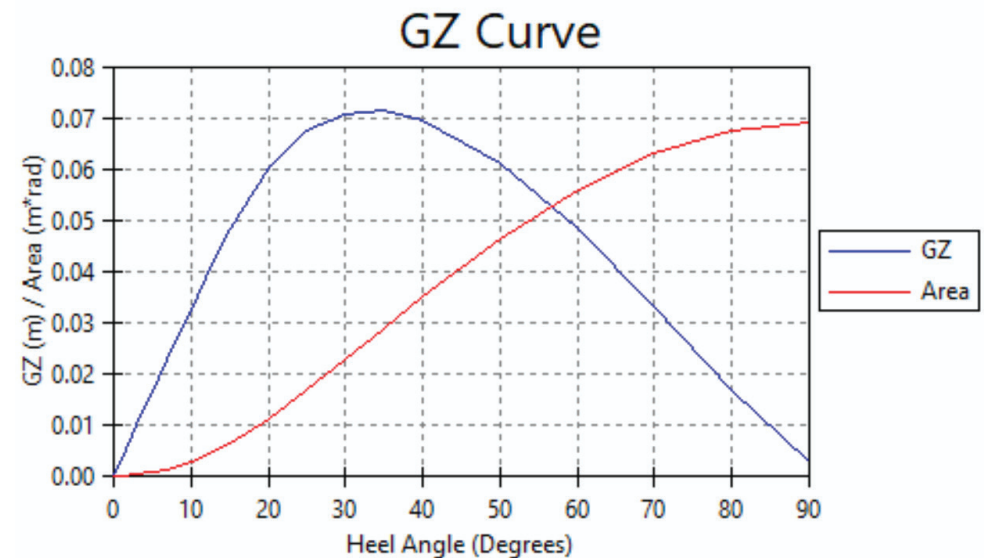
Lukisan Pelan Garis memperlihatkan bentuk sebenar Haluan Katup dalam tiga pandangan utama.



5.7 UJIAN KESTABILAN PERAHU HALUAN KATUP BERDASARKAN PIAWAIAN ISO

Walaupun Haluan Katup dibina tanpa rujukan kepada prinsip sains moden, reka bentuknya tetap menunjukkan kecerdikan pertukangan tradisional dalam menyesuaikan bentuk perahu dengan keadaan air tenang di muara. Bagi memahami sejauh mana kestabilan perahu ini dalam air, satu ujian simulasi awal dijalankan menggunakan model digital yang telah dibangunkan daripada ukuran sebenar.

Salah satu kaedah untuk menilai kestabilan perahu ialah melalui analisis lengkung GZ. Secara mudah, lengkung GZ digunakan untuk mengetahui kestabilan perahu ketika berada diatas air. Ujian kestabilan ini menggunakan rujukan daripada piawaian ISO 12217-3:2022, iaitu standard antarabangsa yang digunakan bagi bot kecil dalam Kategori Reka Bentuk D. Kategori ini sesuai untuk perahu yang digunakan di kawasan air tenang seperti sungai, tasik atau kawasan pesisir yang tidak bergelora. Hasil simulasi menunjukkan bahawa reka bentuk Haluan Katup mempunyai nilai GZ maksimum melebihi 0.08 meter, yang menandakan kestabilan awal yang baik. Sudut maksimum GZ melebihi 30°, sementara sudut hilang keseimbangan melebihi 90°, menunjukkan perahu ini mampu mengekalkan keseimbangan walaupun mengalami kecondongan yang agak besar. Ini menjelaskan mengapa ia begitu sesuai digunakan di muara dan sungai berarus perlahan ia cukup stabil dan tidak mudah terbalik.



Lengkung GZ perahu Haluan Katup

	KRITERIA KESTABILAN	KEPERLUAN MINIMUM (KATEGORI D)	DATA PERAHU SEMASA	KEPUTUSAN
1.	GZ maks ≥ 0.07 m	≥ 0.07 m	~ 0.074 m	Lulus
2.	GZ pada $30^\circ \geq 0.05$ m	≥ 0.05 m	~ 0.072 m	Lulus
3.	Sudut GZ maks $\geq 20^\circ$	$\geq 20^\circ$	$\sim 32^\circ$	Lulus
4.	Sudut kehilangan kestabilan $\geq 90^\circ$	$\geq 90^\circ$	$\sim 90^\circ$	Lulus
5.	Luas di bawah lengkung GZ hingga $40^\circ \geq 0.055$ m ² ·rad	≥ 0.055 m ² ·rad	~ 0.065 m ² ·rad	Lulus

Penilaian Berdasarkan Piawaian ISO 12217-3:2022 (Kategori D)

Keputusan ini memberi dua makna penting. Pertama, ia membuktikan bahawa pertukangan perahu tradisional mempunyai asas yang kuat walaupun tanpa teori atau formula moden. Kedua, ia membolehkan bentuk perahu Haluan Katup disahkan sebagai selamat digunakan dalam konteks yang serupa, sekiranya ingin dibina semula sebagai bot komuniti, rekreasi, atau model pelancongan warisan.

Ujian kestabilan ini juga menjadi bukti dokumentasi teknikal yang lengkap kerana ia bukan hanya melukis bentuk luar, tetapi juga memahami fungsi dan prestasi rekabentuk tersebut di atas air. Data ini sangat berguna sekiranya pihak berkuasa atau penyelidik ingin membangunkan semula Haluan Katup sebagai sebahagian daripada inisiatif pemuliharaan aktif.

Secara keseluruhan, keputusan ujian ini memberikan keyakinan bahawa perahu Haluan Katup bukan sahaja indah dan unik dari segi reka bentuk, tetapi juga berfungsi dengan cekap menjadikannya satu warisan reka bentuk yang seharusnya dikekalkan dan diperkenalkan semula dalam konteks moden.

5.8 PENYIMPANAN DIGITAL DAN AKSES WARISAN

Setelah keseluruhan proses dokumentasi selesai daripada pengukuran fizikal, lukisan teknikal, pemodelan digital hinggalah kepada simulasi prestasi semua data ini perlu disimpan dengan sistematik dalam bentuk digital. Penyimpanan digital bukan sahaja bertujuan untuk arkib teknikal, tetapi juga untuk memastikan warisan ini boleh dicapai semula oleh generasi akan datang, tanpa bergantung sepenuhnya kepada bentuk fizikal yang mungkin reput atau hilang.

Setiap fail yang dihasilkan dikategorikan dan dinamakan dengan jelas: lukisan garis (lines plan), lukisan artistik, lukisan pandangan terbuka (exploded view), model 3D (format STL/DWG), borang ukuran, gambar lapangan, serta catatan teknikal. Kesemua fail ini disusun dalam direktori digital yang boleh dimuat naik ke repositori universiti, arkib muzium, atau platform dalam talian seperti laman pendidikan dan sistem warisan maya. Fail-fail digital ini disimpan dalam pelbagai format mengikut jenis penggunaannya. Model 3D disimpan dalam format seperti .3dm, .stl, atau .obj yang boleh digunakan untuk pencetakan 3D atau simulasi realiti maya. Lukisan 2D seperti pelan garis dan lukisan pandangan terpisah pula disimpan dalam format .dwg, .pdf, atau .ai bagi memudahkan capaian dan cetakan berkualiti tinggi.

Selain penyimpanan secara tertutup, usaha ke arah akses terbuka (open access) boleh dirancang agar hasil dokumentasi ini tidak terperap dalam simpanan institusi sahaja. Ia boleh dijadikan rujukan komuniti, bahan bantu mengajar, dan inspirasi kepada pencipta muda, pelukis teknikal, dan tukang bot moden. Platform seperti muzium maya boleh menjadi tempat yang strategik untuk memaparkan semula perahu Haluan Katup dalam format digital interaktif.





Proses dokumentasi perahu Haluan Katup bukanlah sekadar satu kerja teknikal, tetapi usaha menyeluruh untuk menyelamatkan satu bentuk warisan maritim yang hampir lenyap. Daripada pencarian fizikal, kerja pengukuran, pembinaan semula model digital hinggalah kepada lukisan dan simulasi, setiap langkah membuktikan bahawa pertukangan lama kaya dengan nilai fungsi, estetika dan logik kejuruteraan tempatan. Melalui pendekatan ini, perahu Haluan Katup kini tidak lagi bergantung kepada kewujudannya dalam bentuk kayu lama. Ia telah dipindahkan ke dalam dunia digital yang lebih mudah diakses, dikaji dan diperkenalkan semula. Usaha ini memberi peluang kepada generasi hari ini dan akan datang untuk mengenal dan menghargai reka bentuk perahu tradisional Melayu yang bukan sahaja cantik, tetapi juga bijak dan berfungsi. Lebih penting, perahu Haluan Katup kini tidak lagi sekadar sebuah nama dalam cerita lisan, tetapi telah diabadikan sebagai satu bentuk warisan yang boleh dibina semula, difahami, dan terus hidup dalam landskap budaya maritim Malaysia.

KEBAIKAN DAN PENGARUH DIGITALISASI TERHADAP MASYARAKAT

6.1 PENDIDIKAN DAN KESEDARAN TERHADAP GENERASI MUDA

Warisan budaya bukan sekadar tinggalan sejarah, tetapi cerminan jati diri bangsa yang perlu dipelihara dan diwarisi. Oleh itu, pendedahan awal kepada generasi muda amat penting agar mereka memahami, menyayangi dan menghargai nilai-nilai sejarah yang membentuk identiti masyarakat. Tanpa pendidikan yang menyokong nilai-nilai ini, warisan budaya berpotensi dilupakan dan akhirnya lenyap ditelan zaman.

Dalam era moden ini, pendekatan digital menjadi medium yang sangat efektif untuk menarik minat generasi muda terhadap warisan budaya. Teknologi memberi ruang kepada penyampaian yang lebih kreatif, interaktif dan mudah diakses. Sebagai contoh, penghasilan semula reka bentuk perahu tradisional seperti Perahu Haluan Katup melalui teknik digital bukan sahaja memperlihatkan kecanggihan warisan nenek moyang, malah mampu membangkitkan rasa ingin tahu serta kebanggaan dalam kalangan golongan muda.

Bagi memastikan usaha ini berjaya, pendidikan berasaskan sejarah dan warisan perlu dirancang secara berterusan. Aktiviti seperti pameran maya, bengkel interaktif dan program kesedaran budaya yang disesuaikan dengan teknologi semasa mampu merangsang minat dan kefahaman tentang peradaban Melayu yang kaya dan unik. Pendekatan ini membuka peluang untuk melihat sejarah bukan sebagai subjek yang membosankan, tetapi sebagai warisan yang hidup dan relevan.

Lebih menarik, kesedaran terhadap kepentingan warisan ini bukan sahaja memberi faedah dari sudut intelektual dan identiti, malah membuka potensi ekonomi. Generasi muda yang celik teknologi boleh meneroka peluang keusahawanan melalui kandungan digital berasaskan warisan seperti penghasilan model 3D, permainan pendidikan, atau aplikasi realiti maya VR dan AR.

Kesimpulannya, usaha pemeliharaan warisan budaya perlu digerakkan dengan strategi yang mendekati dunia generasi kini. Dengan memanfaatkan teknologi dan memperkukuh pendidikan warisan, kita mampu melahirkan generasi muda yang bukan sahaja celik budaya tetapi juga menjadi penerus dan penjaga khazanah bangsa untuk masa depan.



6.2 PENINGKATAN PELUANG EKONOMI MELALUI DIGITALISASI WARISAN

Dalam era globalisasi yang serba canggih ini, generasi muda digalakkan untuk menguasai kemahiran digital yang semakin penting dalam pelbagai bidang termasuklah dalam pemeliharaan seni dan budaya. Dunia tanpa sempadan hari ini membuka peluang luas untuk meneroka ilmu baharu, namun sayangnya penglibatan generasi muda dalam bidang seni dan warisan masih rendah. Antara puncanya ialah kurangnya pendedahan kepada potensi teknologi dalam bidang ini.

Digitalisasi boleh menjadi pemangkin untuk menarik minat generasi muda. Dengan memperkenalkan teknologi moden dalam pengurusan dan promosi warisan budaya, satu dimensi baharu dapat dibentuk yang bukan sahaja relevan dengan minat semasa, tetapi turut menjanjikan potensi ekonomi yang menguntungkan. Penggunaan teknologi secara menyeluruh dan berkesan membolehkan sumber warisan diurus secara cekap, sekaligus memastikan kelestariannya seiring kemajuan zaman.



Kemahiran digital seperti rekaan 3D, pembangunan laman web, dan penciptaan kandungan visual boleh digabungkan dalam usaha memperkenalkan warisan budaya kepada khalayak yang lebih luas. Dengan cara ini, seni dan budaya bukan lagi sekadar elemen tradisional, tetapi menjadi asas kepada peluang kerjaya dan keusahawanan yang kompetitif. Generasi muda yang memiliki kecekapan digital boleh memanfaatkan bakat kreatif mereka dalam usaha memelihara warisan budaya, sambil menjana pendapatan.

Dalam konteks ekonomi digital, platform e-dagang memainkan peranan penting sebagai medium pemasaran dan promosi produk-produk berasaskan warisan seperti replika Perahu Haluan Katup. Dengan capaian yang luas dan pantas, e-dagang membolehkan hasil seni tempatan dikenali di peringkat lebih tinggi. Ini memberikan peluang kepada generasi muda untuk mencipta perniagaan berasaskan warisan menggunakan pendekatan digital.

Selain itu, pencipta kandungan media sosial turut berperanan besar dalam memperluas kesedaran masyarakat tentang pentingnya memelihara warisan. Pereka grafik dan pembangun laman web boleh menghasilkan kandungan interaktif yang membuka minat pengguna media sosial terhadap seni budaya tempatan. Aktiviti ini bukan sahaja menyebarkan maklumat, tetapi juga membuka jalan kepada sumber pendapatan baharu.

Kesimpulannya, pemerksaan generasi muda melalui kemahiran digital dapat menjadi pemacu utama dalam usaha memperkukuh dan memajukan pemeliharaan warisan budaya negara. Dengan pendekatan yang strategik dan menyeluruh, warisan bukan sekadar dipelihara tetapi turut menyumbang kepada pembangunan ekonomi dan pembentukan identiti bangsa yang lebih kuat.

6.3 PEMBANGUNAN POTENSI PELANCONGAN BERASASKAN WARISAN

Pelancongan antara sektor yang mampu menyumbang pendapatan kepada negara. Penglibatan pihak yang berkaitan seperti kerajaan, agensi, dan masyarakat setempat diperlukan bagi memastikan sesuatu kawasan menjadi tarikan kepada pelancong. Potensi dalam pembangunan pelancongan jika diuruskan dengan sebaik mungkin akan memberi satu impak yang baik terutama kepada usaha pemeliharaan warisan budaya dan janaan pendapatan negara.

Pelancongan berasaskan warisan berpotensi menjadi tarikan utama pelancong melalui pemerkasaan pembangunan pelancongan warisan. Pendapatan negara akan meningkat dengan kemasukan pelancong dari luar dan dalam negara serta memberi kesan kepada ekonomi penduduk setempat. Digitalisasi keunikan sesebuah warisan mampu ditonjolkan kerana memberi peluang kepada orang luar dari serata dunia untuk mengenali Malaysia dengan adanya jaringan yang lebih luas dan mudah dicapai.

Apabila Malaysia dikenali oleh serata dunia peluang untuk pelancong masuk menjadi tinggi dan pendapatan negara akan meningkat apabila aliran ekonomi menjadi lebih baik. Potensi pelancongan juga akan berkembang dengan adanya kerjasama antara semua pihak dalam menjayakan sesuatu program yang dikhaskan untuk menarik minat pelancong.

Digitalisasi digunakan untuk menyebar luaskan program yang disusun oleh komuniti setempat bagi tujuan memberi maklumat tentang keunikan dan keistimewaan Perahu Haluan Katup dan menarik minat pelancong untuk membuat lawatan dan kunjungan. Maka, keunikan sesuatu warisan dapat membangunkan sektor pelancongan.



6.4 PENGGUNAAN MODEL DIGITAL DALAM PAMERAN DAN MUZIUM

Penggunaan sesuatu model dalam pameran dan muzium harus menggunakan pendekatan yang sesuai supaya matlamat penyampaian yang lebih menarik dan bermakna dapat dicapai. Kategori pengguna juga harus menjadi pemberat kepada pemilihan model digital. Tambahan pula, faktor penentu diperlukan untuk memastikan model adalah sesuai dan matlamat penyampaian tercapai.

Faktor penentu penggunaan model digital dalam pameran atau muzium ialah kesesuaian kandungan dan teknologi yang ingin digunakan. Hal ini bertujuan untuk menjamin kandungan yang tepat dan berkesan kepada pengguna serta membantu menyampaikan dan memahami maklumat lebih kreatif dan inovatif serta membawa pengguna ke pengalaman yang lebih berharga. Penyampaian isi kandungan yang menarik akan memberi maklumat yang tepat kepada pengguna. Oleh itu, model digital akan memastikan isi kandungan disampaikan dengan baik.

Selain itu, keseimbangan antara kos dan sumber kewangan. Penggunaan model dan kos perlu diseimbangkan supaya tidak berlaku pembaziran dan pemilihan model yang tepat mestilah bersesuaian dengan matlamat dan golongan sasaran pengunjung dan pengguna. Ruang dan saiz tempat pameran juga perlu diambil kira bagi memastikan pemasangan dan kesesuaian infrastruktur baik ketika digunakan. Capaian internet yang stabil dan alatan yang berfungsi dengan baik harus diambil kira untuk memastikan persembahan mampu memberi kepuasan kepada para pengunjung.

Perkara utama dalam menjalankan pameran dan muzium ialah kepuasan pengunjung. Dengan digitalisasi pengunjung akan mendapat satu pengalaman yang berbeza, apabila mereka akan disajikan dengan pengalaman kunjungan ke pameran dan muzium yang menyeronokkan dan interaktif yang tidak dapat dilupakan dan bermaklumat. Kebiasaannya, model 3D, VR dan AR digunakan.

Pelbagai aspek perlu dipertimbangkan untuk penggunaan model bagi menjalankan pameran terutamanya di muzium. Dapat dikatakan bahawa, penggunaan model digital bergantung kepada keperluan, kehendak dan matlamat pameran harus seiring supaya matlamat dapat terlaksana serta golongan sasaran juga mendapat manfaat.



6.5 CABARAN DAN POTENSI DIGITALISASI TERHADAP MASYARAKAT

Pelbagai cabaran dan potensi perlu dihadapi dan dilaksanakan supaya digitalisasi boleh diterima oleh masyarakat, khususnya masyarakat luar bandar. Cabaran paling besar dalam digitalisasi warisan budaya ialah memastikan ketulenan warisan dan kepakaran digitalisasi. Cabaran dalam memastikan ketulenan sesuatu warisan budaya apabila berlaku ketidakseimbangan antara ilmu kebudayaan dan teknologi. Cabaran timbul apabila tiada penggabungan kepakaran ketika proses digitalisasi. Penterjemahan isi kandungan warisan budaya jika tidak dilakukan oleh pakar akan mengurangkan nilai ketulenan. Sistem digital juga tidak selamat digunakan jika tidak disediakan oleh pakar bidang. Ketulenan sesuatu budaya diperlukan untuk memberi impak yang berkesan terhadap nilai sentimental sesuatu warisan budaya.

Potensi dalam penggabungan kepakaran memberi kesan kepada hasil digitalisasi yang lebih baik dan pengekaluan unsur tradisional lebih dilindungi. Wakil kedua-dua pakar harus dilibatkan. Pemetaan data secara bersama perlu dilakukan untuk memastikan perkara utama yang diperlukan dimasukkan untuk mendapatkan hasil yang baik. Justeru, penggabungan kepakaran dan kerjasama yang erat sesuatu projek penting untuk mendapatkan hasil yang memuaskan bagi mengelak kegagalan dalam proses digitalisasi.

Selain itu, cabaran dalam digitalisasi ialah penglibatan menyeluruh tukang perahu. Walaupun, pelan reka bentuk dapat diterjemahkan dengan menarik dalam bentuk lukisan berteknologi namun nilai kesenian ketika proses pembinaan struktur perahu tidak dapat digitalisasi dengan perasaan yang mendalam. Jelaslah bahawa, nilai kesenian dalam sesuatu budaya sangat tinggi namun digitalisasi membantu dalam penyampaian yang lebih menarik. Manakala, potensi besar adalah memastikan replika warisan terus terpelihara walaupun sudah hampir pupus dan rosak tetapi masih dapat dikekalkan untuk pengetahuan generasi muda. Apabila digitalisasi dilaksanakan, replika asal akan disimpan ke dalam sistem penyimpanan arkib untuk memastikan maklumat tersebut disimpan dengan baik. Oleh itu, potensi untuk memastikan keselamatan replika asal adalah tinggi dan membolehkan ianya diguna semula untuk rujukan pada masa hadapan.

Kesimpulannya, digitalisasi memberi banyak kebaikan dalam usaha pemeliharaan warisan budaya Maritim agar terus terjaga untuk manfaat semua pihak. Walaupun usaha ini kelihatan kecil, namun pengaruh dan kesannya kepada masyarakat sangat baik. Maka, digitalisasi memerlukan lebih banyak pembaharuan secara berterusan bagi memastikan usaha pemeliharaan warisan budaya maritim di Malaysia dapat diteruskan dan diperkukuh.

CADANGAN DAN POTENSI DIGITALISASI WARISAN PERAHU TRADISIONAL

7.1 POTENSI MASA HADAPAN DIGITALISASI WARISAN PERAHU DI MALAYSIA

Perahu tradisional seperti Perahu Haluan Katup merupakan pengangkutan air yang dibina masyarakat terdahulu dan sangat penting bagi sejarah warisan maritim di Malaysia. Digitalisasi warisan ini bukan sahaja dapat memelihara warisan negara, malah memberi potensi yang besar.

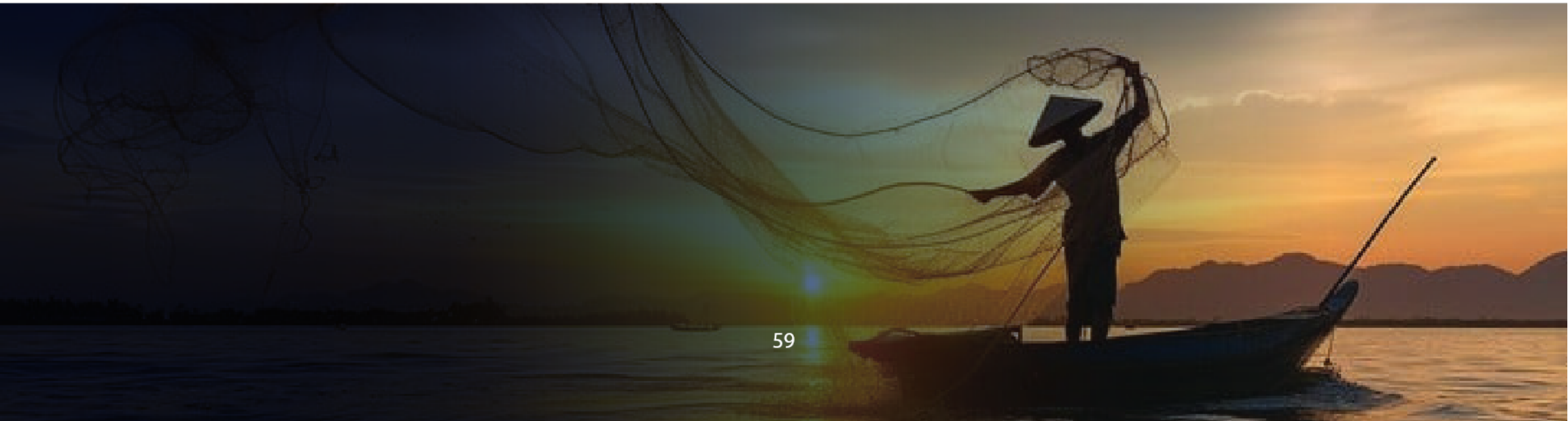
Digitalisasi merupakan satu kaedah terbaik dalam memelihara dan menjaga warisan budaya. Menggunakan teknologi canggih seperti pengimbasan 3D, fotogrametri dan realiti maya, maklumat tentang reka bentuk dan fungsi perahu dapat direkodkan dengan lebih jelas. Manakala, teknologi VR dan AR membuatkan aktiviti pembelajaran menjadi lebih interaktif sekali gus dapat menarik minat golongan muda. Malah, warisan ini juga mudah diakses oleh semua lapisan masyarakat dengan hanya menggunakan telefon pintar sahaja.

Digitalisasi berpotensi menjadikan warisan Perahu Haluan Katup sebagai produk ekonomi kreatif. Contohnya Perahu Haluan Katup dijadikan sebagai salah satu elemen dalam permainan digital atau aplikasi. Secara tidak langsung warisan ini dapat diperkenalkan kepada generasi muda. Pameran digital dalam sektor pelancongan juga berpotensi sebagai sumber pendapatan baharu kepada institusi warisan dan masyarakat setempat. Kerjasama dengan pelbagai pihak berpotensi menjayakan projek digitalisasi warisan perahu. Selain daripada mendapat maklumat yang lebih berkualiti dan tepat, kerjasama pelbagai pihak juga dapat meluaskan lagi penyebaran warisan ini.

Pembinaan arkib digital khas untuk warisan perahu tradisional perlu dipertimbangkan untuk jangka masa panjang. Arkib ini bertindak sebagai sumber rujukan utama yang menghimpunkan maklumat berkaitan seni bina, teknik pertukangan dan sejarah perahu tradisional. Usaha ini secara tidak langsung dapat memastikan warisan maritim terus terpelihara untuk generasi akan datang. Secara keseluruhannya, masa hadapan digitalisasi warisan di Malaysia adalah sangat luas dan penuh dengan peluang. Dengan strategi yang tersusun dan semangat kerjasama antara semua pihak, warisan Perahu Haluan Katup dapat diselamatkan. Malah, warisan ini dapat dihidupkan semula dengan cara yang lebih moden dan relevan.

7.2 POTENSI MASA HADAPAN DIGITALISASI WARISAN PERAHU DI MALAYSIA

Polisi dan dasar merupakan panduan utama dalam perancangan, pelaksanaan dan pengawalan dalam digitalisasi warisan. Dengan adanya polisi yang teratur, segala tindakan dapat diselaraskan. Dalam usaha digitalisasi warisan Perahu Haluan Katup, keperluan kepada polisi dan dasar yang jelas tidak boleh diketepikan. Tanpa garis panduan, risiko berlakunya salah faham dan tidak seragam dalam cara warisan dipersembahkan mungkin berlaku. Polisi dan dasar adalah bertindak sebagai panduan kepada semua pihak yang terlibat dalam proses digitalisasi. Panduan ini menentukan cara dan proses digitalisasi dilakukan bermula daripada pengumpulan data, pemodelan, penyimpanan dan sehinggalah bagaimana data itu dikongsi dengan orang ramai. Tanpa garis panduan yang jelas dan tersusun, berkemungkinan berisiko berlaku salah faham dan cara warisan dipersembahkan kepada dunia menjadi tidak seragam.



7.2.1 ELEMEN DALAM POLISI DIGITALISASI

Beberapa elemen penting perlu diberi perhatian dalam pembentukan polisi dan dasar. Antara elemen tersebut ialah:

1	PIAWAIAN DOKUMENTASI DIGITAL	Piawaian ini perlu diwujudkan supaya semua maklumat tentang seni bina, pertukangan dan sejarah Perahu Haluan Katup dapat diarkibkan secara konsisten. Pendekatan ini dapat memastikan maklumat yang direkodkan boleh digunakan untuk rujukan masa hadapan.
2	PERLINDUNGAN HAK CIPTA DIGITAL	Perlindungan hak cipta penting untuk memastikan semua aset digital yang dihasilkan termasuk gambar hingga ke rekod sejarah tidak disalahgunakan oleh pihak yang tidak bertanggungjawab.
3	SISTEM PENYIMPANAN JANGKA PANJANG	Data digital perlu disimpan dalam format yang tahan lama dan mudah dikemas kini selari dengan perkembangan teknologi. Sistem penyimpanan yang kukuh membolehkan maklumat warisan kekal boleh diakses. Bagi mengukuhkan pelaksanaan, penubuhan jawatankuasa khas di bawah seliaan agensi seperti Muzium Negeri Terengganu boleh dipertimbangkan. Jawatankuasa ini berperanan memantau, membimbing dan memastikan semua inisiatif digitalisasi berjalan mengikut garis panduan yang ditetapkan. Selain membantu menyelamatkan warisan Perahu Haluan Katup dan perahu-perahu tradisional yang lain, pengemaskinian polisi juga membuka potensi baharu dalam bidang pendidikan, pelancongan dan ekonomi kreatif.

7.3 PERANAN AGENSI BERKAITAN UNTUK MENINGKATKAN POTENSI WARISAN

Usaha memelihara warisan ini tidak boleh dijalankan secara bersendirian. Sokongan daripada agensi kerajaan, institusi penyelidikan, muzium serta komuniti setempat amat penting dalam memastikan warisan Perahu Haluan Katup kekal hidup. Beberapa agensi boleh dilantik bagi memantapkan pasukan untuk meningkatkan potensi pembangunan warisan.

Muzium Negeri Terengganu merupakan salah satu agensi yang boleh memainkan peranan yang besar dalam menjadi peneraju projek digitalisasi Perahu Haluan Katup. Sebagai pusat yang mempamerkan sejarah maritim negeri Terengganu, muzium ini boleh membangunkan pameran maya menggunakan teknologi VR dan AR. Ia bukan saja dapat menarik minat generasi muda, malah memudahkan akses untuk masyarakat umum.

Selain muzium, Jabatan Warisan Negara dan Kementerian Pelancongan, Seni dan Budaya Malaysia (MOTAC) juga boleh memainkan peranan penting dalam menggerakkan inisiatif ini. Jabatan dan kementerian ini boleh bertindak sebagai penyedia dana dan sokongan teknikal bagi melancarkan projek digitalisasi yang berskala lebih besar. Tidak ketinggalan juga bagi komuniti pembuat perahu kerana mereka mempunyai kepakaran turun-temurun yang bernilai.

Secara keseluruhannya, peranan agensi berkaitan bukan sekadar diperlukan untuk memelihara warisan Perahu Haluan Katup, malah lebih daripada itu. Kerjasama semua pihak dapat meningkatkan lagi pengaruh warisan dan berpotensi untuk dipromosikan hingga ke peringkat antarabangsa.



7.4 CADANGAN PENAMBAHBAIKAN DIGITALISASI WARISAN DI MALAYSIA

Digitalisasi warisan di Malaysia semakin berkembang pada hari ini. Namun begitu, beberapa perkara masih boleh dilaksanakan bagi memastikan pemeliharaan warisan Perahu Haluan Katup terus diwarisi sesuai mengikut perubahan zaman. Bagi memastikan warisan ini terus dihargai dan dikaji, beberapa cadangan boleh dipertimbangkan:

01 MENGEMBANGKAN PROGRAM PENDIDIKAN DAN KESEDARAN

Pendidikan dan kesedaran tentang digitalisasi warisan perlu diperkukuh di peringkat sekolah, universiti dan komuniti setempat. Pendedahan awal mampu membentuk generasi yang lebih peka, menghargai dan bertanggungjawab terhadap pemeliharaan warisan budaya negara.

02 MEMPERKUKUH KERJASAMA ANTARA PELBAGAI PIHAK

Usaha ini memerlukan kerjasama semua pihak. Institusi akademik boleh menjalankan lebih banyak kajian mengenai teknik pembinaan perahu tradisional dan teknologi pemeliharaan yang sesuai. Pihak kerajaan pula boleh memberi ganjaran atau bantuan kepada tukang perahu lama sebagai tindakan menyokong supaya kemahiran mereka terus dipertahankan. Manakala, syarikat teknologi pula boleh membangunkan aplikasi atau laman sesawang supaya maklumat tentang perahu ini mudah diakses oleh orang ramai.

03 MEWUJUDKAN PANGKALAN DATA DIGITAL UNTUK WARISAN PERAHU TRADISIONAL

Satu pangkalan data digital boleh diwujudkan secara dalam talian bagi mengumpulkan semua maklumat berkaitan perahu tradisional. Pangkalan ini menggabungkan maklumat termasuk aspek reka bentuk, sejarah dan teknik pembuatannya. Pangkalan ini mudah diakses oleh semua pihak termasuk penyelidik, pelajar dan juga masyarakat umum. Dalam pangkalan data ini terdapat model 3D yang membolehkan semua sudut perahu dapat dilihat dengan terperinci. Model 3D juga boleh digunakan untuk pembinaan semula perahu.

04 MENGEMBANGKAN PROGRAM PENDIDIKAN DAN KESEDARAN

Teknologi perlu dimanfaatkan untuk memastikan warisan perahu tradisional terus terpelihara. Oleh itu, lebih banyak penyelidikan harus dijalankan dalam bidang teknologi pengimbasan 3D dan simulasi CAE.

Dalam masa yang sama, syarikat tempatan digalakkan untuk membangunkan perisian yang khusus untuk menganalisis dan mendokumentasikan perahu warisan. Langkah ini bukan saja dapat mengurangkan kebergantungan kepada teknologi luar, malah membolehkan kualiti teknologi tersebut dapat dipantau. Sokongan dalam bentuk dana, latihan atau insentif boleh diberikan kepada syarikat pemula (startups) yang berminat untuk membangunkan teknologi berkaitan pemeliharaan warisan maritim. Dengan kerjasama dan sokongan berterusan, usaha digitalisasi warisan dapat dilaksanakan dengan lebih berkesan.

05 MENGEMBANGKAN PROGRAM PENDIDIKAN DAN KESEDARAN

Perahu tradisional mempunyai nilai sejarah dan budaya yang sangat tinggi. Bagi memastikan perahu tradisional terus relevan, elemen reka bentuk perahu tradisional boleh diadaptasi dalam industri maritim moden. Walaupun bahan asal yang digunakan pada zaman dahulu mungkin tidak lagi sesuai untuk digunakan, bahan moden boleh dimanfaatkan untuk membina semula perahu warisan tanpa menjejaskan keasliannya. Malah, perahu tradisional ini boleh dipromosikan dalam sektor pelancongan sebagai daya tarikan budaya yang unik.

Kesimpulan, digitalisasi menawarkan peluang besar untuk memastikan warisan perahu tradisional terus hidup di era moden. Dengan bantuan seperti pengimbasan 3D, simulasi dan realiti maya, semua maklumat tentang Perahu Haluan Katup dapat direkodkan dengan terperinci dan mudah diakses oleh generasi akan datang. Dalam jangka masa panjang, pembangunan arkib digital dan dasar perlindungan yang kukuh perlu diberi keutamaan.

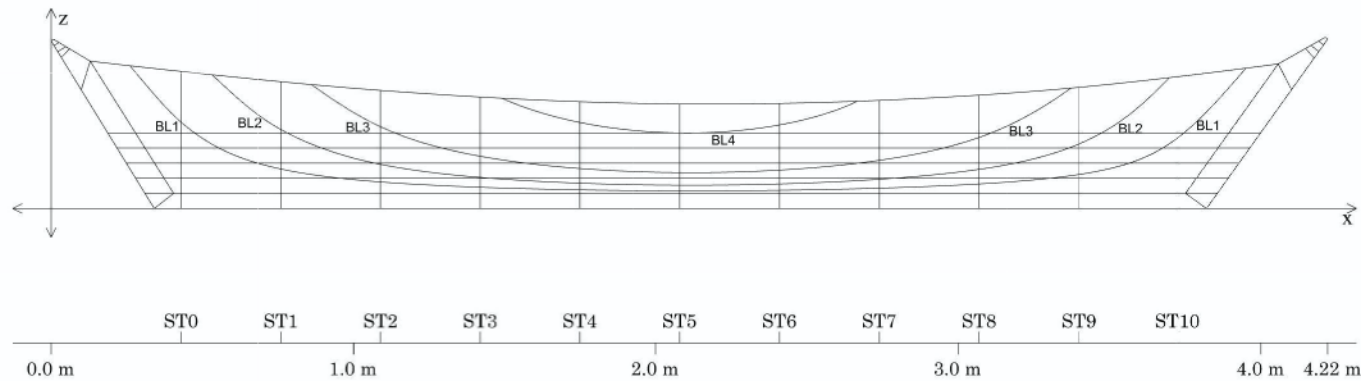
Pendigitalan membuka peluang kepada generasi akan datang untuk mengenali, memahami dan menghargai keunikan Perahu Haluan Katup. Dengan bantuan teknologi, warisan maritim yang hampir tenggelam ditelan zaman ini dapat diselamatkan dan dihidupkan semula. Harapan utama pendigitalan warisan Perahu Haluan Katup ialah agar generasi akan datang terus menghargai perahu tradisional Melayu.

- Abdul Wahab, M. R. (2022). Structure, building, and conservation of Koleh boats as Malay traditional boats. *Bulletin of the National Museum of Ethnology*, 47(1), 19–37
- Abdul Wahab, M. R., & Ramli, Z. (2019). The Malay traditional boat: Defending Malay heritage objects in Kelantan, east coast of the Malaysian peninsula. *Journal of Maritime Archaeology*, 15, 57–68.
- Abdul Wahab, M. R., Ramli, Z., Abdul Samad, M. A., Supian, N. S. M., Nasir, M. N. M., & Masdey, S. S. (2018). Ancient maritime symbols in Malay traditional boat in the east coast, Peninsular Malaysia. *Planning Malaysia: Journal of the Malaysian Institute of Planners*, 16(1), 372–380.
- Abdul Wahab, M. R., Ramli, Z., Akhemal Ismail, N. N., Abu Bakar, N., & Wan Azhar, W. N. S. (2018). Symbolism in traditional Malay boat crafting in the East Coast. *Planning Malaysia: Journal of the Malaysian Institute of Planners*, 16(1), 294–302.
- Abdul Wahab, M. R., Ramli, Z., Zakaria, R. M. A., & Abdul Samad, M. A. (2017). Analysis decorating design on Perahu Buatan Barat, the Malay traditional boat by using frieze pattern. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1795, Issue 1, pp. 020029-1–020029-7). American Institute of Physics.
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 8(2–3), 73–272.
- Boboc, R. G., Băutu, E., Gîrbacia, F., Popovici, N., & Popovici, D.-M. (2022). Augmented reality in cultural heritage: An overview of the last decade of applications. *Applied Sciences*, 12(19), 9859.
- Discovery Terengganu. (2024, November 27). Bot tradisional Terengganu: Warisan budaya dan simbol kehidupan nelayan. *Discovery Terengganu*.
- Hashim, M., Rozita, C. R., & Salmah Jan, N. M. (2014). Sejarah ringkas warisan perkapalan tradisional Melayu. *International Journal of the Malay World and Civilisation (Iman)*, 2(3), 31–42.
- International Organization for Standardization. (2022). *ISO 12217-3:2022 Small craft – Stability and buoyancy assessment and categorization – Part 3: Boats of hull length less than 6 m*. ISO.

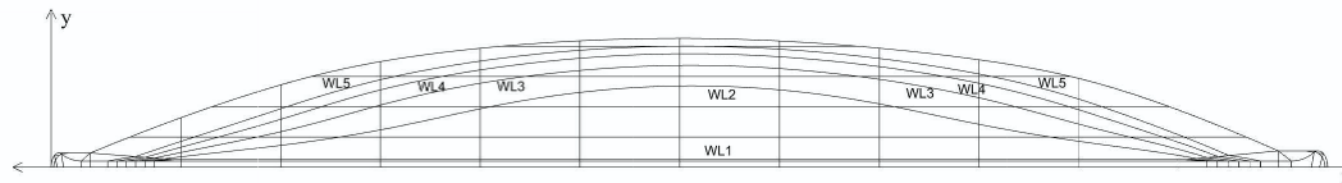
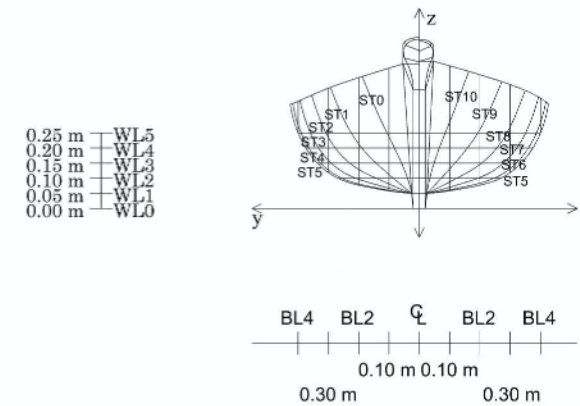
- Johan, A. O., & Low Abdullah, N. F. (2023). Overcoming adversities and challenging ethnocentric perceptions: An ethnographic case study of traditional Malay boat making in Terengganu. *KEMANUSIAAN: The Asian Journal of Humanities*, 30(Supp. 1), 87–101.
- Johan, M. A., Abd Rahman, N. A., Khairuddin, N. M., Ahmad, S., & Muda, M. S. (2023). Pemuliharaan rekabentuk Perahu Payang Terengganu melalui kaedah rombakan kejuruteraan. *Jurnal Tuah*, 4(1), 39–45.
- Kamaruddin, N., & Rosli, M. R. (2023). Basic understanding of the traditional boats making in Terengganu. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*.
- Khairi, A., Mohamad, M. K., & Ahmad, I. (2022). A study of the traditional boats Perahu Kolek in Kelantan: Design, material, and boatbuilding. In *Advanced maritime technologies and applications* (pp. 93–97). Springer.
- Khairuddin, N. M., Johan, M. A., Abd Rahman, N. A., Rusli, A. N., Ahmad, S., & Muda, M. S. (2024). Structure design and strength analysis of the GRP Malay traditional “Perahu Bedar.” *Marine Science and Technology Bulletin*, 13(1), 32–40.
- Li, J., Wang, X., Chen, Y., Zhang, H., & Liu, S. (2023). A bibliometric analysis of immersive technology in museum exhibitions: Exploring user experience. *Frontiers in Virtual Reality*, 4, 1203456.
- Rahman, N. A. A., Johan, M. A., Nik Ismail, N. M. K., & Ahmad, S. (2021). Constructing a blueprint of a Kolek. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1176(1), 012028
- Rodriguez-Garcia, B., Sanchez-Aparicio, L. J., Gonzalez-Aguilera, D., & Finat, J. (2024). A systematic review of virtual 3D reconstructions of cultural heritage for immersive virtual reality (iVR). *Multimedia Tools and Applications*.
- Saedon, M. A. M. (2022). Tourists’ perception on virtual reality application of traditional Malay house. *International Journal of Creative Multimedia*, 3(1), 57–67.
- Sulaiman, R. (2019). *Perahu tradisional warisan seni pesisir Terengganu*. Penerbit UMT. ISBN 9789672200871
- Thwaites, H., Santano, D., Esmacili, H., & See, Z. S. (2019). A Malaysian cultural heritage digital compendium. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 15, e00116

LAMPIRAN

PROFILE

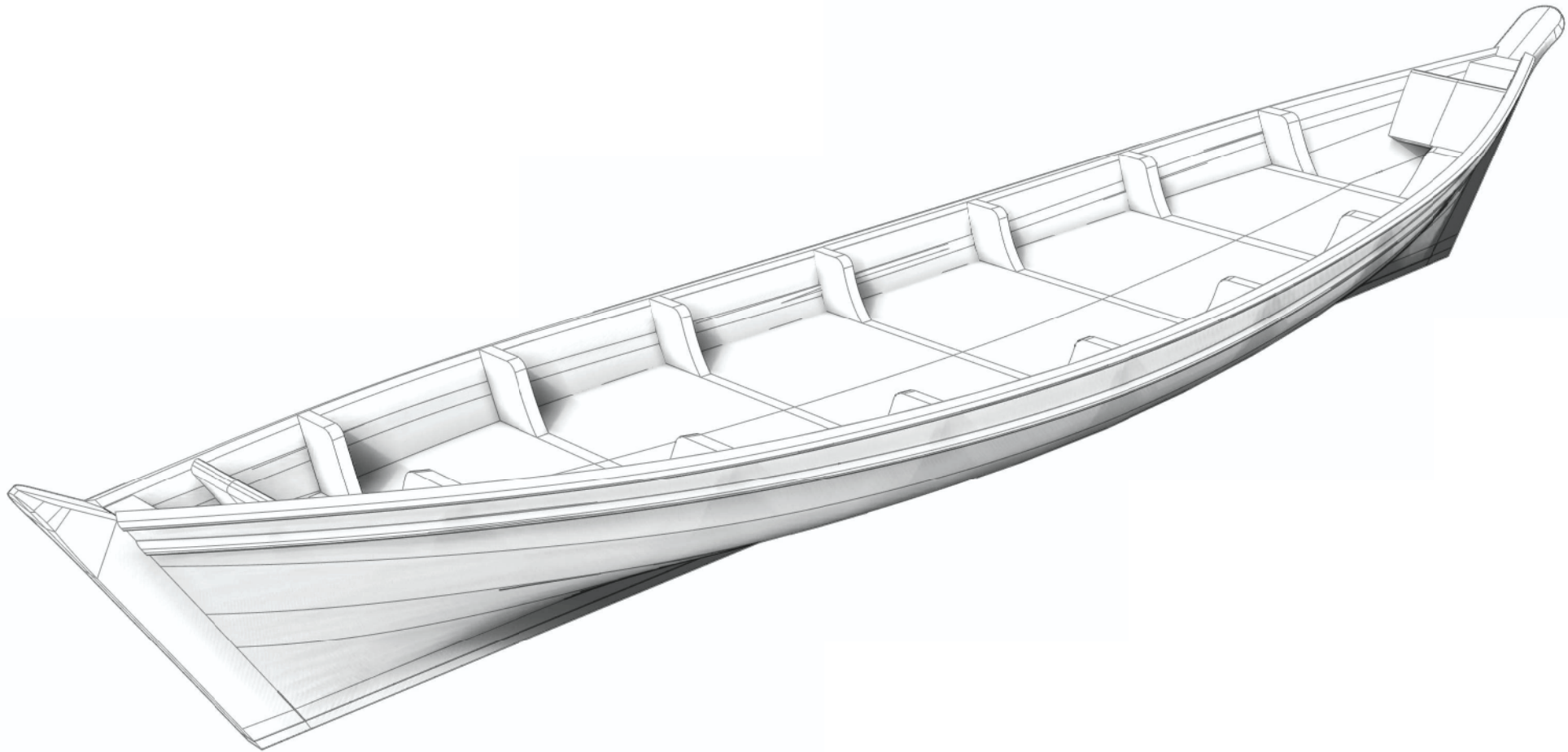


BODY PLAN

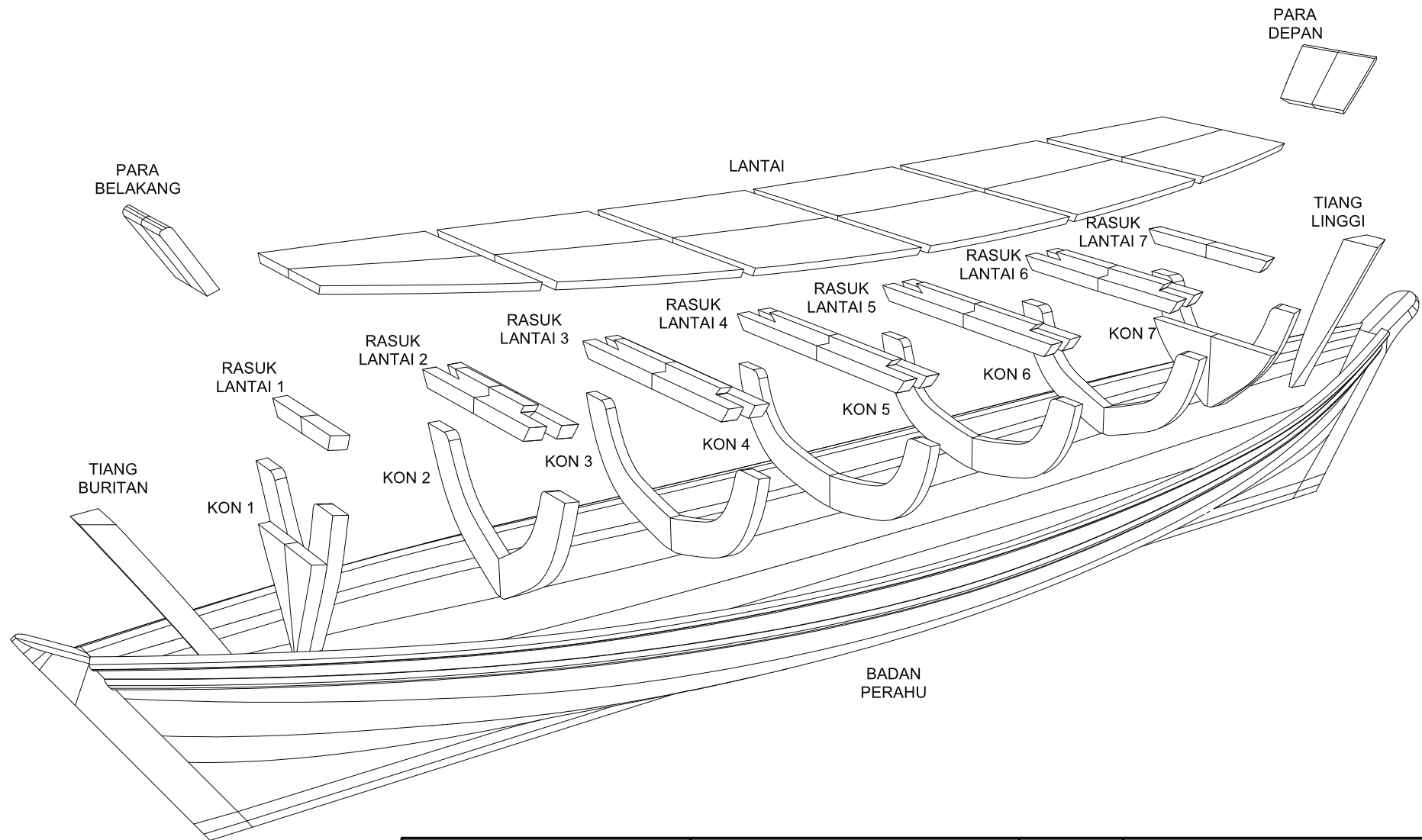


HALF BREATH PLAN

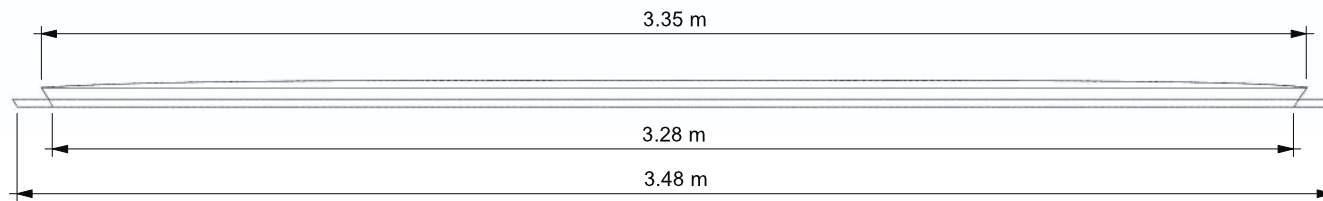
PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME		
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	 HALUAN KATOP		
LBP	3.730 m					
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025	LINES PLAN		
BREATH, B	0.852 m					
DEPTH, D	0.345 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/LP/001		REV
DRAFT, T	0.250 m			SCALE 1: 25	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1
		FILE NAME PKE/HK				SIZE A4



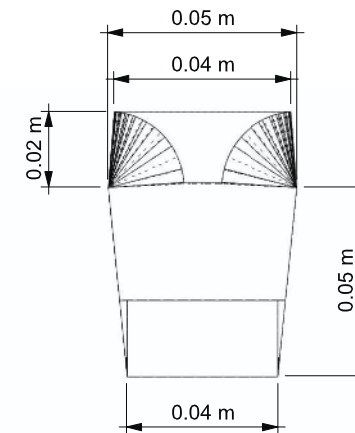
PRINCIPAL DIMENSION		NAME		DATE	PROJECT NAME			 	
LOA	4.220 m	DRAWN	Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP				
LBP	3.730 m	CHECKED			TITLE ARTISTIC DRAWING FULL HULL				
LWL	3.810 m	ENG APPR	Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025					
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR	Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO	PKE/HK/AD/001			REV
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME		SCALE	Not to Scale	WEIGHT	290 kg	NO OF SHEET	1 / 1
DRAFT, T	0.250 m	PKE/HK						SIZE	A4



PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME			
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP			
LBP	3.730 m	CHECKED		TITLE EXPLODE DRAWING FULL HULL			
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025				
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/ED/001	REV		
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE Not to Scale	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4	
DRAFT, T	0.250 m						



SIDE VIEW



**FRONT VIEW
SCALE 1 : 2**



TOP VIEW



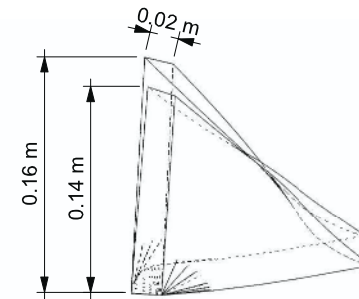
**PERSPECTIVE VIEW
NOT TO SCALE**

PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME		
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP		
LBP	3.730 m	CHECKED		TITLE HULL DETAIL DRAWING PAPAN LUNAS		
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025			
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO	PKE/HK/HDD/001	REV
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 20	WEIGHT	290 kg	NO OF SHEET 1 / 1
DRAFT, T	0.250 m					SIZE A4

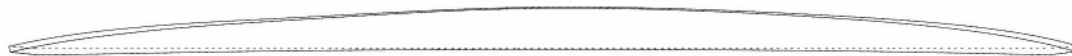




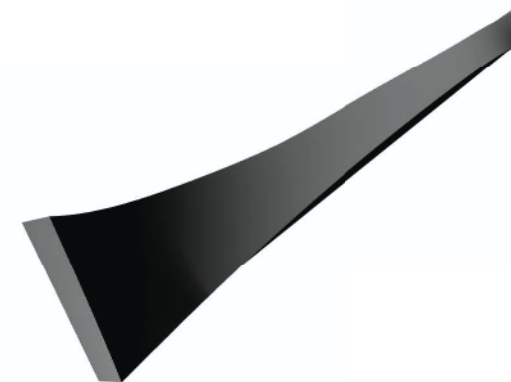
SIDE VIEW



**FRONT VIEW
SCALE 1 : 5**

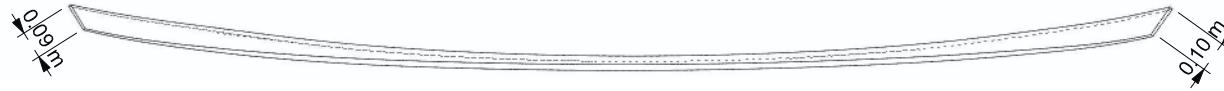


TOP VIEW

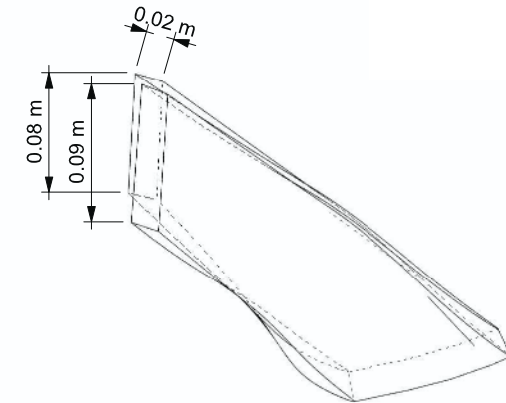


**PERSPECTIVE VIEW
NOT TO SCALE**

PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME			
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP			
LBP	3.730 m	CHECKED		TITLE HULL DETAIL DRAWING PAPAN LEPANG			
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025				
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/HDD/002		REV	
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 25	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4	
DRAFT, T	0.250 m						



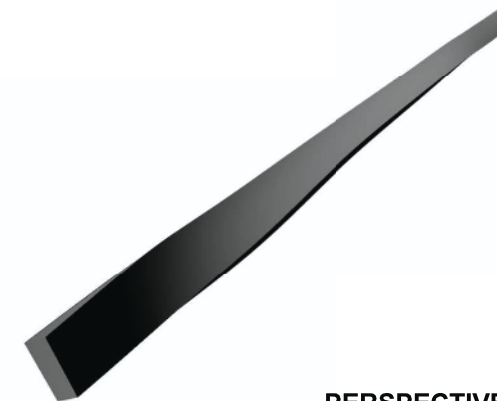
SIDE VIEW



**FRONT VIEW
SCALE 1 : 5**

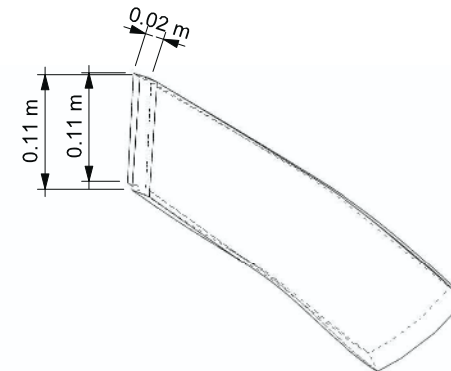


TOP VIEW



**PERSPECTIVE VIEW
NOT TO SCALE**

PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME			
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP			
LBP	3.730 m	CHECKED		TITLE HULL DETAIL DRAWING PAPAN TIMBAL			
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025				
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/HDD/003		REV	
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 25	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4	
DRAFT, T	0.250 m						



FRONT VIEW
SCALE 1 : 7.5



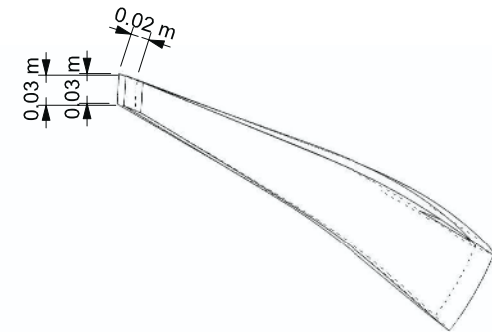
PERSPECTIVE

**PERSPECTIVE VIEW
NOT TO SCALE**

PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME		
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP		 UNIVERSITI TEKNOLOGI MARA
LBP	3.730 m	CHECKED		TITLE HULL DETAIL DRAWING PAPAN TUA		
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025			
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/HDD/005		REV
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 25	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4
DRAFT, T	0.250 m					



SIDE VIEW



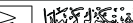
FRONT VIEW
SCALE 1 : 7.5



TOP VIEW

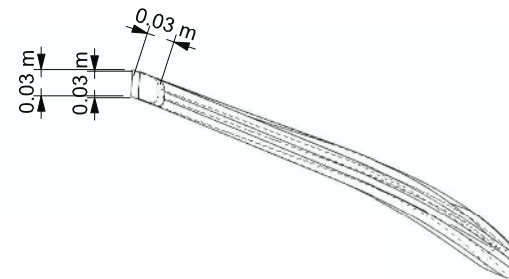


PERSPECTIVE VIEW
NOT TO SCALE

PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME		 	
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP		TITLE HULL DETAIL DRAWING PAPAN TARIK	
LBP	3.730 m	CHECKED					
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025				
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/HDD/006		REV	
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 25	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4	
DRAFT, T	0.250 m						



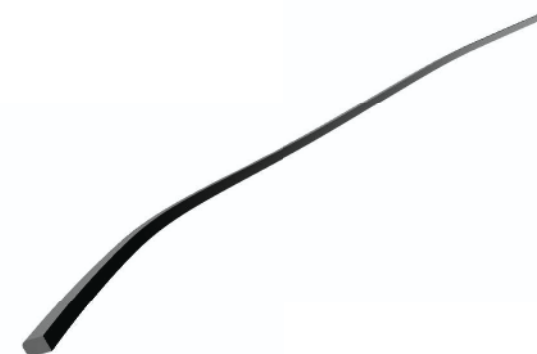
SIDE VIEW



FRONT VIEW
SCALE 1 : 7.5



TOP VIEW

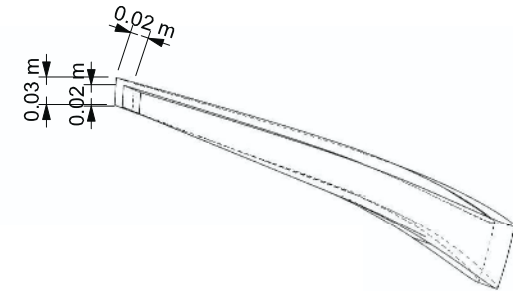


PERSPECTIVE VIEW
NOT TO SCALE

PRINCIPAL DIMENSION		NAME		DATE	PROJECT NAME						
LOA	4.220 m	DRAWN	Nur Ain Abd Rahman		Feb 2025	HALUAN KATOP					
LBP	3.730 m	CHECKED				TITLE HULL DETAIL DRAWING PAPAN BUTIR					
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan			Mac 2025						
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail			Apr 2025						
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK			SCALE 1: 25	DWG NO PKE/HK/HDD/007		REV			
DRAFT, T	0.250 m					WEIGHT 290 kg		NO OF SHEET 1 / 1		SIZE A4	



SIDE VIEW



**FRONT VIEW
SCALE 1 : 7.5**



TOP VIEW

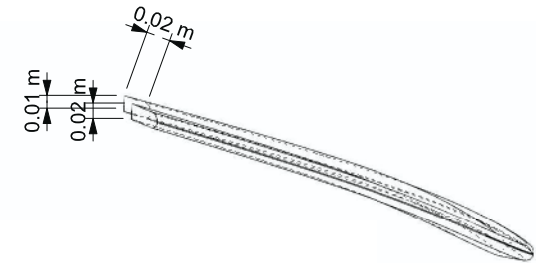


**PERSPECTIVE VIEW
NOT TO SCALE**

PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME		 	
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP			
LBP	3.730 m	CHECKED		TITLE HULL DETAIL DRAWING PAPAN LEPER			
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025				
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/HDD/008		REV	
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 25	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4	
DRAFT, T	0.250 m						



SIDE VIEW



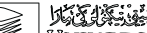
**FRONT VIEW
SCALE 1 : 7.5**



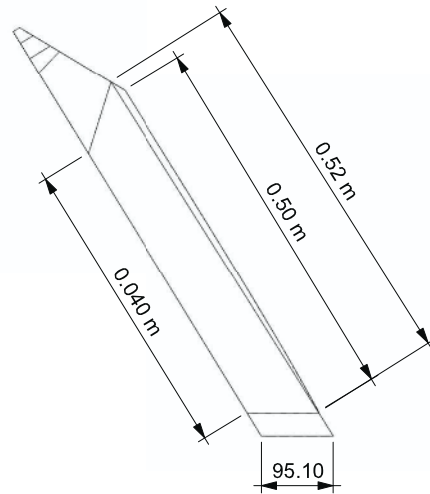
TOP VIEW



**PERSPECTIVE VIEW
NOT TO SCALE**

PRINCIPAL DIMENSION		NAME		DATE	PROJECT NAME				
LOA	4.220 m	DRAWN	Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP				
LBP	3.730 m	CHECKED			TITLE HULL DETAIL DRAWING PAPAN BENDUL				
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan		Mac 2025					
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail		Apr 2025					
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK		SCALE 1: 25	DWG NO PKE/HK/HDD/009		REV		
DRAFT, T	0.250 m				WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1		SIZE A4	

SIDE VIEW

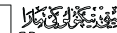


FRONT VIEW

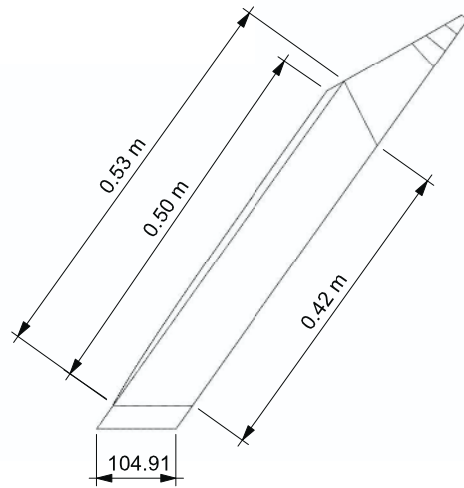


TOP VIEW

PERSPECTIVE VIEW
NOT TO SCALE

PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME			
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP			
LBP	3.730 m	CHECKED		TITLE HULL DETAIL DRAWING BURITAN			
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025				
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/HDD/010		REV	
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 10	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1		SIZE A4
DRAFT, T	0.250 m						

SIDE VIEW



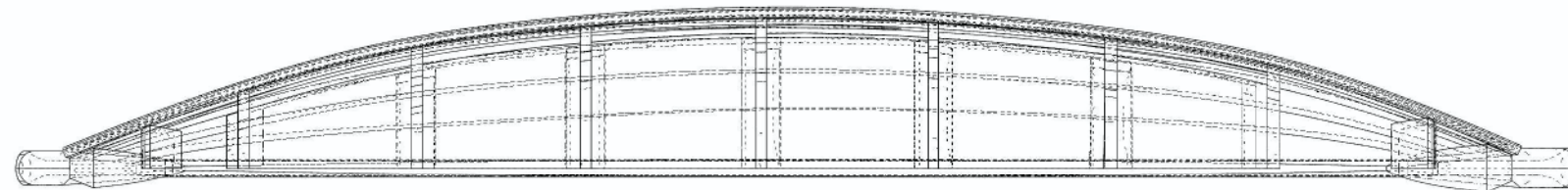
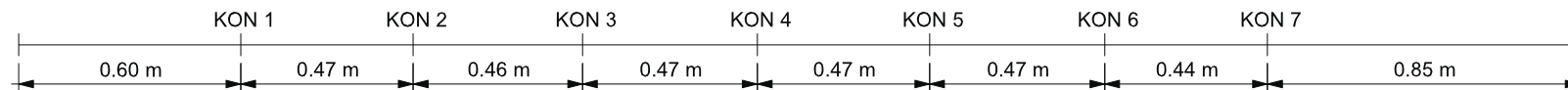
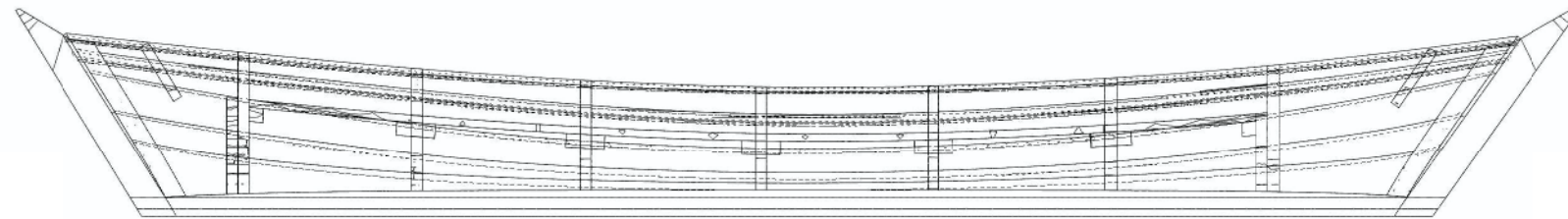
FRONT VIEW

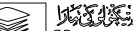


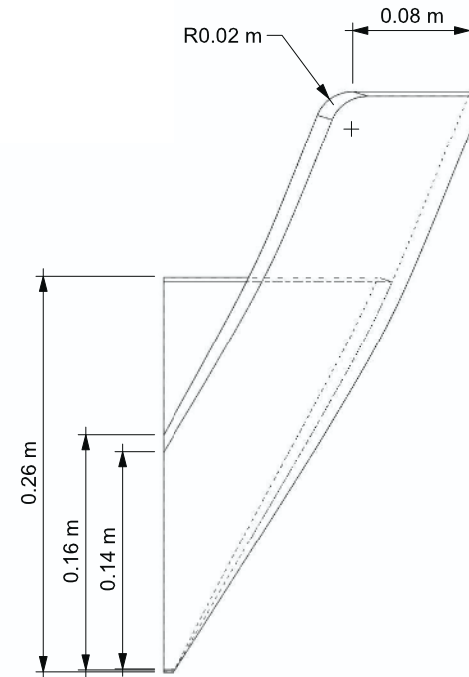
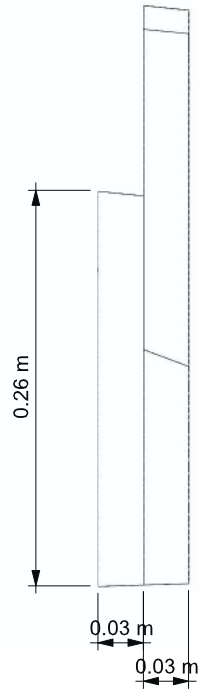
TOP VIEW

PERSPECTIVE VIEW
NOT TO SCALE

PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME		 	
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP		TITLE HULL DETAIL DRAWING LINGGI	
LBP	3.730 m	CHECKED					
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025				
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/HDD/011		REV	
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 10	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4	
DRAFT, T	0.250 m						

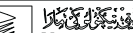


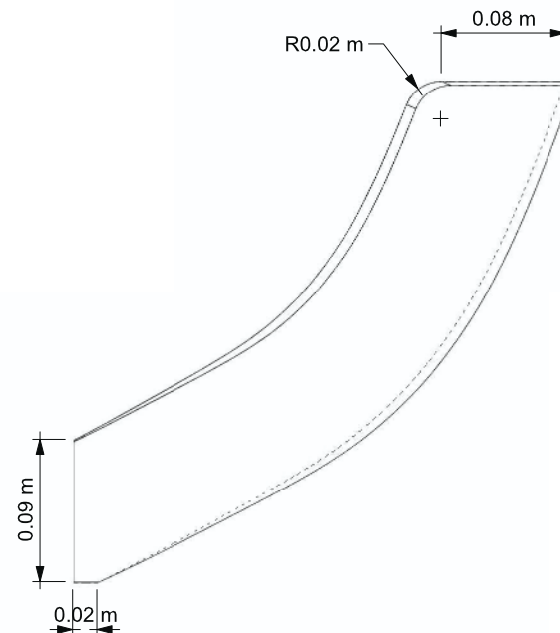
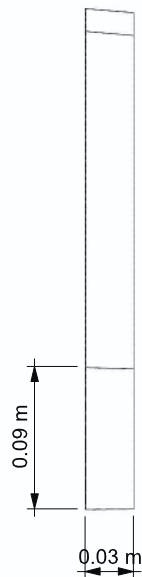
PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME		 	
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP		TITLE STRUCTURES DRAWING PERAHU HALUAN KATOP	
LBP	3.730 m	CHECKED					
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025				
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/SD/001			
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 20	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4	
DRAFT, T	0.250 m						



SIDE VIEW

**FRONT VIEW
HALF BREADTH**

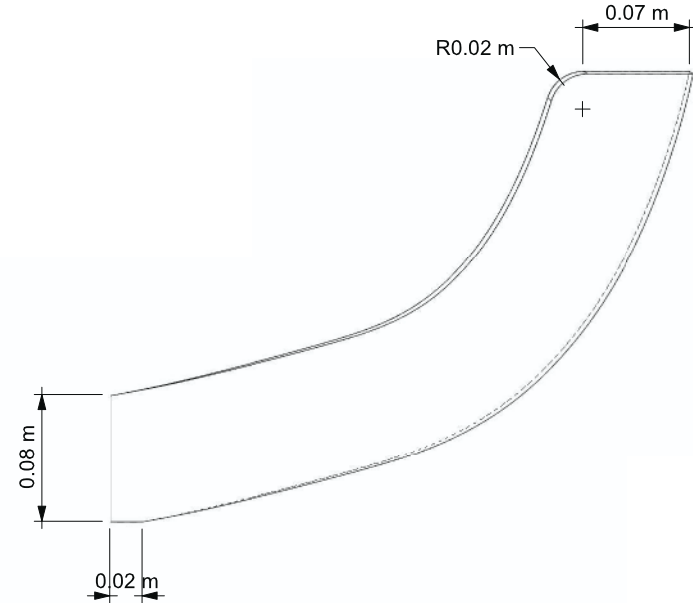
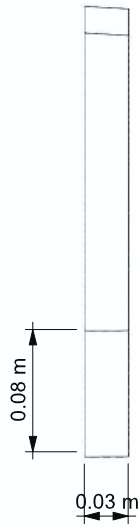
PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME				
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP				
LBP	3.730 m	CHECKED		TITLE STRUCTURES DRAWING KON 1				
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025					
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO	PKE/HK/SD/002		REV	
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 5	WEIGHT	290 kg	NO OF SHEET	1 / 1	SIZE A4



SIDE VIEW

FRONT VIEW
HALF BREADTH

PRINCIPAL DIMENSION		NAME		DATE	PROJECT NAME				UNIVERSITI TEKNOLOGI MARA
LOA	4.220 m	DRAWN	Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP				
LBP	3.730 m	CHECKED			TITLE STRUCTURES DRAWING KON 2				
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan		Mac 2025					
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail		Apr 2025					
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK		SCALE 1: 5	DWG NO PKE/HK/SD/003	REV			
DRAFT, T	0.250 m				WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4		



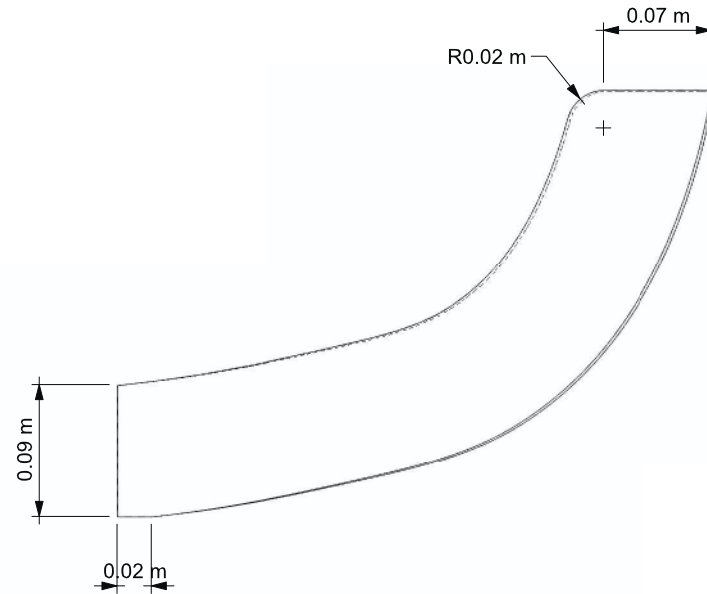
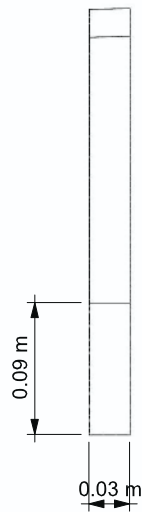
SIDE VIEW

**FRONT VIEW
HALF BREADTH**

PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME		
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP		 UNIVERSITI TEKNOLOGI MARA
LBP	3.730 m	CHECKED		TITLE		
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025	STRUCTURES DRAWING KON 3		
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO	PKE/HK/SD/004	REV
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 5	WEIGHT	290 kg	NO OF SHEET 1 / 1
DRAFT, T	0.250 m					SIZE A4



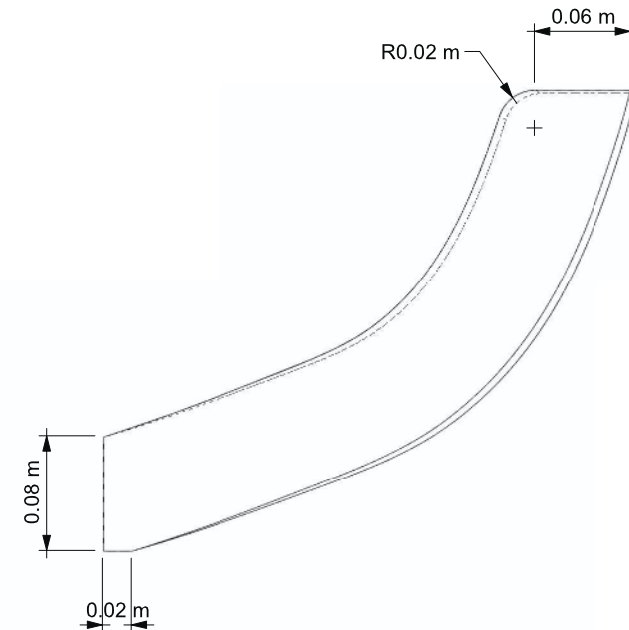
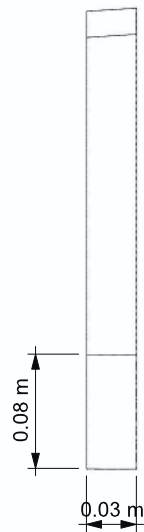
PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME		
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP		 UNIVERSITI TEKNOLOGI MARA
LBP	3.730 m	CHECKED		TITLE		
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025	STRUCTURES DRAWING KON 4		
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO	PKE/HK/SD/005	REV
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 5	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4
DRAFT, T	0.250 m					



SIDE VIEW

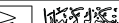
FRONT VIEW
HALF BREADTH

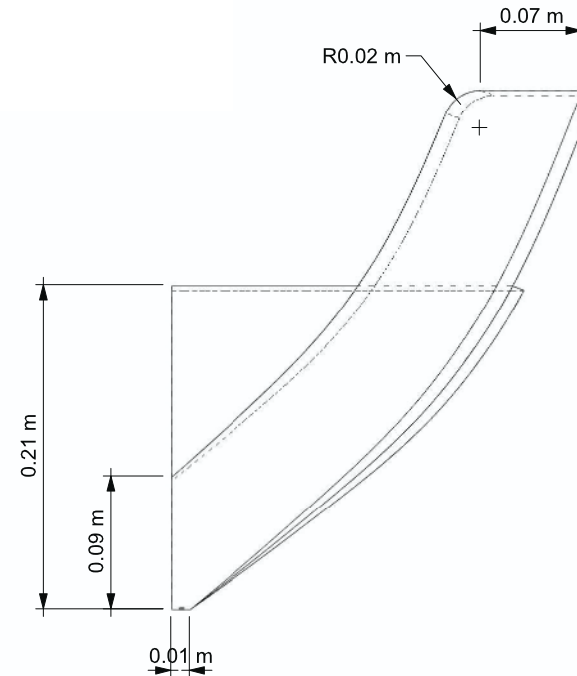
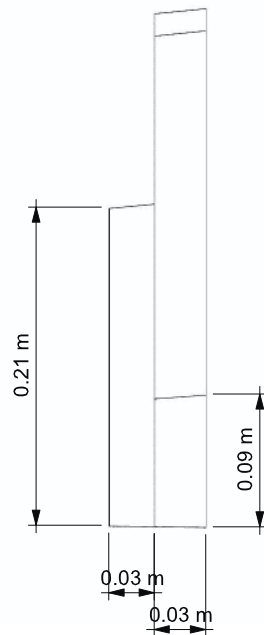
PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME					
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP					
LBP	3.730 m	CHECKED		TITLE STRUCTURES DRAWING KON 5					
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025						
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO	PKE/HK/SD/006			REV	
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 5	WEIGHT	290 kg	NO OF SHEET 1 / 1		SIZE A4	
DRAFT, T	0.250 m								



SIDE VIEW

**FRONT VIEW
HALF BREADTH**

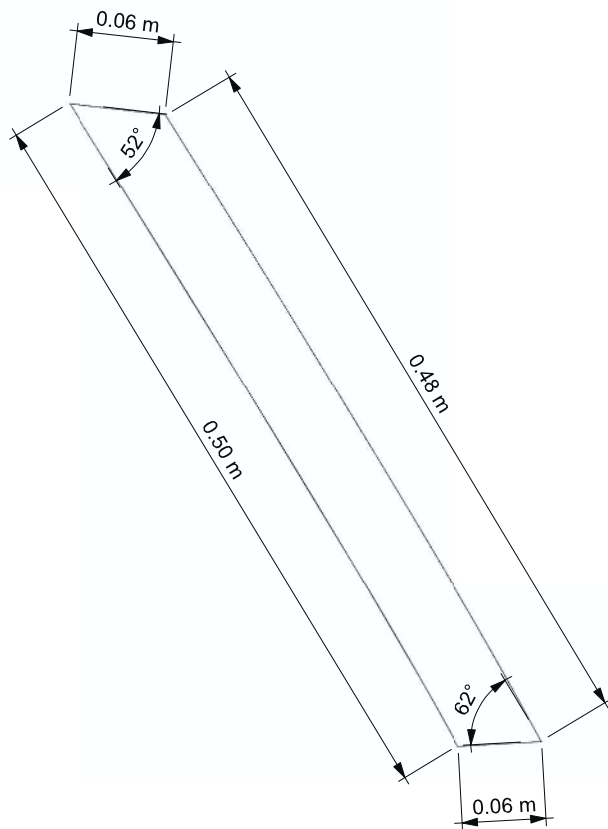
PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME								
LOA	4.220 m	DRAWN	Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP							
LBP	3.730 m	CHECKED			TITLE STRUCTURES DRAWING KON 6							
LWL	3.810 m	ENG APPR		Ts. Mohd Azahari Johan						Mac 2025		
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR		Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO		PKE/HK/SD/007	REV			
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME		PKE/HK	SCALE	1: 5	WEIGHT	290 kg	NO OF SHEET	1 / 1	SIZE	A4
DRAFT, T	0.250 m											



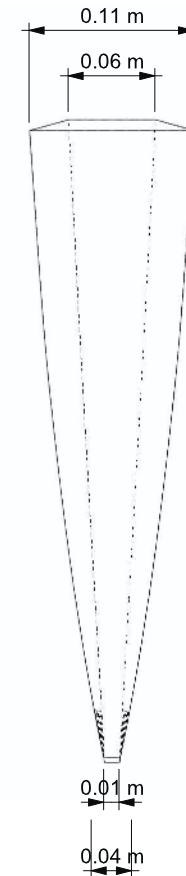
SIDE VIEW

**FRONT VIEW
HALF BREADTH**

PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME			
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP		UNIVERSITI TEKNOLOGI MARA	
LBP	3.730 m	CHECKED		TITLE STRUCTURES DRAWING KON 7			
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025				
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/SD/008	REV		
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 5	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4	
DRAFT, T	0.250 m						

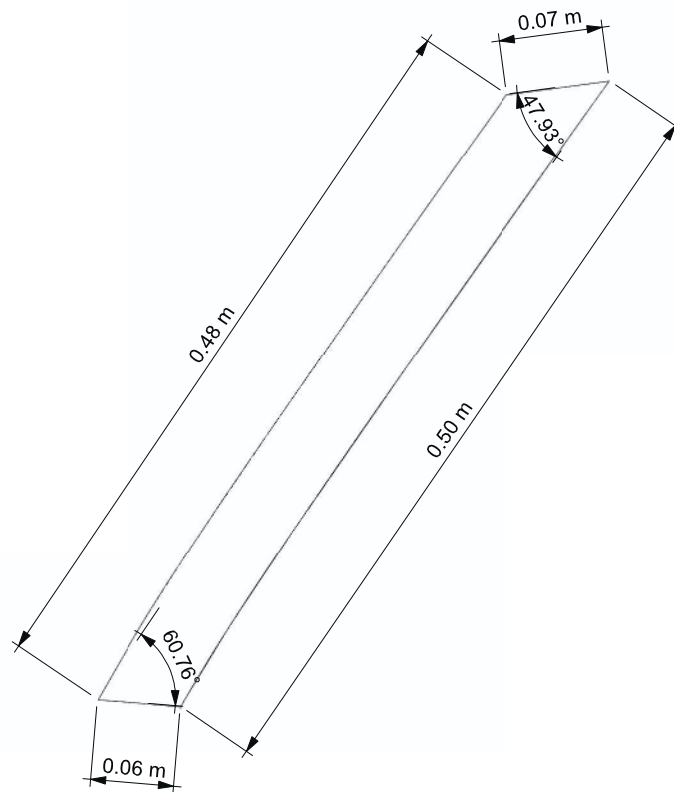


SIDE VIEW

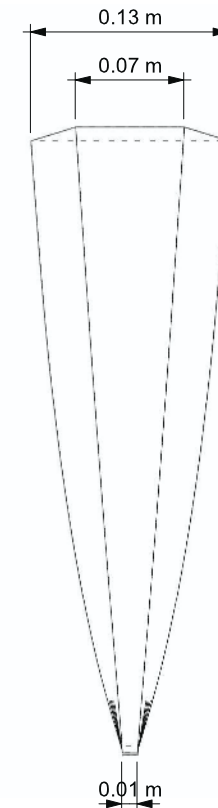


FRONT VIEW

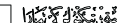
PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME		 UNIVERSITI TEKNOLOGI MARA	
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP		STRUCTURES DRAWING TIANG BURITAN	
LBP	3.730 m	CHECKED					
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025				
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/SD/009			
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 5	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4	
DRAFT, T	0.250 m						

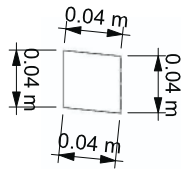


SIDE VIEW

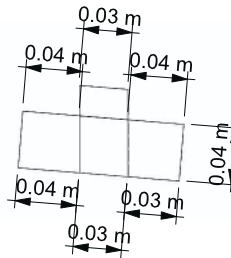


**FRONT VIEW
HALF BREADTH**

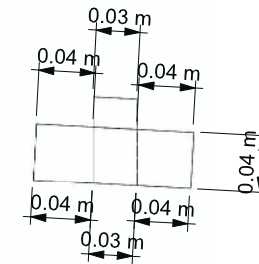
PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME			
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP			
LBP	3.730 m	CHECKED		TITLE STRUCTURES DRAWING TIANG LINGGI			
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025				
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/SD/010		REV	
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 5	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4	
DRAFT, T	0.250 m						



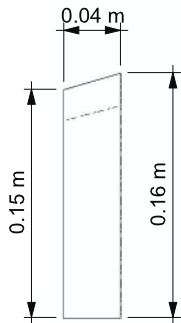
SIDE VIEW RASUK LANTAI 1



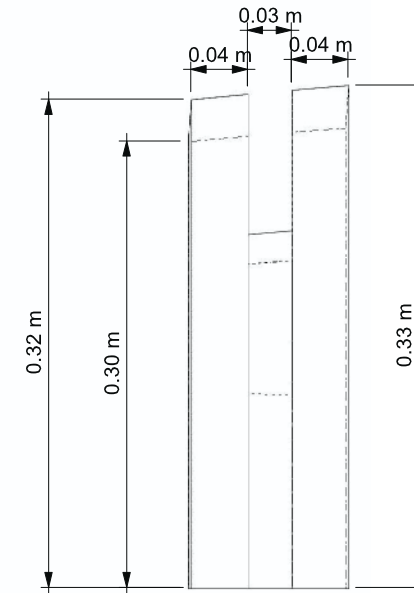
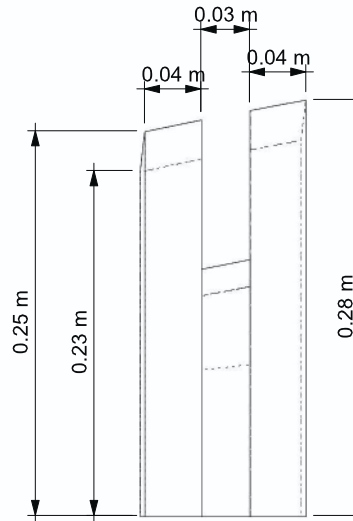
RASUK LANTAI 2



RASUK LANTAI 3

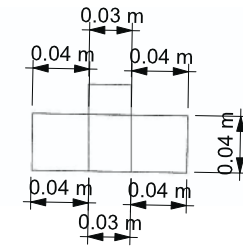


TOP VIEW
HALF BREADTH

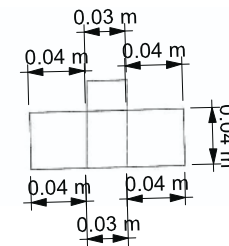


PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME		
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP  UNIVERSITI TEKNOLOGI MARA		
LBP	3.730 m					
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025	TITLE BEAMS DRAWING RASUK LANTAI 1, 2 & 3		
BREATH, B	0.852 m					
DEPTH, D	0.345 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/BD/001		REV
DRAFT, T	0.250 m			SCALE 1: 5	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1
		FILE NAME PKE/HK				SIZE A4

SIDE VIEW

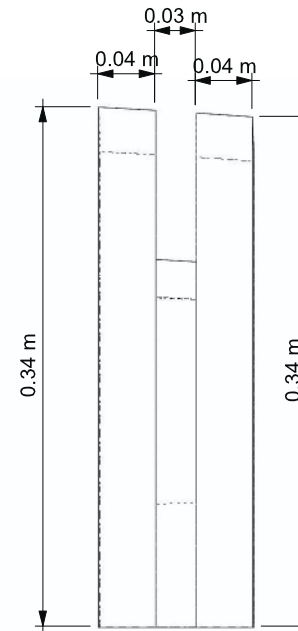
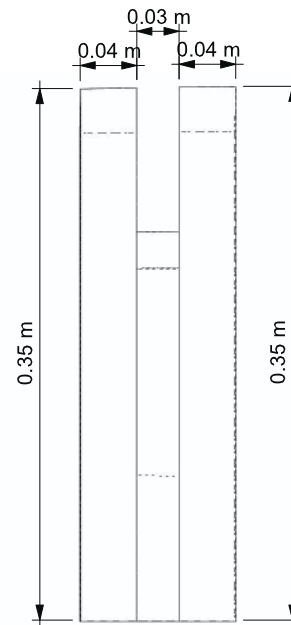


RASUK LANTAI 4



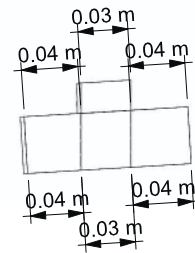
RASUK LANTAI 5

TOP VIEW
HALF BREADTH

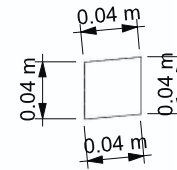


PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME		
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	HALUAN KATOP		
LBP	3.730 m	CHECKED		 UNIVERSITI TEKNOLOGI MARA		
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025			
BREATH, B	0.852 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	TITLE BEAMS DRAWING RASUK LANTAI 4, & 5		
DEPTH, D	0.345 m	FILE NAME PKE/HK	SCALE 1: 5	DWG NO PKE/HK/BD/002	REV	
DRAFT, T	0.250 m			WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1	SIZE A4

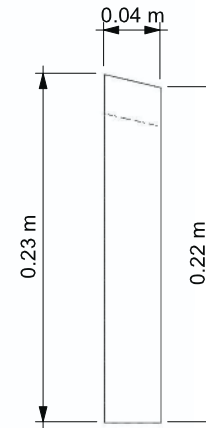
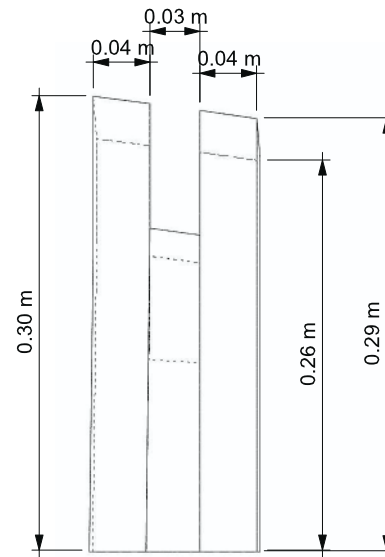
SIDE VIEW



RASUK LANTAI 6



RASUK LANTAI 7



TOP VIEW
HALF BREADTH

PRINCIPAL DIMENSION		NAME	DATE	PROJECT NAME		
LOA	4.220 m	DRAWN Nur Ain Abd Rahman	Feb 2025	 UNIVERSITI TEKNOLOGI MARA		
LBP	3.730 m					
LWL	3.810 m	ENG APPR Ts. Mohd Azahari Johan	Mac 2025	TITLE BEAMS DRAWING RASUK LANTAI 6 & 7		
BREATH, B	0.852 m					
DEPTH, D	0.345 m	MGR APPR Ts. Dr. Nik Mohd Khairuddin Nik Ismail	Apr 2025	DWG NO PKE/HK/BD/003		REV
DRAFT, T	0.250 m			SCALE 1: 5	WEIGHT 290 kg	NO OF SHEET 1 / 1
		FILE NAME PKE/HK				SIZE A4



PERAHU HALUAN KATUP

DIGITALISASI DAN PEMELIHARAAN WARISAN MELALUI KAEDAH KEJURUTERAAN

Buku ini dihasilkan sebagai satu usaha yang mengaplikasikan kepakaran dalam bidang kejuruteraan dalam pemeliharaan warisan, khususnya dalam usaha melestarikan Perahu Haluan Katup. Perahu ini merupakan sejenis perahu tradisional Melayu yang kini semakin pupus dan kurang dikenali oleh generasi masa kini. Melalui pendekatan kejuruteraan terbalik, bentuk fizikal perahu ini direkod secara sistematik menggunakan pelbagai kaedah moden seperti pengukuran tapak, pemodelan 3D, pendigitalan manual, analisa kejuruteraan, dan pelan reka bentuk digital.

e ISBN 978-629-95159-4-4



PENULIS
NIK MOHD KHAIRUDDIN NIK ISMAIL
MOHD AZAHARI JOHAN
NUR AIN ABD RAHMAN