

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kapal Ro-Ro (Roll-on/Roll-off) merupakan salah satu moda transportasi laut yang krusial dalam menunjang konektivitas antarwilayah kepulauan, terutama dalam hal pengangkutan kendaraan dan logistik. Indonesia sebagai negara kepulauan sangat bergantung pada moda feri Ro-Ro untuk menghubungkan pulau-pulau, memindahkan penumpang dan kendaraan, serta mendukung rantai logistik nasional. Heryandri menekankan bahwa transportasi ferry Ro-Ro di Indonesia sangat strategis karena negara ini terdiri atas sekitar 17 500 pulau; feri jenis ini mampu mengangkut barang secara door-to-door dan menjadi bagian penting dari sistem logistik. Selain angkutan udara, angkutan laut tetap menjadi moda dominan untuk menghubungkan masyarakat dan barang antarpulau.

Meskipun perannya vital, pengoperasian feri Ro-Ro menghadapi tantangan kapasitas yang signifikan. Asri dkk. menyatakan bahwa kendala utama dalam pengelolaan transportasi antarpulau adalah kesesuaian antara ketersediaan kapal Ro-Ro dengan kelas pelabuhan, jarak lintasan, dan permintaan layanan. Keterbatasan kelas pelabuhan membatasi tonase dan dimensi kapal sehingga mempengaruhi kapasitas muat, sementara permintaan muatan dan kecepatan kapal bergantung pada intensitas permintaan dan jarak tempuh. Pada rute berpermintaan tinggi, bahkan kapal bertonase lebih dari 1 000 GT harus dioperasikan pada lintasan pendek kurang dari 10 mil. Sebagai gambaran, sebuah feri Ro-Ro berukuran 70 meter hanya mampu membawa 56 mobil atau kombinasi 10 truk 5-ton dan 18 sedan, sehingga kapasitas muat terbatas jika permintaan melebihi angka tersebut.

KMP Labuhan Haji—kapal Ro-Ro yang melayani lintasan Bitung–Tobelo—menghadapi masalah serupa. Kapal ini sering tidak dapat mengangkut seluruh permintaan kendaraan dalam satu pelayaran, sehingga terjadi antrian dan potensi kehilangan pendapatan. Salah satu penyebabnya adalah penempatan ruang akomodasi awak (ABK) di dalam void tank di bawah garis muat. Menurut ketentuan Maritime Labour Convention yang diadopsi oleh Maritime & Coastguard Agency Inggris, seluruh bagian akomodasi awak, kecuali gudang, harus ditempatkan sepenuhnya di atas Summer Load Line atau garis muat musim panas. Penempatan di bawah garis muat tidak hanya melanggar peraturan keselamatan—karena berisiko saat terjadi kebocoran—tetapi juga mengurangi luas efektif car deck; jalur akses vertikal ke ruang tersebut memakan ruang parkir yang seharusnya dapat dimanfaatkan.

KMP. Labuhan Haji mempunyai load faktor yang cukup tinggi, dalam pengoperasiannya KMP. Labuhan Haji memiliki load faktor diatas 80% berdasarkan table pendapatan tahunan PT. ASDP cabang Bitung. Lintasan Bitung – Tobelo seringkali kapal tidak dapat mengangkut seluruh permintaan kendaraan dalam satu pelayaran sehingga solusi yang dapat diberikan yaitu penggantian ukuran kapal atau modifikasi bentuk dari kapal tersebut. Namun penggantian kapal sangat sulit dilakukan mengingat tidak banyaknya kapal yang tersedia, untuk itu alternatif yang dipilih adalah melakukan modifikasi pada cardeck KMP. Labuhan Haji. Pada navigation deck tersedia area yang cukup besar untuk memindahkan ruang ABK dari Void ke navigastion deck.

Penelitian ini mengusulkan modifikasi tata letak dengan memindahkan ruang ABK ke atas garis air, menghapus koridor vertikal, dan mengalihfungsikan void tank menjadi car deck penuh. Pendekatan ini sejalan dengan gagasan Asri dkk. bahwa desain kapal harus disesuaikan dengan permintaan layanan dan kelas pelabuhan. Dengan relokasi tersebut, area car deck dapat diperluas sehingga lebih banyak kendaraan—terutama truk logistik—dapat diangkut dalam setiap perjalanan. Selain meningkatkan kapasitas muat, perubahan ini memastikan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan awak memperbaiki akses evakuasi, dan memaksimalkan penggunaan ruang yang ada.

Namun, setiap usulan modifikasi memerlukan analisis kelayakan ekonomi. Peningkatan kapasitas muatan harus diimbangi dengan perhitungan biaya investasi dan proyeksi pendapatan tambahan. Oleh karena itu, studi ini akan menghitung *payback period* untuk menilai berapa lama investasi modifikasi tata letak kapal dapat kembali. Analisis ini diharapkan memberikan gambaran komprehensif tentang dampak teknis dan ekonomis dari relokasi ruang ABK, sehingga dapat menjadi dasar pengambilan keputusan bagi operator kapal dan pemangku kepentingan.

Berdasarkan hal-hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi desain tata letak ruang KMP Labuhan Haji, mengusulkan skema modifikasi yang sesuai dengan regulasi dan prinsip efisiensi ruang, serta melakukan analisis kelayakan finansial melalui pendekatan *payback period*. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam perancangan dan modifikasi kapal Ro-Ro yang lebih aman, efisien, dan menguntungkan secara ekonomi. oleh permasalahan tersebut seperti yang dijelaskan di atas, maka peneliti tertarik melakukan sebuah penelitian dengan judul **“Analisa Dampak Rekayasa Ulang Kapal terhadap Kapasitas Muatan dan Payback Period pada KMP. Labuhan Haji”**.

## 1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Merancang ulang (redesign) tata letak ruang ABK untuk meningkatkan kapasitas muatan pada car deck.
2. Menghitung Payback Period sebagai parameter keekonomian untuk mengetahui kapan investasi redesign dapat tertutupi oleh peningkatan pendapatan.

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa penambahan kapasitas muatan pada car dek setelah redesign tata letak ruang ABK dan mengetahui kapan investasi redesign dapat tertutupi oleh peningkatan pendapatan.

## 1.3 Ruang Lingkup

Agar penelitian ini lebih fokus dan terarah, maka permasalahan yang akan dibahas dibatasi pada hal-hal berikut:

- a) Redesign tata letak ruang ABK terhadap penambahan kapasitas muatan pada car deck.
- b) Mengestimasi biaya investasi yang diperlukan dalam proses redesign.
- c) Menghitung Payback Period untuk mengetahui dalam jangka waktu berapa lama investasi redesign dapat tertutupi melalui peningkatan pendapatan.
- d) Analisa teknik dan keselamatan tidak diperhitungkan

## 1.4 Teori

### 1.4.1 Ruang Muat dan Akomodasi di Bawah Garis Air (Below Waterline Space Regulation)

Ruang akomodasi awak kapal (Anak Buah Kapal) memiliki peran penting dalam menunjang keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi operasional kapal. Namun, penempatan ruang akomodasi di bawah garis air (below load line) merupakan praktik yang tidak diperbolehkan berdasarkan regulasi keselamatan internasional, karena dapat membahayakan keselamatan awak dalam kondisi darurat serta mengganggu integritas struktur kapal.

Menurut International Maritime Organization (IMO) melalui ketentuan Safety of Life at Sea (SOLAS) Chapter II-1 Regulation 13, ruang akomodasi awak kapal, termasuk ruang tidur, ruang makan, dan area rekreasi, harus ditempatkan di atas garis air saat kapal berada dalam kondisi muat penuh (deepest load line). Hal ini dimaksudkan untuk menjamin keselamatan awak jika terjadi kerusakan lambung, kebocoran, atau kecelakaan di laut. SOLAS juga mengatur bahwa setiap ruang akomodasi harus memiliki ventilasi alami, akses langsung menuju dek terbuka, serta sistem evakuasi yang mudah dijangkau (IMO, 2006). Larangan ini didasarkan pada prinsip bahwa ruang di bawah garis air memiliki risiko tinggi terhadap banjir dan kekurangan oksigen akibat ventilasi terbatas. Dalam kondisi darurat seperti kebocoran pada lambung bawah atau tabrakan, air laut dapat dengan cepat memasuki ruang bawah air melalui jalur struktur atau penetrasi sistem perpipaan. Awak kapal yang berada di bawah garis air sulit melakukan evakuasi karena terhalang tekanan hidrostatik dan ketinggian air, sehingga kemungkinan keselamatan menurun secara signifikan.

Ketentuan serupa ditegaskan dalam Maritime Labour Convention (MLC, 2006) dan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia, 2024). Dalam *Rules for the Classification and Construction of Sea-Going Ships*, BKI menyatakan bahwa ruang akomodasi awak tidak boleh berbatasan langsung dengan tangki bahan bakar, ruang mesin, atau ruang void di bawah garis air. Posisi ruang ABK harus berada di atas *freeboard deck* dengan ketinggian minimum tertentu agar terlindung dari bahaya kebocoran. Selain itu, setiap ruang ABK wajib memiliki dua jalur evakuasi terpisah dan sistem ventilasi alami atau mekanik untuk menjaga kenyamanan serta keselamatan kerja awak. Selain aspek keselamatan, penempatan ruang ABK di bawah garis air juga menimbulkan dampak teknis terhadap efisiensi ruang muatan (*car deck efficiency*). Kehadiran ruang di bawah *car deck* mengharuskan adanya jalur akses vertikal seperti tangga atau koridor menuju ruang tersebut. Berdasarkan kajian Schneekluth & Bertram (2019), keberadaan akses vertikal menyebabkan pengurangan area efektif *car deck* sebesar 5–15% tergantung konfigurasi dek dan ukuran ruang bawah. Dengan demikian, kapasitas kendaraan yang dapat diangkut berkurang secara langsung, yang pada gilirannya menurunkan pendapatan operasi kapal.

Secara struktural, ruang di bawah garis air juga berisiko terhadap tekanan hidrostatik yang tinggi. Menurut Rawson & Tupper (2001), gaya tekanan air pada dinding lambung meningkat seiring dengan kedalaman, dan beban tambahan tersebut harus ditanggung oleh sekat atau *bulkhead* ruang bawah. Jika ruang tersebut difungsikan sebagai ruang tinggal, maka dibutuhkan sistem isolasi tambahan, penguatan struktur, serta sistem pemompaan air (*bilge system*) yang lebih kompleks. Semua tambahan ini meningkatkan berat kapal dan biaya operasional.

Selain itu, IMO Resolution A.468(XII) tentang *Design and Arrangement of Accommodation Spaces* juga menekankan bahwa akomodasi awak harus berada di

lokasi yang tidak terpapar getaran, kebisingan, atau bahaya gas beracun. Ruang di bawah garis air, terutama di dekat void tank atau tangki bahan bakar, berpotensi menimbulkan bahaya kesehatan akibat kebocoran gas atau kelembapan tinggi. Oleh karena itu, reposisi ruang akomodasi ke area di atas garis air tidak hanya memenuhi ketentuan keselamatan, tetapi juga meningkatkan kualitas hidup dan kinerja awak kapal.

Dalam konteks KMP Labuhan Haji, kondisi eksisting menunjukkan bahwa ruang ABK ditempatkan di bawah garis air, berdekatan dengan void tank di lambung kapal. Posisi ini tidak sesuai dengan ketentuan SOLAS dan peraturan BKI, serta menimbulkan beberapa implikasi:

1. Risiko Keselamatan Tinggi: Dalam keadaan darurat seperti kebocoran, awak kapal yang berada di bawah garis air akan sulit melakukan evakuasi.
2. Penurunan Efisiensi Ruang: Jalur akses ke ruang bawah air mengurangi luas efektif car deck dan mengganggu alur kendaraan.
3. Kenaikan Biaya Operasional: Diperlukan sistem pemompaan dan ventilasi tambahan yang menambah beban energi dan perawatan.
4. Penurunan Daya Angkut dan Pendapatan: Hilangnya area muat menyebabkan berkurangnya kapasitas kendaraan per trip, yang berdampak langsung terhadap nilai ekonomi kapal.

Menurut Paixão dan Marlow (2002), efisiensi ruang merupakan indikator kunci dalam menentukan kinerja ekonomi kapal penyeberangan. Oleh karena itu, menempatkan ruang ABK di lokasi yang lebih aman di atas garis air bukan hanya memenuhi aspek keselamatan, tetapi juga dapat meningkatkan produktivitas dan keuntungan operasional.

Untuk mendukung argumentasi ini, penelitian oleh Balaji & Kumar (2018) berjudul "*Accommodation Space Optimization in Small Passenger Ferries Using Modular Rearrangement Design*" (*Journal of Ship Production and Design*, 34(2), 77–89) menunjukkan bahwa pengaturan ulang ruang akomodasi dari bawah ke atas garis air dapat meningkatkan efisiensi ruang hingga 12% dan mengurangi konsumsi energi ventilasi sebesar 8%. Penelitian tersebut juga menyimpulkan bahwa relokasi ruang awak memperpendek rute evakuasi hingga 30%, meningkatkan keselamatan secara signifikan.

Selain itu, penelitian oleh Vassalos & Paterson (2020) tentang *reconfiguring passenger ship internal environment* menyoroti bahwa penempatan sekat dan tata letak internal kapal sangat menentukan kapasitas kapal dalam bertahan dari kerusakan dan kebocoran. Mereka menjelaskan bahwa rekonfigurasi ruang internal, khususnya meningkatkan sistem subdivisi dan ventilasi, merupakan salah satu cara paling efektif untuk meningkatkan stabilitas dan keselamatan. Namun, mereka juga mengingatkan bahwa penambahan sekat dan struktur baru dapat mengurangi ergonomi serta kapasitas ruang. Hal ini menjadi dasar pemikiran bahwa pemindahan ruang ABK dari bawah garis muat ke atas garis muat mampu memperbaiki keselamatan dan kapasitas tanpa menambah struktur yang tidak perlu.

Dengan mempertimbangkan aspek keselamatan, struktural, dan efisiensi ruang, maka dalam penelitian ini rekayasa ulang tata letak ruang ABK pada KMP Labuhan Haji menjadi langkah yang strategis, wajib secara regulatif, dan menguntungkan secara ekonomis. Perpindahan ruang akomodasi ke atas garis air akan meningkatkan efisiensi area car deck, memperbesar kapasitas muatan, mengurangi risiko kecelakaan, dan memenuhi standar internasional yang ditetapkan oleh IMO serta BKI.

### 1.4.2 Konsep Umum Rekayasa Ulang Kapal (Ship Redesign)

Rekayasa ulang kapal (*ship redesign* atau *retrofit engineering*) merupakan salah satu strategi teknik dan manajemen yang dilakukan untuk meningkatkan performa kapal, menambah kapasitas muatan, atau menyesuaikan kapal terhadap kebutuhan operasional baru tanpa harus melakukan pembangunan kapal dari awal. Menurut Papanikolaou (2014), kegiatan ini termasuk dalam kategori *post-construction engineering process*, di mana kapal yang telah beroperasi dimodifikasi berdasarkan hasil evaluasi kinerja, umur teknis, dan potensi peningkatan ekonominya.

Tujuan utama rekayasa ulang meliputi:

1. Peningkatan kapasitas muatan (Load capacity improvement), baik dengan memperluas ruang muatan maupun mengefisienkan tata letak ruang.
2. Optimalisasi konsumsi bahan bakar dan efisiensi energi, melalui perubahan sistem atau struktur yang berpengaruh pada tahanan kapal.
3. Penyesuaian terhadap regulasi baru, seperti aturan keselamatan, lingkungan, dan kenyamanan awak kapal.
4. Perpanjangan umur ekonomis kapal, agar kapal tetap menguntungkan dan layak operasional dalam jangka panjang.

Dalam konteks penelitian ini, rekayasa ulang dilakukan pada KMP Labuhan Haji yang berfungsi sebagai kapal penyeberangan (*ro-ro ferry*). Fokus utamanya adalah redesain tata letak ruang ABK agar area car deck dapat diperluas dan kapasitas muatan meningkat tanpa menambah dimensi utama kapal.

Menurut Rawson & Tupper (2001), perubahan tata letak ruang internal seperti Ruang ABK harus mempertimbangkan tiga faktor utama:

- Kestabilan kapal (stability) — distribusi massa yang berubah dapat memengaruhi titik berat (G) dan metacentric height (GM).
- Kekuatan struktur (structural strength) — modifikasi sekat atau dek tidak boleh menurunkan integritas lambung.
- Efisiensi ruang (space efficiency) — setiap meter persegi ruang harus memberi manfaat fungsional maksimum.

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) mewajibkan bahwa setiap bentuk modifikasi kapal harus memperoleh approval design sebelum dikerjakan di galangan. Hal ini diatur dalam *Daftar Persyaratan Gambar/Dokumen Penerimaan Klas dan Modifikasi Kapal (Edisi-05, Juni 2024)*, yang menetapkan bahwa perubahan tata letak ruang ABK atau car deck harus disertai dengan gambar-gambar teknis seperti *General Arrangement (GA)*, *Midship Section*, *Fire Control Plan*, *Piping Arrangement*, dan *Accommodation Plan*.

Dengan demikian, rekayasa ulang bukan hanya kegiatan teknis konstruksi, tetapi juga proses multidisiplin yang mencakup aspek desain, struktur, peraturan keselamatan, dan kelayakan ekonomi.

### 1.4.3 Aspek Investasi dan Risiko Proyek Rekayasa Ulang

Kegiatan rekayasa ulang termasuk investasi jangka menengah yang memerlukan perhitungan kelayakan ekonomi. Giatman (2006) menjelaskan bahwa analisis ekonomi teknik bertujuan menilai hubungan antara biaya investasi dan manfaat finansial yang dihasilkan.

Faktor utama yang perlu diperhatikan dalam investasi modifikasi kapal:

1. Biaya Awal (Initial Cost) — meliputi biaya desain, material, tenaga kerja, dan sertifikasi.
2. Pendapatan Tambahan (Additional Revenue) — diperoleh dari kenaikan kapasitas muatan.

3. Risiko Finansial (Financial Risk) — terkait fluktuasi harga, keterlambatan proyek, dan ketidakpastian pasar.

Dalam dunia industri maritim, risiko proyek juga berkaitan dengan regulasi\*lingkungan, kondisi ekonomi pelabuhan, dan perkembangan teknologi yang dapat membuat desain lama menjadi kurang efisien.

Oleh karena itu, analisis kelayakan menggunakan parameter kuantitatif seperti:

- Payback Period (PP) — waktu pengembalian investasi.
- Net Present Value (NPV) — nilai kini bersih dari arus kas.
- Internal Rate of Return (IRR) — tingkat keuntungan yang dihasilkan investasi.
- Benefit-Cost Ratio (B/C) — perbandingan manfaat dengan biaya total. Metode-metode ini digunakan secara komplementer untuk menilai kelayakan proyek modifikasi kapal, termasuk proyek redesign tata letak ruang ABK pada KMP Labuhan Haji

#### 1.4.4 Perhitungan Biaya Depresiasi

Biaya depresiasi ialah biaya yang ada karena penurunan dalam nilai fisik properti seiring dengan waktu dan penggunaannya. Biaya penyusutan kapal sebesar 5% dari harga kapal setiap tahun, maksimal umur ekonomis kapal baru adalah 20 tahun sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No.22 Tahun 2018.

#### 1.4.5 Konsep Payback Period

Investasi merupakan salah satu kegiatan penting dalam dunia usaha maupun proyek teknik, karena melalui kegiatan ini perusahaan dapat meningkatkan kapasitas, efisiensi, dan produktivitas. Namun demikian, setiap bentuk investasi selalu dihadapkan pada risiko ketidakpastian seperti fluktuasi ekonomi, perubahan kebijakan, kondisi pasar, hingga perkembangan teknologi yang cepat. Oleh sebab itu, sebelum melakukan investasi, diperlukan suatu alat analisis kelayakan finansial yang mampu memberikan gambaran kapan dana yang ditanamkan dapat kembali. Salah satu metode yang sering digunakan dalam studi kelayakan ekonomi proyek adalah Payback Period (PP).

Metode Payback Period digunakan untuk mengetahui jangka waktu yang diperlukan agar nilai kumulatif arus kas masuk (cash inflows) sama dengan jumlah investasi awal yang telah dikeluarkan. Dengan kata lain, metode ini menghitung berapa lama modal yang ditanamkan dapat kembali dari hasil pendapatan bersih yang dihasilkan oleh proyek. Analisis ini penting terutama dalam proyek-proyek industri, transportasi laut, atau konstruksi kapal, karena investor ingin mengetahui tingkat pengembalian modal (return period) yang cepat untuk menjaga likuiditas dan menekan risiko finansial (Yacob Ibrahim, 2009).

Menurut Lefley (1996) dalam jurnal *International Journal of Production Economics*, Payback Period didefinisikan sebagai ukuran waktu yang diperlukan agar aliran kas kumulatif dari proyek investasi sama dengan pengeluaran modal awal. Semakin singkat periode pengembalian, maka semakin baik proyek tersebut, karena modal yang tertanam dapat segera digunakan kembali untuk investasi lain. Di sisi lain, proyek dengan periode pengembalian yang terlalu lama dianggap berisiko tinggi, sebab adanya kemungkinan perubahan teknologi atau penurunan permintaan pasar di masa depan dapat menyebabkan nilai aset menjadi usang (Lefley, 1996; *The Payback Method of Investment Appraisal: A Review and Synthesis*, Elsevier).

Payback Period dihitung dengan menggunakan formula dasar berikut:

$$PP = \frac{\text{Investasi Awal}}{\text{Arus Kas Bersih Tahunan Rata-rata}}$$

Apabila aliran kas tahunan tidak merata, maka Payback Period ditentukan dengan mencari tahun ke-n di mana jumlah kumulatif arus kas bersih sama atau melebihi nilai investasi awal. Metode ini digunakan secara luas dalam studi rekayasa teknik dan proyek perkapalan karena kesederhanaan konsep dan kemudahan dalam pengaplikasiannya. Menurut Boardman et al. (2004) dalam jurnal *Research in Business and Economics Journal*, Payback Period masih menjadi alat analisis populer

bagi perusahaan karena cepat memberikan indikasi likuiditas proyek serta mudah dipahami oleh manajer non-keuangan.

Namun, metode ini memiliki keterbatasan karena tidak mempertimbangkan nilai waktu uang (*time value of money*) serta mengabaikan arus kas setelah periode pengembalian tercapai. Untuk mengatasi hal ini, beberapa peneliti seperti Cheremushkin (2016) dalam *SSRN Electronic Journal* mengembangkan konsep Discounted Payback Period (DPP), yang menghitung arus kas dalam bentuk nilai sekarang (*present value*) sehingga hasil perhitungan lebih realistis terhadap kondisi ekonomi aktual.

Dalam konteks penelitian ini, metode Payback Period digunakan untuk menganalisis kelayakan ekonomi dari kegiatan rekayasa ulang (*redesign*) tata letak ruang ABK pada KMP Labuhan Haji. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan agar biaya investasi *redesign* dapat tertutupi oleh peningkatan pendapatan akibat bertambahnya kapasitas muatan di *car deck*. Dengan mengetahui nilai Payback Period, dapat disimpulkan apakah investasi tersebut layak dilaksanakan dari sisi finansial.

Secara teknis, nilai Payback Period yang lebih pendek menunjukkan proyek memiliki perputaran modal yang cepat, risiko yang lebih rendah, dan kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap perkembangan teknologi baru di sektor transportasi laut. Sebaliknya, periode pengembalian yang lama dapat menjadi pertimbangan bagi investor atau operator kapal karena menunjukkan tingkat keuntungan yang rendah atau kurang efisien dalam pemanfaatan modal

#### 1.4.6 Identifikasi Biaya Rekayasa Ulang Tata Letak Ruang ABK

Identifikasi biaya adalah proses menentukan seluruh komponen pengeluaran yang diperlukan dalam pelaksanaan proyek modifikasi. Menurut Supriadi et al. (2022), identifikasi biaya yang tepat dapat mencegah kesalahan estimasi dan memastikan keberhasilan manajemen keuangan proyek.

Komponen biaya utama dalam proyek *redesign* ruang ABK meliputi:

##### 1. Biaya Jasa Konsultan Desain

Biaya ini mencakup jasa arsitek kapal, perancang sistem, dan konsultan BKI yang melakukan penggambaran ulang GA, analisis stabilitas, perhitungan kekuatan struktur, serta penyusunan dokumen klasifikasi seperti *Fire Control Plan* dan *Accommodation Plan*. Biaya jasa desain umumnya mencapai 2–5% dari total biaya modifikasi.

##### 2. Biaya Material dan Komponen

Meliputi pembelian baja, pelat, cat pelindung, pintu kedap air, sistem ventilasi, tangga, dan perlengkapan pendukung lainnya. Pemilihan material harus memperhatikan standar IMO dan BKI terkait kekuatan serta ketahanan korosi.

##### 3. Biaya Tenaga Kerja dan Konstruksi

Biaya upah pekerja, pengelasan, pemotongan pelat, serta waktu *dry-docking* kapal. Semakin lama durasi pekerjaan, semakin besar kehilangan pendapatan karena kapal berhenti beroperasi.

##### 4. Biaya Pengujian dan Sertifikasi

Termasuk biaya uji kekuatan struktur, stabilitas, kebocoran (*hydrotest*), serta

sertifikasi dari BKI atau badan klasifikasi internasional seperti Lloyd's Register atau Bureau Veritas.

5. Biaya Operasional dan Pemeliharaan Tambahan  
Perubahan struktur dapat meningkatkan berat kapal dan konsumsi bahan bakar, sehingga biaya operasional dan perawatan jangka panjang juga harus diperhitungkan.
6. Biaya Administratif dan Cadangan (Contingency)  
Meliputi dokumentasi proyek, pelaporan, dan koordinasi antar pihak. Biasanya ditambah dana cadangan sebesar 10–15% dari total biaya untuk mengantisipasi perubahan desain atau kondisi lapangan.

Biro Klasifikasi Indonesia (2024) mengatur bahwa seluruh biaya modifikasi harus dituangkan dalam dokumen *Rencana Estimasi Biaya* yang mencakup *engineering cost*, *construction cost*, dan *supervision cost*.

Dengan identifikasi biaya yang tepat, dapat dihitung total investasi (I) yang menjadi dasar dalam analisis Payback Period (PP), Net Present Value (NPV), dan parameter kelayakan lainnya.

#### 1.4.7 Jasa konsultan Desain

Dalam daftar persyaratan gambar/ dokumen penerimaan klas dan modifikasi kapal edisi-05, juni 2024 Biro Klasifikasi Indonesia terdapat daftar gambar yang bisa menjadi acuan untuk estimasi jasa konsultan redesain tata letak ruang ABK KMP Labuhan Haji dan berikut adalah tabel persyaratan gambar tersebut

Tabel 1. Daftar Persyaratan Dokumen/ Gambar Kapal (Ship In Service)

Drawing/Document	Keterangan
General Arrangement	M
Profile Construction	M
Midship Section	M
Shell Expansion	M
Bulkhead Construction	M
Deck and Bottom Plan Construction	M
Engine Foundation	M
After and Fore Peak Construction	M
Rudder and Rudder Stock Construction	M
Longitudinal Strength Construction	M1
Superstructure and Deckhouse Construction	M
Lashing and Stowage Devices	M
Shaft Bracket/skeg	M2
Propeller Nozzle	M2
Ramp Door, Inner Door Construction & Bow Visor	M
Thruster Tunnel Construction	M2
Structural Fire Protection	M5
Cathodic Protection	M3
Capacity Plan	M
Lines Plan	M

Intact Stability Booklet	M
Damage Stability	M2
Main Switch Board (MSB)	M
Wiring Diagram	M
Emergency Switchboard (ESB)	M3
Power Balance Calculation	M
Short-Circuit Calculation	M2
Engine Room Layout	M
Generator Room Arrangement	O
Emergency Source Room Arrangement	O
Boiler Room Arrangement	O
Shafting Arrangement and Detail	M
Torsional Vibration Analysis for For vessels less Propeller	O10 M
Sounding, Filling & Air Pipe	M
Fuel Oil Transfer/Supply System	M
Cooling System	M
Bilge, Ballast & GS System	M
Fixed Fire Main System	M
Sewage System	O3
Oily Water Bilge Separator Syst.	O4
CO2 System	O5
Sprinkler System	O6
Steering Gear System	M
Damage Control Plan And Booklets	O
Fire Control Plan	O
Sewage Pollution Prevention Arrangement ( >400 GT , > 15 Person)	O
Ballast Water Management Plan	O
De-Watering System	O
Grey Water System	O

**Mark Hull:**

M = MANDATORY

M 1 = MDY JIKA  $L \geq 65$  M (Ship),  $L \geq 90$  M (Pontoon),  $L \geq 24$  M (HSC, Yacht) M 2 = MDY JIKA TERPASANG DI KAPAL

M 3 = MDY JIKA KAPAL DENGAN PERMOHONAN NOTASI TAMBAHAN "IW" M 4 = MDY JIKA  $L \geq 120$  M

M 5 = MDY JIKA BKI MENDAPAT OTORISASI DARI FLAG STATE UNTUK MENERBITKAN SAFETY CONSTRUCTION CERTIFICATE

M 6 = MDY JIKA KAPAL/TONGKANG DENGAN NOTASI CRANE ATAU NOTASI SPESIFIK LAINNYA - = N/A

**Mark Loadline & Stability :**

M = MANDATORY

M 1 = MANDATORY jika dokumen Intact Stability dan/atau Damage Stability kapal ToC bukan dokumen original dan tidak terdapat stamp klas sebelumnya (Re-drawing)

M 2 = MDY JIKA : > Subdivisi dan Stabilitas Bocor mengacu pada BAB 5.B.4 (Lihat sheet "Note LL&S") - Pontoon: Damage Stability wajib untuk Pontoon naik sarat sesuai dengan Perdirjen Hubla No. HK. No. 103/2/16/DJPL-17

**Mark Electrical :**

M = MANDATORY

O = MDY IF NECESSARY - = N/A

**Mark Machinery:**

M = MANDATORY (MDY)

O = MDY IF ANY (OPT) FOR NEW BUILDING & SHIP IN SERVICE, ONLY FOR TOC IF DRAWING AVAILABLE - = N/A

O 1 = MDY IF  $FP < 600$  C O 2 =

MDY IF MANNED

O 3 = MDY IF PERSON  $> 15$  & GT  $> 400$  O 4 =

MDY IF GT  $> 400$

O 5 = MDY JIKA KAPAL PENUMPANG DI ATAS 500 GT, U/ KAMAR MESIN DENGAN TOTAL POWER ENGINE 750 kW

O 6 = MDY IF PASSENGER SHIP  $> 150$  GT (sesuai PERDITJEN HUBDAT No.KP.988/AP.402/DRJD/2021)

O 7 = MDY IF DWT  $> 20.000$

O 8 = MDY IF DWT  $> 8.000$  & CARGO FP  $< 600$  C (FOR INERT CLASS NOTATION) Footnote : Untuk dokumen/ gambar lain sesuai definisi dalam Guidance for Class Notations (Pt.0, Vol.B) yang tidak diinformasikan pada list drawing

O 9 = MDY FOR SHIP THAT DELEGATE BY FLAG ADMINISTRATION, FOR CARGO SHIP (SPRINKLER ONLY FOR STRUCTURAL FIRE PROTECTION METHOD IIC)

O 10 = Mandatory jika Kapal Barang & Kapal Penumpang  $L \geq 24$  m dengan usia pembangunan (terhitung tanggal keel laying) kurang dari 2 tahun dan memenuhi kriteria sesuai Rules for Inland-waterway Vessel Machinery Installations (Pt.2, Vol.III).

#### 1.4.8 Umur Ekonomis Kapal dan Evaluasi Finansial

Setiap kapal memiliki umur tertentu yang menentukan seberapa lama aset tersebut dapat memberikan keuntungan ekonomi bagi pemiliknya. Umur ini dikenal sebagai umur ekonomis kapal, yaitu periode di mana kapal masih layak dioperasikan secara finansial sebelum biaya operasional dan pemeliharannya melebihi pendapatan yang dihasilkan. Menurut Paixão dan Marlow (2002), umur ekonomis kapal feri penyeberangan umumnya berkisar antara 20 hingga 25 tahun, tergantung pada pola penggunaan, kondisi perawatan, serta perkembangan teknologi di bidang maritim.

Umur ekonomis berbeda dengan umur teknis, karena umur teknis berkaitan dengan daya tahan fisik struktur dan sistem kapal, sedangkan umur ekonomis menitikberatkan pada aspek kelayakan finansial dan efisiensi investasi. Dalam konteks proyek rekayasa ulang kapal seperti KMP Labuhan Haji, umur ekonomis berfungsi sebagai acuan untuk menilai apakah biaya modifikasi masih dapat memberikan manfaat ekonomi yang sepadan sebelum kapal mencapai masa akhir operasionalnya. Jika biaya investasi dapat kembali sebelum umur ekonomis kapal berakhir, maka proyek tersebut dinilai layak dan efisien secara finansial.

Analisis kelayakan proyek rekayasa ulang pada dasarnya bertujuan untuk menilai seberapa cepat investasi dapat kembali melalui peningkatan pendapatan. Salah satu metode sederhana dan umum digunakan dalam menilai hal tersebut adalah metode Payback Period (PP). Menurut Giatman (2006), Payback Period merupakan ukuran waktu yang menunjukkan seberapa lama dana yang ditanamkan dalam suatu proyek dapat kembali melalui aliran kas bersih tahunan. Metode ini dipilih karena mudah diaplikasikan dan memberikan gambaran awal mengenai tingkat risiko investasi.

Menurut kriteria umum yang dikemukakan oleh Lefley (1996), Boardman et al. (2004), dan Cheremushkin (2016), suatu investasi dapat dinilai layak jika periode pengembalian modal tidak melebihi 40% dari total umur ekonomis aset. Dengan demikian, untuk kapal dengan umur ekonomis 20 tahun, investasi idealnya harus kembali dalam waktu maksimal 8 tahun. Jika pengembalian modal terjadi dalam 4–6 tahun pertama, maka proyek dikategorikan sangat layak. Sebaliknya, jika periode pengembalian melebihi 10 tahun, proyek dianggap tidak ekonomis, karena sisa umur kapal tidak cukup untuk menghasilkan keuntungan bersih yang memadai. Pandangan ini sejalan dengan pendapat Stopford (2009) yang menegaskan bahwa investasi pada sektor pelayaran dikatakan efisien apabila payback period tercapai sebelum 70% dari umur ekonomis kapal. Prinsip ini dikenal dengan istilah asset renewal principle, yaitu pengembalian modal harus selesai sebelum aset memasuki usia tua agar dana dapat dialokasikan kembali untuk modernisasi atau pembangunan kapal baru.

Lebih jauh, Gray dan Larson (2017) menjelaskan bahwa Payback Period juga menggambarkan tingkat risiko proyek. Semakin cepat pengembalian modal, semakin kecil risiko finansial yang ditanggung oleh pemilik proyek. Namun, karena metode PP tidak mempertimbangkan nilai waktu uang (time value of money), maka analisis ini sebaiknya dilengkapi dengan metode lain seperti Discounted Payback Period (DPP), Net Present Value (NPV), atau Internal Rate of Return (IRR) untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.

Dalam penelitian ini, perhitungan kelayakan dilakukan untuk mengetahui apakah biaya yang dikeluarkan untuk rekayasa ulang tata letak ruang ABK pada KMP Labuhan Haji dapat tertutupi oleh peningkatan pendapatan akibat bertambahnya kapasitas muatan. Berdasarkan studi oleh Supriadi et al. (2022), setiap peningkatan efisiensi ruang muat sebesar 10% dapat meningkatkan pendapatan tahunan kapal antara 12–15%. Dengan asumsi peningkatan kapasitas tersebut, maka periode pengembalian investasi diperkirakan dapat tercapai dalam lima tahun pertama, jauh lebih cepat dibandingkan sisa umur operasional kapal yang masih sekitar 15 tahun.

Oleh karena itu, proyek modifikasi KMP Labuhan Haji dapat dikategorikan sangat layak secara finansial, karena memenuhi dua kriteria utama, yaitu: (1) *Payback Period* lebih pendek dari sisa umur ekonomis kapal, dan (2) peningkatan kapasitas muatan memberikan dampak langsung terhadap efisiensi pendapatan operasional. Selain memberikan keuntungan ekonomi, proyek ini juga meningkatkan keselamatan, efisiensi ruang, serta nilai ekonomi kapal dalam jangka menengah.

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa umur ekonomis kapal dan metode Payback Period memiliki keterkaitan erat dalam menentukan kelayakan investasi modifikasi. Kapal yang masih memiliki sisa umur operasional cukup panjang akan lebih mudah mencapai pengembalian modal dalam waktu yang relatif singkat. Dengan penerapan prinsip ekonomi teknik yang tepat, proyek rekayasa ulang seperti pada KMP Labuhan Haji tidak hanya layak secara teknis dan regulatif, tetapi juga memberikan keuntungan finansial yang signifikan bagi operator kapal.

#### **1.4.9 Gambaran Umum dan Kondisi Kapasitas Muatan pada KMP Labuhan Haji**

Kapal Motor Penyeberangan (KMP) Labuhan Haji merupakan kapal jenis *ro-ro ferry* yang beroperasi untuk mengangkut kendaraan dan penumpang antar pelabuhan. Sebagaimana kapal jenis penyeberangan pada umumnya, KMP Labuhan Haji memiliki car deck sebagai area utama untuk memuat kendaraan, serta akomodasi awak kapal (ruang ABK) yang berfungsi sebagai tempat tinggal, istirahat, dan area kerja bagi awak kapal selama pelayaran.

Namun, berdasarkan kondisi eksisting, ruang ABK pada KMP Labuhan Haji terletak di bawah garis air (*below waterline*), yaitu di area void tank atau dekat dengan *double bottom tank*. Penempatan ruang awak di bawah garis air ini tidak sesuai dengan ketentuan keselamatan internasional, karena menimbulkan risiko keselamatan yang tinggi dalam kondisi darurat seperti kebocoran lambung atau kebakaran.

Menurut regulasi SOLAS Chapter II-1 Regulation 13 serta pedoman Maritime Labour Convention (MLC 2006), ruang akomodasi awak kapal tidak boleh berada di bawah garis air, kecuali untuk ruang teknis tertentu yang dilengkapi perlindungan khusus. Selain berpotensi melanggar standar keselamatan, posisruang ABK di bawah garis air juga berdampak langsung terhadap penurunan kapasitas muatan pada car deck.

#### a. Dampak Teknis terhadap Kapasitas Muatan

Ruang ABK yang terletak di bawah garis air memerlukan akses tangga dan koridor vertikal dari dek utama menuju ruang tersebut. Keberadaan akses vertikal ini menyebabkan hilangnya sebagian luas area efektif car deck yang seharusnya dapat digunakan untuk menempatkan kendaraan atau barang.

Selain itu, bagian struktur penutup (hatch cover atau akses pintu vertikal) juga mengurangi area bebas hambatan (*clear width*) dan mempersempit jalur kendaraan di car deck. Akibatnya, kapasitas muatan aktual menjadi lebih rendah dibandingkan potensi maksimum yang dapat dicapai jika area tersebut dioptimalkan.

Menurut Schneekluth & Bertram (2019), efisiensi ruang car deck dapat dihitung berdasarkan rasio:

$$\eta_{CD} = \frac{A_{efektif}}{A_{total}} \times 100\%$$

di mana:

- $A_{efektif}$  = luas area car deck yang dapat digunakan untuk muatan kendaraan,
- $A_{total}$  = total luas geometris car deck.

Kehilangan ruang akibat akses menuju ruang bawah air dapat menurunkan nilai efisiensi hingga 5–15%, tergantung tata letak dan dimensi kapal. Dalam kasus KMP Labuhan Haji, ruang ABK di bawah car deck menyebabkan penurunan kapasitas muatan sekitar beberapa kendaraan roda empat setiap perjalanan, yang secara akumulatif berdampak pada penurunan pendapatan tahunan kapal.

#### b. Aspek Keselamatan dan Regulasi

Selain menurunkan efisiensi ruang, penempatan ruang awak di bawah garis air tidak memenuhi standar keselamatan yang ditetapkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dalam dokumen *Rules for the Classification and Construction of Sea-Going Ships* (BKI, 2024).

Aturan tersebut menegaskan bahwa ruang akomodasi awak harus:

1. Terletak di atas garis air saat kapal dalam kondisi muat penuh,
2. Memiliki ventilasi alami yang memadai,
3. Memiliki akses langsung menuju dek terbuka untuk evakuasi darurat, dan
4. Tidak berbatasan langsung dengan tangki bahan bakar, void tank, atau ruang mesin utama.

Kondisi ruang ABK KMP Labuhan Haji yang berada di bawah garis air dengan akses terbatas jelas bertentangan dengan ketentuan tersebut. Dalam keadaan darurat, awak kapal yang berada di ruang tersebut akan sulit melakukan evakuasi, dan kemungkinan besar terjebak jika terjadi kebocoran atau kebakaran. Oleh karena itu, selain pertimbangan teknis dan ekonomi, aspek keselamatan pelayaran menjadi dasar kuat perlunya rekayasa ulang desain tata letak ruang ABK.

#### c. Dampak Ekonomi terhadap Pendapatan dan Payback Period

Dari sisi ekonomi, keberadaan ruang ABK di bawah car deck menyebabkan penurunan kapasitas muatan kendaraan yang secara langsung mengurangi pendapatan operasional tahunan kapal. Dengan mengasumsikan tarif muatan

kendaraan konstan, maka penurunan kapasitas  $\Delta C$  akan berbanding lurus dengan penurunan pendapatan  $\Delta R$ , sebagaimana dijelaskan oleh Stopford (2009) dalam rumus:

$$R = P \times C \times N$$

di mana  $R$  = pendapatan tahunan,  $P$  = tarif muatan per unit,  $C$  = kapasitas muatan, dan  $N$  = jumlah perjalanan per tahun.

Dalam kondisi KMP Labuhan Haji, hilangnya area efektif akibat desain ruang ABK menyebabkan pengurangan pendapatan tahunan yang signifikan. Hal ini menjadi dasar utama dilakukannya analisis Payback Period (PP), yaitu menghitung seberapa cepat investasi desain ulang dapat dikembalikan melalui peningkatan pendapatan hasil penambahan kapasitas muatan. Jika hasil modifikasi mampu meningkatkan kapasitas muatan hingga 10–15% dan menambah rata-rata 2–3 kendaraan per trip, maka pendapatan tahunan akan naik secara proporsional. Berdasarkan teori Boardman et al. (2004) dan Cheremushkin (2016), proyek dapat dikategorikan layak jika waktu pengembalian modal (PP) lebih kecil dari sisa umur ekonomis kapal.

Dengan demikian, redesign ruang ABK KMP Labuhan Haji tidak hanya meningkatkan keselamatan pelayaran, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi yang nyata, baik dalam bentuk peningkatan kapasitas muatan, efisiensi operasional, maupun percepatan pengembalian modal investasi.

#### d. Urgensi Rekayasa Ulang dan Relevansi Teoretis

Berdasarkan analisis teknis, keselamatan, dan ekonomi di atas, dapat disimpulkan bahwa kondisi eksisting KMP Labuhan Haji belum memenuhi prinsip dasar efisiensi tata letak ruang dan keselamatan pelayaran. Oleh karena itu, rekayasa ulang (redesign) tata letak ruang ABK menjadi langkah strategis yang sangat diperlukan.

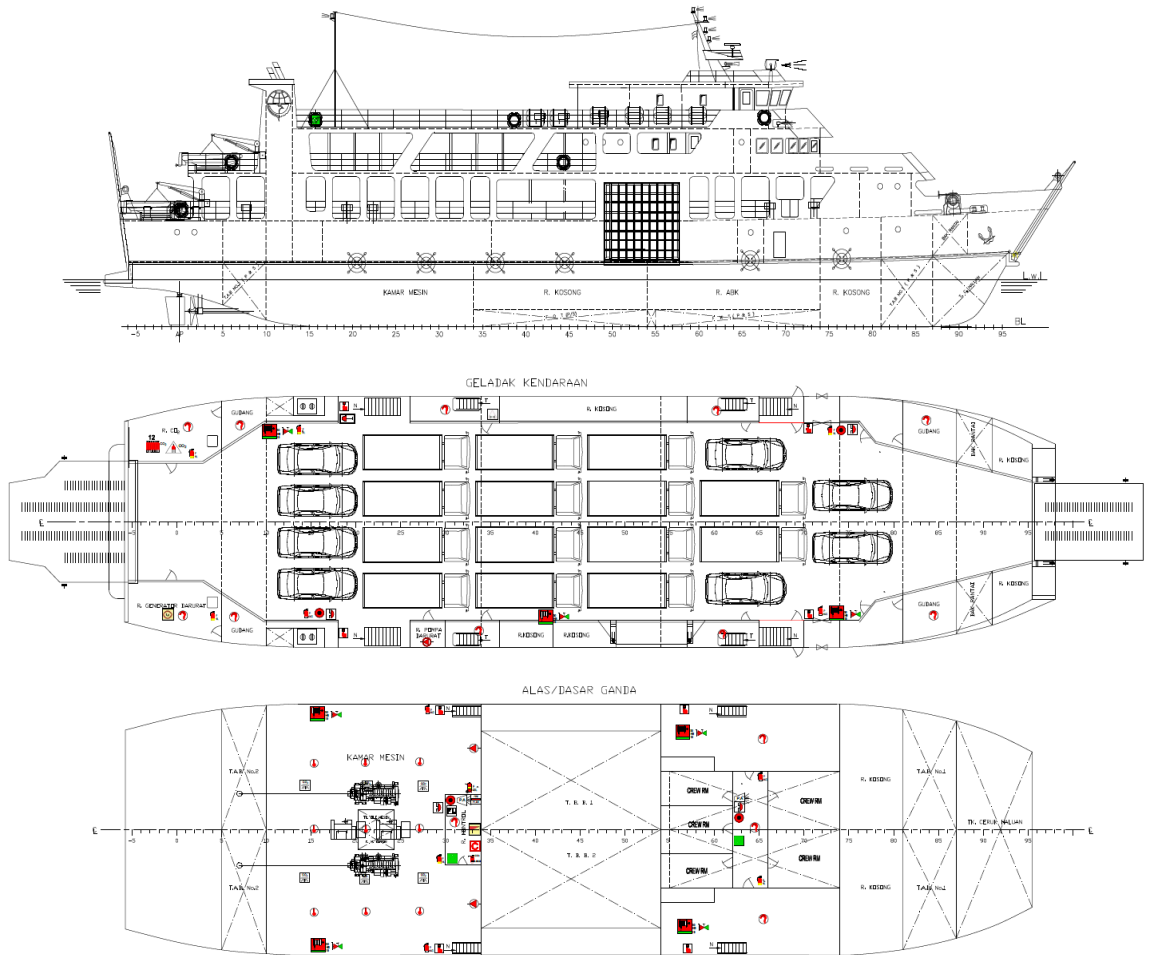
Rekayasa ulang ini sejalan dengan prinsip-prinsip yang dijelaskan oleh Rawson & Tupper (2001) tentang optimasi ruang kapal dan keseimbangan fungsi struktural. Dalam teori desain kapal modern, perubahan konfigurasi ruang internal harus mempertahankan integritas struktur lambung, kestabilan, dan kemampuan kapal beroperasi dalam kondisi muat penuh tanpa menurunkan faktor keamanan.

Selain itu, proses redesign juga memperkuat penerapan teori investasi teknik yang dijelaskan oleh Giatman (2006), di mana setiap kegiatan modifikasi harus dievaluasi berdasarkan kelayakan ekonomi (*engineering economy analysis*), yang mencakup perhitungan biaya, manfaat, risiko, dan periode pengembalian modal (Payback Period).

Dengan melakukan perbaikan tata letak ruang ABK yang sesuai regulasi dan efisien terhadap penggunaan ruang, KMP Labuhan Haji dapat mencapai dua tujuan utama penelitian ini, yaitu:

1. Peningkatan kapasitas muatan (technical improvement), dan
2. Percepatan pengembalian modal (economic feasibility).

Kedua aspek ini menjadi dasar teoretis dan praktis dalam analisis rekayasa ulang kapal sebagai salah satu strategi peningkatan kinerja armada penyeberangan nasional. Kondisi tersebut dapat dilihat dari gambar general arrangement berikut



Gambar 1. General Arrangement KMP Labuhan Haji

## **BAB II METODE PENELITIAN**

### **2.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Pelaksanaan Penelitian ini dilakukan di PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) Cabang Bitung. Pelaksanaan pengambilan data penelitian ini dilakukan selama dua bulan yakni dari bulan Juli 2025 – November 2025

### **2.2 Prosedur Penelitian**

Dalam mengerjakan penelitian ini agar sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai maka dilakukan tahapan penelitian sebagai berikut:

#### **A. Studi Literatur**

Mengumpulkan referensi dari buku, jurnal, regulasi maritim, dan dokumen terkait mengenai desain kapal Ro-Ro, analisis kapasitas muatan, dan perhitungan Payback Period

#### **B. Pengumpulan Data dan Wawancara Data yang dikumpulkan meliputi:**

1. Spesifikasi teknis kapal (dimensi, kapasitas muatan, tata letak ruang, dll.).
2. Regulasi terkait (persyaratan klasifikasi kapal dan aturan keselamatan).
3. Biaya investasi redesign, termasuk jasa desain, material, tenaga kerja, dan pengujian.
4. Pendapatan kapal sebelum dan sesudah redesign untuk analisis Payback Period..

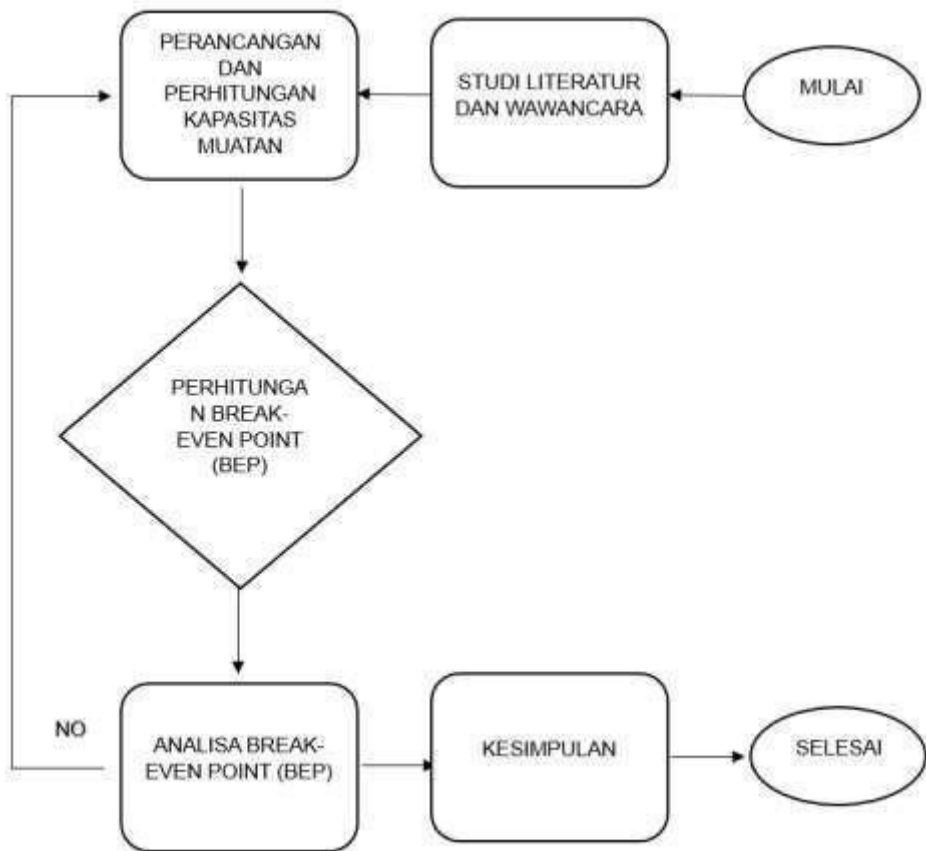
#### **C. Perancangan Ulang Tata Letak Ruang ABK dan Perhitungan Kapasitas Muatan Baru** Melakukan simulasi dan analisis desain ulang menggunakan perangkat lunak desain kapal untuk menyesuaikan tata letak ruang ABK guna meningkatkan kapasitas muatan di car deck dan Menghitung perubahan kapasitas muatan setelah redesign berdasarkan luas car deck yang tersedia dan konfigurasi penempatan kendaraan.

#### **D. Analisis Payback Period**

Menghitung seluruh biaya yang diperlukan dalam proses redesign, termasuk biaya tetap dan biaya variabel yang mempengaruhi hasil perhitungan Period dan menghitung estimasi pendapatan setelah dilakuan proses redesign

### 2.3 Diagram Penelitian

Analisis payback period pada penelitian ini diperlukan untuk dapat memberikan gambaran dalam menentukan jangka waktu yang dibutuhkan agar investasi yang dikeluarkan dapat tertutupi melalui peningkatan pendapatan akibat bertambahnya kapasitas muatan. Oleh karena itu diperlukan analisis secara sistematis yang diperlihatkan pada diagram alir (flow chart) sebagaimana pada Gambar berikut ini:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian