



Rancangan Kapal Penyeberangan Optimal pada Lintasan Kasipute - Pising

Andi Dirga Noegraha¹, Agriani Pongkessu²

¹ Teknik Perkapalan, AMI AIPI Makassar

Email: andirgan@gmail.com

² Fisika, AMI AIPI Makassar

Artikel info

Artikel history:

Received; Maret-2019

Revised;Maret-2019

Accepted; April-2019

Abstract.

The aim of this research is to obtain the optimal dimension of ferry vessels on the Kasipute-Pising crossing. This research is quantitative using a research design based on work procedures from quantification to measure research variables through the selection and design of data structures. By identifying problems and mismatches of ships operating with the main purpose of crossing transportation, and determining objective functions of optimization. Then determine the aspects of ship design that are adjusted to the characteristics of crossing vessels based on the conditions of request, oceanography and infrastructure. The optimal dimension of the crossing vessel for the Kasipute - Tanjung Pising crossing path has been obtained with dimensions of Length Overall 45.11 m, Breadth 11.9 m, Height of ship 2.7 m, Draft 1.78 m, speed 13 knots, tonnage 451 GT, passenger 450 people, 15 units of R-4 vehicles. The direction of optimization of the ship's design is more emphasized on increasing the speed and effectiveness of the passenger load capacity and mare space of R-4.

Abstrak.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu mendapatkan ukuran optimal kapal penyeberangan pada lintasan penyeberangan Kasipute – Pising. Penelitian ini bersifat kuantitatif menggunakan rancangan penelitian berdasarkan prosedur kerja dari kuantifikasi untuk mengukur variabel penelitian melalui seleksi dan desain struktur data. Dengan mengidentifikasi masalah dan ketidaksesuaian kapal yang beroperasi dengan tujuan pokok angkutan penyeberangan, dan menentukan fungsi objektif optimalisasi. Selanjutnya menentukan aspek-aspek perancangan kapal yang disesuaikan terhadap karakteristik kapal penyeberangan berdasarkan kondisi permintaan, oseanografi dan infrasrtuktur. Telah diperoleh ukuran optimal kapal untuk lintasan penyeberangan Kasipute – Tanjung Pising dengan dimensi yaitu panjang keseluruhan 45,11 m, Lebar

11,9 m, Tinggi kapal 2,7 m, Sarat 1,78 m, Kecepatan 13 Knot, Tonase 451 GT, Penumpang 450 orang, kendaraan R-4 15 unit. Arah optimalisasi rancangan kapal lebih ditekankan terhadap peningkatan kecepatan dan efektifitas kapasitas muat penumpang dan R-4 yang lebih besar.

Keywords:

Kapal Optimal;
Penyeberangan
Kasipute - Pising;
(5).

Coresponden author:

Email: andirgan@gmail.com



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

PENDAHULUAN

Sulawesi Tenggara terdiri dari gugus kepulauan, hubungan antara satu pulau dengan pulau yang lain perlu menjadi perhatian agar pemerataan pembangunan dapat terlaksana. Kabupaten Bombana adalah salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Tenggara yang terletak di kepulauan Jazirah Tenggara pulau Sulawesi. Wilayah Kabupaten Bombana secara geografi memiliki kondisi kepulauan dengan jarak antaranya relatif dekat yang kepadatan dan kerapatan penduduk tergolong rendah. Penduduk yang menghuni antar pulau terdekat memiliki keterbatasan pada sarana transportasi, yang mana hal ini merupakan salah satu penunjang tingkat pertumbuhan ekonomi. Dengan adanya sarana transportasi akan mampu meningkatkan daya saing produk masyarakat dan memudahkan akses layanan pemerintah antar kecamatan di Kabupaten Bombana.



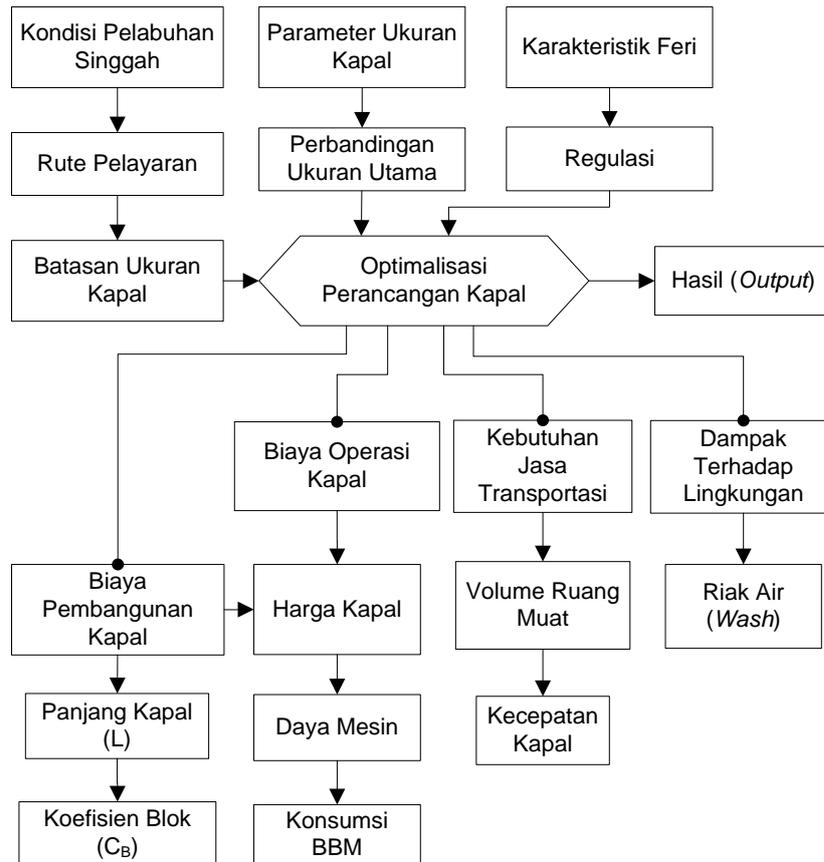
Gambar 1. Sarana alternatif pada pelayaran Kasipute ke wilayah kepulauan Kabaena (www.google.com/maps/, 2017)

Pada gambar 1 terlihat kapal tradisional yang membawa angkutan mobil R4 dari pelabuhan Kasipute ke Kepulauan Kabaena, dimana dari segi teknis kapal tradisional tersebut tidak memenuhi syarat untuk mengangkut muatan R4 serta membahayakan penumpang dan kapal. Sehingga dalam hal ini perlu kapal feri yang dapat memenuhi kondisi permintaan daerah tersebut. Dari total kapal tipe feri sebanyak 255 kapal yang berasal dari Jepang menempati jumlah terbanyak

yaitu 92 kapal atau 42% dari total kapal feri (Zaky, 2012). Sebagian kapal tersebut adalah kapal bekas dan berumur diatas 25 tahun digunakan melayani lintasan penyeberangan di Kawasan Timur Indonesia. Kesesuaian dimensi kapal dan karakteristik lintasan kapal yang dioperasikan perlu ditinjau mengingat kondisi oseanografi Jepang berbeda dengan Sulawesi Tenggara, sehingga diperlukan rancangan kapal khas yang sesuai kondisi oseanografi Kabupaten Bombana. Perencanaan kapal perlu memperhatikan banyak faktor, mulai dari rute dan jarak operasional, jumlah dan kapasitas muat, kondisi oseanografi wilayah operasional kapal, infrastruktur pelabuhan dan dermaga, sampai dengan konsep kenyamanan penumpang dan keselamatan kapal. Kesemuanya itu melalui satu alur proses iterasi yang panjang, dengan mempertimbangkan banyak hal lain seperti konsep bentuk lambung, permesinan, stabilitas dan kemampuan olah gerak kapal. Melihat banyak aspek yang perlu ditinjau maka perancangan kapal harus dilakukan secara optimal agar mampu memenuhi segala aspek perancangan. Pertimbangan desain kapal semestinya dialamatkan pada keseluruhan siklus penggunaan kapal, hal tersebut dipisahkan dalam berbagai tingkatan yang merupakan perancangan konsep desain, sesuai detail desain, proses konstruksi/fabrikasi, umur operasi kapal dan daur ulangnya yang mana ke semua itu adalah hasil dari *holistic* optimalisasi desain kapal keseluruhan (Papanikolaou, 2011) (Iskandar and Rizal 2017).

Pada bulan Februari 2018 telah diresmikan dermaga kapal penyeberangan baru yang dilengkapi dengan Movable Bridge (MB) pada Pelabuhan Kasipute di Kecamatan Rumbia dan pada Pelabuhan Pising di Kecamatan Kabaena Utara (www.lenterasultra.com, 2018). Dermaga tersebut melayani trayek pelayaran Kasipute (Rumbia) – Tanjung Pising (Kepulauan Kabaena). Sarana transportasi angkutan penyeberangan adalah kapal penyeberangan atau kapal feri. Kapal-kapal tradisional yang sementara beroperasi akan bersaing dengan kapal feri, namun masih dipertanyakan apakah kapal feri yang akan beroperasi pada trayek Kasipute – Pising dapat beroperasi optimal sesuai dengan kondisi permintaan, infrastruktur dan oseanografi wilayah tersebut (Assrani et al. 2018) (Iskandar 2017). Maka perlu dilakukan penelitian rancangan kapal penyeberangan optimal pada lintasan Kasipute – Pising.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu mendapatkan ukuran optimal kapal penyeberangan pada lintasan penyeberangan Kasipute – Pising. Hasil dan target luaran yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu ditemukannya ukuran optimal kapal penyeberangan pada lintasan Kasipute – Pising yang sesuai dengan kondisi permintaan, oseanografi dan infrastruktur. Kerangka konseptual menggambarkan hubungan beberapa konsep yang akan diteliti. Kerangka ini memberikan hubungan beberapa konsep dengan arah untuk menjawab rumusan masalah. Kerangka konseptual dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka konseptual penelitian

Dalam penelitian ini disertakan tiga penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan konsep perancangan kapal penyeberangan, antara lain:

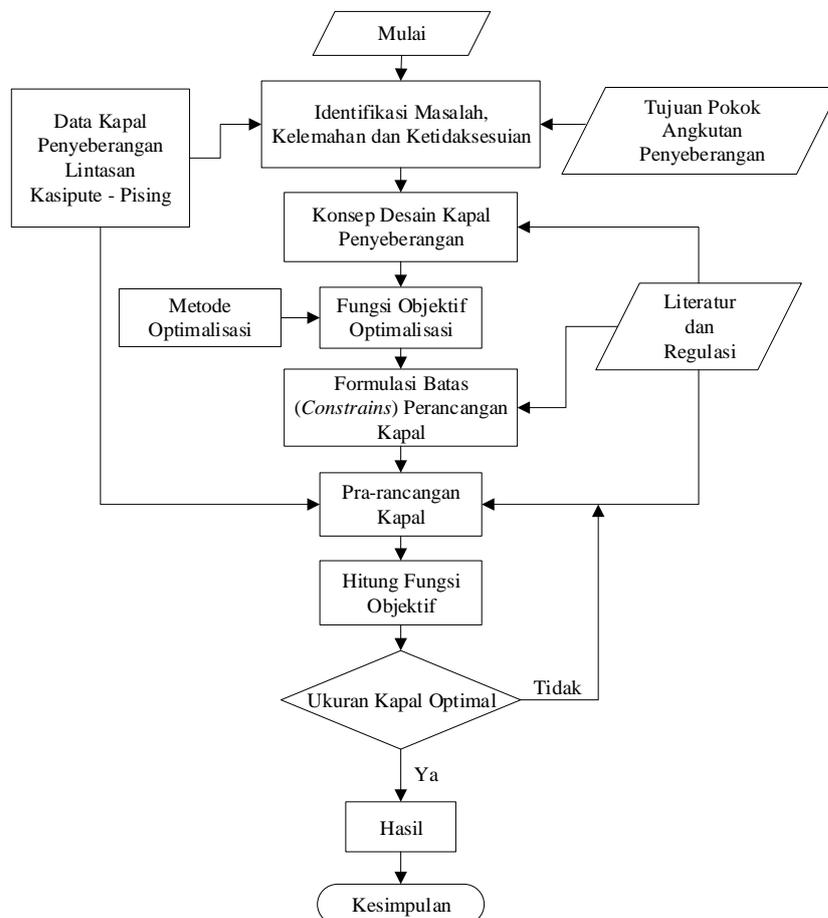
1. Penelitian yang berjudul Formulasi Tarif Angkutan Penyeberangan Perintis diambil dari Prosiding Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan (SENTA), diteliti oleh Muslihati pada tahun 2011. Penelitian ini membahas tarif angkutan kapal penyeberangan yang beroperasi di wilayah Kawasan Indonesia Timur. Hasil kesimpulannya berupa rumus formula tarif angkutan kapal penyeberangan Kawasan Indonesia Timur.
2. Penelitian yang berjudul Formulasi Perancangan Kapal Penyeberangan Optimal di Kawasan Timur Indonesia diambil dari Celebes Ocean Science and Engineering Seminar 2012, diteliti oleh A. Dirga Noegraha pada tahun 2012. Penelitian ini membahas gambaran kondisi sarana transportasi penyeberangan antar pulau di KTI. Optimalisasi kapal penyeberangan perlu dilakukan untuk memenuhi kondisi pertumbuhan permintaan jasa transportasi laut yang terus meningkat. Hasil penelitian ini berupa fungsi objektif optimalisasi yaitu meminimalkan biaya operasional kapal dengan mempertimbangkan batasan dan kriteria optimalisasi.
3. Penelitian yang berjudul Optimalisasi Perancangan Kapal Penyeberangan di Kawasan Timur Indonesia diambil dari Prosiding Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan (SENTA), diteliti oleh A. Dirga Noegraha pada tahun 2013. Penelitian ini membahas metode dan model bagan alir optimalisasi perancangan kapal penyeberangan berdasarkan pengaruh kondisi permintaan, infrastruktur dan oseanografi. Penelitian ini bersifat kuantitatif menggunakan teknik optimalisasi melalui metode pemrograman linear. Hasil penelitian ini berupa bagan alir (*flowchart*) optimalisasi perancangan kapal penyeberangan di KTI berdasarkan batasan (*constrain*) dan kriteria optimalisasi. Ketiga perbandingan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Perbandingan Penelitian Sebelumnya (*State of the Art*)

| Judul Penelitian Sebelumnya | Peneliti dan Tahun | Metode Penelitian | Perbandingan yang dijadikan alasan tinjauan penelitian |
|--|---------------------------|-------------------|---|
| Formulasi Tarif Angkutan Penyeberangan Perintis | Muslihati, 2011 | Kuantatif | Hasil penelitian ini sebagai rumusan formula tarif angkutan penyeberangan |
| Formulasi Perancangan Kapal Penyeberangan Optimal di KTI | Andi Dirga Noegraha, 2012 | Kuantatif | Hasil penelitian ini digunakan sebagai acuan menentukan fungsi objektif atau tujuan optimalisasi kapal pada pelayaran Kasipute - Pising |
| Optimalisasi Perancangan Kapal Penyeberangan di KTI | Andi Dirga Noegraha, 2013 | Kuantatif | Hasil penelitian ini digunakan sebagai acuan bagan alir iterasi optimalisasi kapal pada penyeberangan Kasipute - Pising |

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif menggunakan rancangan penelitian berdasarkan prosedur kerja dari kuantifikasi untuk mengukur variabel penelitian melalui seleksi dan desain struktur data. Untuk memudahkan dan mengarahkan proses serta langkah-langkah penyelesaian penelitian ini, dibuat suatu tahapan penelitian berupa kerangka analisis yang menggambarkan urutan pengerjaan dalam penyelesaian laporan penelitian seperti terlihat pada Gambar 3.

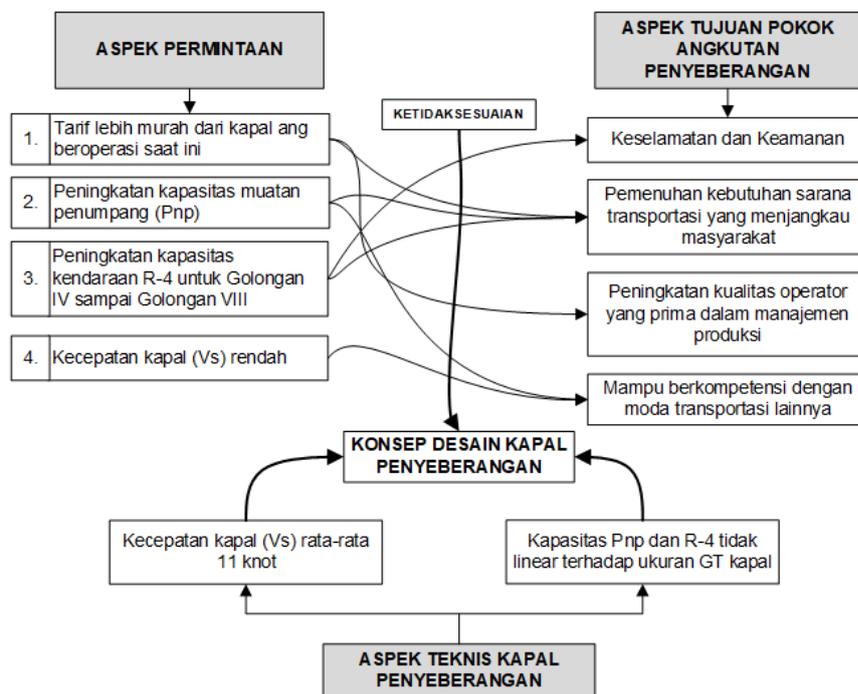


Gambar 3. Kerangka Pikir Penelitian

Berdasarkan data yang diperoleh kemudian dilakukan analisa perhitungan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Survei dan analisis wilayah lintasan penyeberangan Kasipute – Tanjung Pissing berdasarkan aspek geografis, demografi dan sektor perekonomian;
2. Mengidentifikasi masalah dan ketidaksesuaian kapal yang beroperasi dengan tujuan pokok angkutan penyeberangan;
3. Menentukan aspek-aspek perancangan kapal yang disesuaikan terhadap karakteristik kapal penyeberangan serta kondisi permintaan, oseanografi dan infrastruktur lintasan penyeberangan Kasipute – Tanjung Pissing;
4. Menentukan metode optimalisasi yang akan digunakan;
5. Menentukan fungsi objektif optimalisasi perancangan kapal lintasan penyeberangan Kasipute – Tanjung Pissing;
6. Memformulasikan batasan (constraints) perancangan kapal;
7. Membuat bagan alir (flowchart) optimalisasi pra-rancangan kapal;
8. Menginput data sesuai kondisi permintaan, oseanografi dan infrastruktur lintasan penyeberangan Kasipute – Tanjung Pissing;
9. Memperoleh ukuran kapal optimal;
10. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian.

Terlihat pada Gambar 4. menggambarkan proses ketidaksesuaian antara aspek permintaan berdasarkan penelitian sebelumnya dengan aspek tujuan pokok angkutan penyeberangan, serta aspek teknis kapal terhadap kondisi permintaan. Sehingga ketiga hal tersebut diukur dalam konsep perancangan kapal penyeberangan pada lintasan Kasipute - Pising.



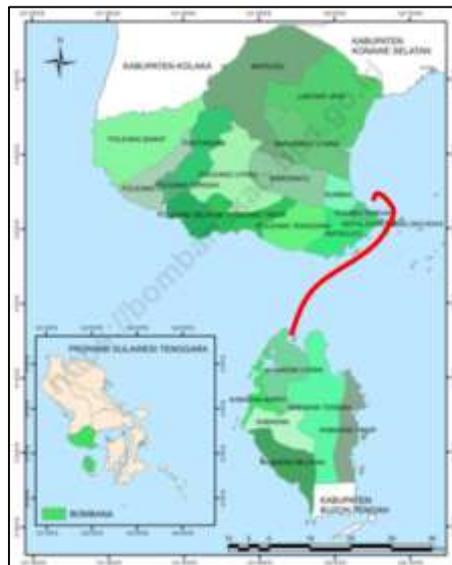
Gambar 4. Identifikasi Masalah Pada Wilayah Lintasan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berfokus pada wilayah Kabupaten Bombana dengan lintasan penyeberangan Kasipute dan Tanjung Pising. Pelabuhan Kasipute berada pada Kecamatan Rumbia pada pulau Sulawesi dan Pelabuhan Ferry Tanjung Pising berada pada Kecamatan Kabaena Utara di Kepulauan Kabaena. Seperti terlihat pada Gambar 5, merupakan peta Provinsi Sulawesi Tenggara dimana

terlihat panjang garis lintasan yang dilalui digambarkan dengan garis berwarna merah, lintasan ini memiliki panjang 28 mil dengan melewati beberapa pulau di Kepulauan Masaloka Raya dan langsung menuju ke Pelabuhan Feri di Kabaena Utara.

Sampai saat ini pelabuhan yang digunakan masyarakat dari Kasipute ke Kabaena adalah Pelabuhan rakyat Kasipute dan Pelabuhan Sikeli dengan jarak lintasan sejauh 45 mil. Kapal yang melayani lintasan tersebut merupakan kapal rakyat, kapal perintis dan kapal milik swasta.



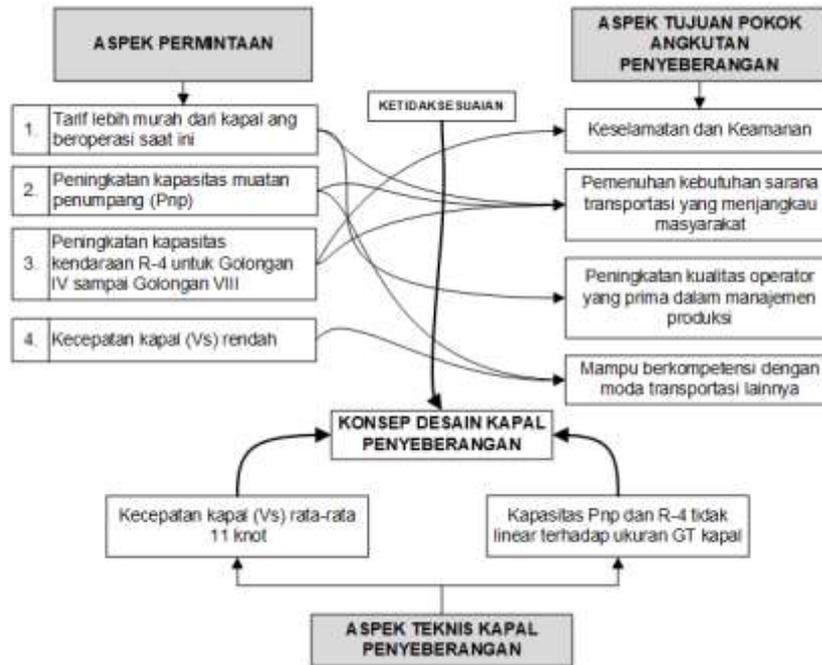
Gambar 5. Lintasan Penyeberangan Kasipute - Pising (BPS, 2018)

Terdapat 6 Kecamatan di Kepulauan Kabaena yaitu Kecamatan Kabaena, Kabaena Utara, Kabaena Timur, Kabaena Selatan, Kabaena Barat, dan Kabaena Tengah serta Kabupaten Buton yang bergantung pada Pelabuhan Tanjung Pising sebelah utara pulau, Pelabuhan Dongkala bagian timur pulau, Pelabuhan Batuawu sebelah Selatan Pulau dan Pelabuhan Sikeli sebelah barat pulau kabaena. Lalu lintas transportasi yang memadai dan lancar akan meningkatkan daya saing produk unggulan di setiap wilayah kecamatan, dan pemerataan pembangunan akan terlaksana dengan baik.

Berdasarkan hasil pembahasan sebelumnya, kondisi demografi dan ekonomi Kabupaten Bombana, serta survey yang dilakukan tanggal 10 sampai 12 Mei 2019 pada lintasan penyeberangan Kasipute – Tanjung Pising ada beberapa hal yang dapat dibahas, yaitu:

- a. Trayek lintasan penyeberangan Kasipute – Tanjung Pising sampai saat ini belum dioperasikan karena kondisi jalan hinterland pada wilayah Tanjung Pising belum memadai untuk dilalui kendaraan berat.
- b. Masyarakat Bombana sampai saat ini menggunakan kapal rakyat (bahan kayu dan speed boat) untuk menyeberang ke pulau Kabaena. Sehingga dapat diusulkan agar tarif untuk kapal penyeberangan yang dioperasikan nantinya lebih murah atau tarifnya sama dengan kapal rakyat yang beroperasi di Pelabuhan Umum Kasipute.
- c. Berdasarkan kondisi demografi Kabupaten Bombana, sebagian besar masyarakat hidup di pesisir laut sehingga memerlukan sarana transportasi yang memadai. Dilihat dari laju pertumbuhan penduduk Kabupaten Bombana yang lebih tinggi dari Kota Kendari maka perlu peningkatan kapasitas penumpang untuk kapal penyeberangan.

- d. Berdasarkan kondisi perekonomian Kabupaten Bombana diusulkan agar kapal penyeberangan yang beroperasi dapat mengangkut lebih banyak kendaraan Golongan IV sampai VIII.



Gambar 6. Identifikasi Masalah Pada Lintasan Kasipute - Pising

Gambar 6 menggambarkan proses ketidaksesuaian antara aspek permintaan berdasarkan penelitian sebelumnya dengan aspek tujuan pokok angkutan penyeberangan, serta aspek teknis kapal terhadap kondisi permintaan. Sehingga ketiga hal tersebut diukur dalam konsep perancangan kapal penyeberangan pada lintasan Kasipute - Pising.

Berdasarkan identifikasi masalah dari aspek permintaan, aspek teknis kapal penyeberangan dan aspek tujuan pokok angkutan penyeberangan dengan menggunakan metode pemrograman linear dapat diambil sebuah fungsi objektif yang merupakan tujuan utama dalam proses optimalisasi yaitu mendapatkan dan meminimalkan biaya operasional kapal dalam tahapan pra-rancangan kapal.

Komponen biaya operasional kapal (BOK) meliputi harga kapal (P_s), tonase kapal (GT), daya mesin (P_B), kecepatan (V_s), jarak pelayaran (S) dan frekuensi (T_n) sebagaimana terlihat pada **Persamaan (1) dan (2)**. Terlihat seakan lebih dari satu objektif yang ingin dicapai dalam optimalisasi penelitian ini, akan tetapi komponen tersebut dijabarkan terhadap satu objektif. Komponen harga kapal, GT, daya mesin dan kecepatan kapal berkaitan langsung ukuran utama kapal, sedangkan jumlah trip memiliki keterkaitan terhadap jarak pelayaran dan kecepatan operasional kapal. Optimalisasi menggunakan dengan satu objektif dapat diformulasikan dengan **persamaan (3)**.

$$BOK = (c1.P_s) + (c2.GT) + (c3.P_B \cdot \frac{S}{V_s} \cdot Trip) + 6\% \quad (1)$$

$$BOK / Trip = BOK / T_n \quad (2)$$

$$\text{Menemukan } X = \begin{Bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ X_n \end{Bmatrix} \quad (3)$$

dimana X merupakan vektor desain atau variabel pemilihan, dengan memaksimalkan fungsi objektif $f(X)$ yang berdasarkan batasan kondisi geometri, permintaan, oseanografi, infrastruktur yang diformulasikan dalam persamaan dan pertidaksamaan dalam proses optimalisasi sebagaimana terlihat pada **persamaan (4)**.

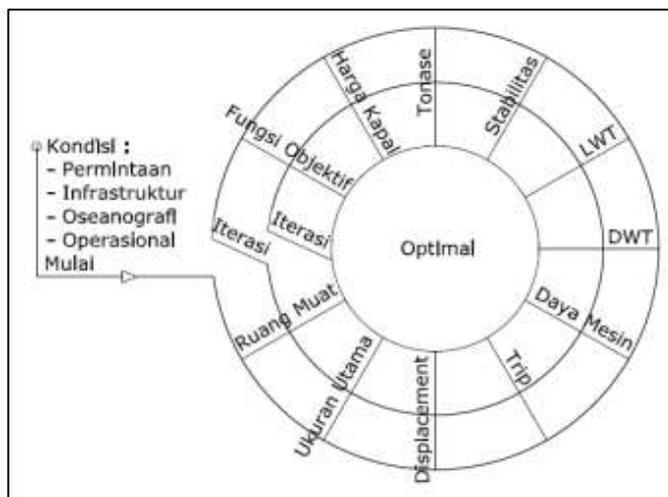
Memaksimalkan $\sum_{j=1}^n f_j X_j$, dengan batasan

$$\left. \begin{aligned} &\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i, i=1\dots q \\ &\text{dan} \\ &X_j \geq 0, j=1\dots p \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

atau secara sederhana dirumuskan sebagai berikut :

$$\left. \begin{aligned} &g_j(X) \leq 0, j=1, 2, \dots, q \\ &\text{dan} \\ &h_j(X) \geq 0, j=q+1, q+2, \dots, p \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Tahapan desain mengikuti proses perancangan kapal yang umumnya dilakukan pada tahap pra-rancangan, dengan penambahan beberapa kontrol desain guna mendukung penentuan fungsi objektif optimalisasi. Sebelum memulai tahapan desain perlu diketahui kondisi permintaan, kondisi infrastruktur, kondisi oseanografi, dan kondisi operasional sebagai bahan pertimbangan desain. Tahapan desain secara umum digambarkan dalam diagram spiral desain, seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Spiral Desain Perancangan Kapal

Pada gambar 8 menunjukkan tahapan dan bagan alir optimalisasi perancangan kapal. Dengan menggunakan bagan alir perancangan kapal maka dapat ditemukan ukuran optimal kapal penyeberangan pada setiap sampel lintasan berdasarkan kondisi oseanografi, infrastruktur dan permintaan. Simulasi dilakukan dengan menggunakan ukuran batasan maksimal terhadap kondisi infrastruktur pelabuhan, sehingga ukuran permintaan kapasitas muat dibatasi oleh kemampuan fasilitas pelabuhan. Ukuran kapal maksimal merupakan ukuran optimal yang diperoleh berdasarkan kondisi batasan. Untuk menjalankan proses simulasi digunakan asumsi kondisi operasional sebagai berikut :

1. Konsumsi bahan bakar (SFC) : 0,130 Liter/Hp/jam
2. Konsumsi pelumas (SDC) : 0,0033 Liter/Hp/jam
3. Harga pelat baja per ton (P_{ST}) : 750 US\$/ton
4. Waktu bongkar muat Pnp (LUT_1) : 700 Orang/jam
5. Waktu bongkar muat R-4 (LUT_2) : 160 R4/jam
6. Biaya *man-power* per ton (C_{MP}) : 2.000.000 Rp/ton
7. Biaya permesinan (F_{ME}) : 1.200.000 Rp/Hp
8. Biaya *outfitting* (F_{MT}) : 1.500.000 Rp/ton

Perbandingan kapal yang beroperasi dengan kapal hasil optimalisasi kapal pada lintasan Kasipute – Sikeli dapat dilihat pada Tabel 5.5. Ukuran kapal maksimal digunakan berdasarkan batasan infrastruktur dan regulasi. Pada ukuran kapal optimal arah optimalisasi lebih ditekankan terhadap peningkatan kecepatan dan efektifitas kapasitas muat (Pnp dan R-4) lebih besar. Meskipun terjadi penambahan daya mesin yang diperlukan dan meningkatnya ukuran GT kapal. Analisis pada jumlah trip dilakukan tanpa pertimbangan waktu istirahat kapal untuk mendapatkan biaya operasional kapal terendah.

Tabel 2. Komparasi hasil kapal aktual dengan kapal optimal

| No. | Ukuran | Simbol | Kapal Aktual | Kapal Optimal | Satuan |
|-----|---------------|--------|--------------|---------------|--------|
| 1 | Panjang | Loa | 54,00 | 45,11 | m |
| 2 | Lebar | B | 14,00 | 11,90 | m |
| 3 | Tinggi | H | 3,50 | 2,70 | m |
| 4 | Sarat | T | 2,50 | 1,78 | m |
| 5 | Kecepatan | Vs | 12,00 | 13,00 | Knot |
| 6 | Daya mesin | PB | 2.000 | 1.582 | HP |
| 7 | Stabilitas | MG | 0,88 | 1,67 | m |
| 8 | Periode oleng | Troll | 11,50 | 7,09 | Detik |
| 9 | Trip/Tahun | Tn | - | 1.600 | Trip |
| 10 | Tonase Kotor | GT | 1053 | 451 | |
| 11 | Harga kapal | Ps | - | 4.319.339.825 | Rp |
| 12 | BOK/Trip | BOK/Tn | - | 2.250.727 | Rp |
| 13 | Penumpang | Pnp | 16 | 450 | Orang |
| 14 | Kendaraan | R-4 | 22 | 15 | Unit |

SIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan analisis yang telah dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan yaitu telah diperoleh hasil berupa ukuran utama optimal kapal untuk lintasan penyeberangan Kasipute – Tanjung Pising yaitu Panjang (LOA) 45,11 m, Lebar (B) 11,9 m, Tinggi (H) 2,7 m, Sarat (T) 1,78 m, Kecepatan (Vs) 13 Knot, Tonase 451 GT, Penumpang (Pnp) 450 orang, kendaraan (R-4) 15 Unit. Ukuran kapal maksimal digunakan berdasarkan batasan permintaan, infrastruktur, oseanografi

dan regulasi, dimana arah optimalisasi lebih ditekankan terhadap peningkatan kecepatan dan efektifitas kapasitas muat (Pnp dan R-4) lebih besar.

Adapun saran setelah penelitian ini yaitu Dapat dilakukan penelitian dan analisis lebih lanjut mengenai rasio perbandingan ukuran utama kapal penyeberangan di KTI karena terjadi perbedaan yang jauh antara teori dan penerapan di lapangan. Bagi peneliti yang melanjutkan penelitian ini, perlu data valid harga pelat baja dan biaya man-power per ton untuk mengukur biaya operasional kapal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah IX, Kementerian Riset, Teknologi, Dan Pendidikan Tinggi atas dana yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktur dan Staf Akademi Maritim Indonesia AIPI Makassar yang telah banyak membantu dan mendukung dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Agus Syam. (2017). Sarana Alternatif jika kapal ferry naik dok, (Online), (<https://www.google.com/maps/place/Pelabuhan+Kasipute/>). Diakses 28 April 2018. Makassar.
- Assrani, Dwika, Mesran, Ronda Deli Sianturi, Yuhandri, and Akbar Iskandar. (2018). "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Guru Produktif Peserta Pelatihan Asesor Kompetensi Lsp P1 Smk Swasta Dwiwarna Medan Menggunakan Metode The Extended Promethee II (EXPROM II)." in KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer).
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2018). Kota Kendari Dalam Angka 2018. Badan Pusat Statistik Kota Kendari.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2018). Kabupaten Bombana Dalam Angka 2012. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bombana.
- Ganesan, Vikram. (2001). Global Optimization of the Non-convex Container Ship Design Problem Using the Reformulation Linearization Technique. Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Tesis.
- Gudenschwager, Hans. (1998). Optimierungscopiler und Formberechnungsverfahren: Entwicklung und Anwendung im Vorentwurf von RO/RO-Schiffen. Schriftenreihe Schiffbau. Hamburg, Technische Universität Hamburg. Harburg.
- Harries, S. Valdenazzi, F. Abt, C. Viviani, U. (2001). Investigation on Optimization Strategies for the Hydrodynamic Design of Fast Ferries. 6th International Conference on Fast Sea Transportation, Southampton. England.
- International Maritime Organization. (1997). IMO and Ro-ro Safety. London, United Kingdom.
- Iskandar, Akbar and Muhammad Rizal. 2017. "Analisis Kualitas Soal Di Perguruan Tinggi Berbasis Aplikasi Tap." Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan 21(2).
- Iskandar, Akbar. 2017. "The Effect of Open Book Test Model in Improving Students' Learning Motivation." in Proceedings of the 2nd International Conference on Education, Science, and Technology (ICEST 2017).
- Japan International Cooperation Agency (JICA). (2001). Materi Persentasi Seminar Transportasi Kapal Ferry Ro-Ro Untuk Masa Kini dan Masa Akan Datang. PT. IKI Makassar. Indonesia.
- Kementerian Perhubungan, Dit LLASDP. (2012). Peta Lintas Penyeberangan 2012. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. Jakarta.
- Keputusan Menteri Perhubungan. (2003). Mekanisme Penetapan Dan Formulasi Perhitungan Tarif Angkutan Penyeberangan. KM. Nomor : 58 Tahun 2003. Jakarta.
- Keputusan Menteri Perhubungan. (2004). Penyelenggaraan Pelabuhan Penyeberangan. KM. Nomor : 52 Tahun 2004. Jakarta.
- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. (2012). Pemerintah Akan Fokuskan Pembangunan Infrastruktur Maritim, (Online), (<http://www.ekon.go.id/news/2012/08/31/pemerintah-akan->

- [fokuskan-pembangunan-infrastruktur-maritim.html](#)). Diakses 10 September 2012. Makassar. Kementerian Perhubungan, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (2012). Perhubungan Darat Dalam Angka Tahun 2012. Jakarta.
- Kementerian Perhubungan, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (2011). Operasionalisasi MP3EI Di Kawasan Timur Indonesia. Paparan Penanggung Jawab Antar Koridor Ekonomi. Jakarta.
- Kanerva, Markku. (2000). The Future of Ship Design. Deltamarin Limited. MPI Group, United Kingdom.
- Kumar, Nagesh D. (2007). Optimization Method : Classical and Advanced Techniques for Optimization. Indian Institute Of Science. Handbook. India.
- Kurniawan, R., Habibie M.N., Suratno. (2011). Variasi Bulanan Gelombang Laut di Indonesia. Jurnal Meteorologi dan Geofisika Volume 12 Nomor 3 - Desember 2011: 221 – 232.
- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. (2011). Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia 2011 - 2015. Cetakan I. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. Jakarta, Indonesia.
- Levander, Oscar. (2010). Energy Efficient Cruise And Ferry Concept. Compendium Marine Engineering, Ship & Offshore No.1. Halaman 10 -13.
- Moengin, Parwadi. (2010). Metode Optimasi. Bandung, Muara Indah.
- Lenterasultra. (2018). Februari, Dermaga Fery Pising-Rumbia Difungsikan (Online), (<https://lenterasultra.com/2018/01/26/februari-dermaga-fery-pising-rumbia-difungsikan/>). Diakses 29 Maret 2018. Makassar.
- Muslihati. (2011). Formulasi Tarif Angkutan Penyeberangan Perintis. Prosiding Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan (SENTA). Halaman A 12-17.
- Noegraha, A. Dirga. (2012). Formulasi Perancangan Kapal Penyeberangan Optimal di Kawasan Timur Indonesia. Celebes Ocean Science and Engineering Seminar. Halaman 44 – 53.
- Noegraha, A. Dirga. (2013). Optimalisasi Perancangan Kapal Penyeberangan di Kawasan Timur Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan (SENTA). Halaman D-95 s/d D-100.
- Papanikolaou, A. D. (2011). Holistic Design and Optimisation Of High-Speed Marine Vehicles. The 9th HMSV Symposium, IX HSMV 25 - 27 May 2011. Naples.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2012. (2012). Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Presiden Nomor 54 Tahun 2010. Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah. Indonesia.
- Ray, Fernando. (2011). Perancangan Program Aplikasi Optimasi Listrik Pada Industri Plastik Menggunakan Metode Sequential Dynamic Programming. Skripsi, Binus. Tidak Dipublikasikan.
- Ravn, Eric Sonne. (2003). Probabilistic Damage Stability of Ro-ro Ships. Technical University of Denmark, Maritime Engineering. Disertasi. Denmark.
- Santoso dan Sudjono. (1983). Teori Bangunan Kapal. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta, Indonesia.
- Schneekluth, H dan Bertram, V. (1998). Ship Design for Efficiency and Economy. Second Edition. Butterworth-Heinemann. London.
- Sugata, Kohei. Iwamoto, Yu. Ikeda, Yoshiho. Nihei Yasunori. (2010). Reduction of Wind Force Acting on Non-Ballast Ships. The 5th Asia-Pacific Workshop on Marine Hydrodynamics. Osaka, July 1-4, 2010. Jepang.
- Schulze, Mark. (1998). Linear Programming for Optimization. Perceptive Scientific Instruments, Inc. Wilmington, United State.
- Siregar, Darto. (2011). Optimasi Penjadwalan Kuliah Dengan Metode Tabu Search. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Tidak Dipublikasikan.
- Vassalos, D. Luis Guarin. Jasionowski. Zheng. (2003). A risk-based first-principles approach to assessing green seas loading on the hatch covers of bulk carriers in extreme weather conditions. Elsevier, Marine Structures 16 - 2003. Halaman 659–685.
- Wikipedia.org. (2013). Linear Programming. (Online) (http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_programming). diakses 19 Maret 2013. Makassar.
- Watson, David. (1998). Practical Ship Design. Elsevier Ocean Engineering Book Series. Volume I, First Edition. British.
- Younis, G.M. dkk. (2011). Techno-Economical Optimization for River Nile Container Ships. Journal

Brodo Gadj. Vol. 62 No. 4. Halaman 383 – 395

Zaky, Moch. (2012). Analisa Keselamatan Kapal Feri Ro-Ro Ditinjau Dari Damage Stability. Biro Klasifikasi Indonesia, Penelitian Mandiri. Jakarta.