

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Ikan dan Karakteristik Kapal Ikan 120 GT

Kapal ikan merupakan kapal yang dirancang khusus untuk mendukung kegiatan penangkapan, pengolahan, penyimpanan, dan distribusi hasil perikanan di laut. Desain kapal ikan harus mampu memenuhi kebutuhan operasional yang spesifik, seperti stabilitas selama penangkapan, kapasitas muat, serta ketahanan terhadap kondisi laut yang dinamis. Kapal ikan berbeda dengan kapal niaga karena memiliki konfigurasi dek dan peralatan yang disesuaikan dengan jenis alat tangkap yang digunakan. Selain itu, kapal ikan harus mampu beroperasi dalam waktu yang relatif lama dengan efisiensi bahan bakar yang baik. Dalam pendekatan modern, desain kapal ikan tidak hanya mempertimbangkan aspek teknis, tetapi juga efisiensi biaya pembangunan dan operasional (Pereira & Garbatov, 2022). Oleh karena itu, perancangan kapal ikan memerlukan pendekatan yang terintegrasi antara aspek teknis, operasional, dan ekonomis.



Gambar 2. 1 Kapal Ikan 120 GT
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2.1.1 Karakteristik Kapal Ikan 120 GT

Kapal ikan dengan ukuran 120 GT termasuk dalam kategori kapal menengah yang umumnya digunakan untuk operasi di perairan lepas. Kapal ini memiliki dimensi yang cukup besar sehingga mampu membawa muatan hasil tangkapan dalam jumlah signifikan. Selain itu, kapal ini dirancang untuk mampu beroperasi dalam kondisi gelombang sedang hingga tinggi. Struktur kapal harus mampu menahan kombinasi beban hidrostatik, hidrodinamik, dan operasional secara simultan. Distribusi beban yang tidak merata dapat menyebabkan konsentrasi tegangan pada bagian tertentu dari struktur kapal. Oleh karena itu, diperlukan desain struktur yang optimal agar kekuatan tetap terjaga tanpa meningkatkan berat konstruksi secara berlebihan (Yu, 2023; Tuswan, 2025).

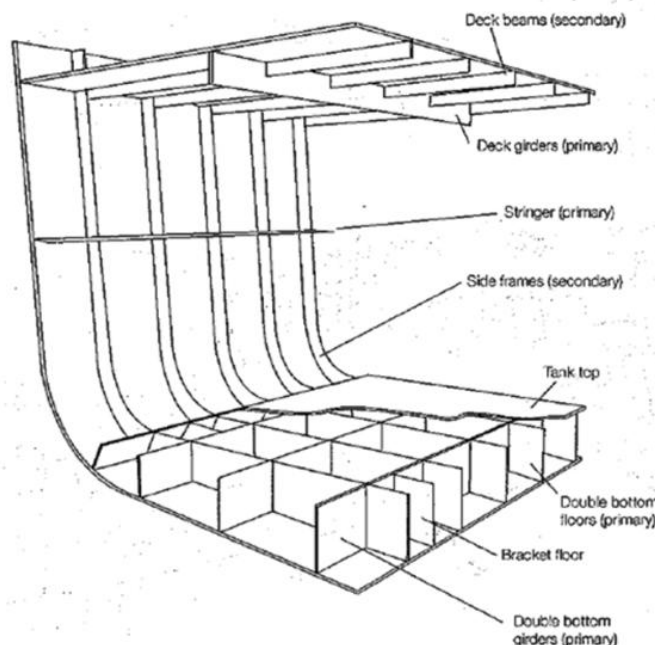
2.1.2 Sistem Konstruksi Kapal Ikan

Sistem konstruksi kapal ikan terdiri dari elemen struktur utama seperti pelat, gading, dan penguat memanjang yang bekerja secara terpadu. Pelat berfungsi sebagai elemen utama yang menahan tekanan eksternal dari air laut, sedangkan gading berfungsi sebagai rangka transversal yang memberikan kekuatan dan bentuk pada lambung kapal. Penguat memanjang berperan dalam meningkatkan kekakuan struktur terhadap gaya lentur sepanjang kapal. Interaksi antara elemen-elemen tersebut menentukan kekuatan dan stabilitas struktur kapal secara keseluruhan. Pemilihan sistem konstruksi yang tepat akan berpengaruh terhadap efisiensi penggunaan material dan kemudahan proses fabrikasi (Zhang, 2020; Abedin, 2025).

Oleh karena itu, sistem konstruksi harus dirancang secara optimal untuk mencapai keseimbangan antara kekuatan dan efisiensi biaya.

2.2 Konstruksi Lambung Kapal

Konstruksi lambung kapal merupakan sistem struktur utama yang berfungsi untuk menahan seluruh beban yang bekerja selama kapal beroperasi. Struktur ini mencakup seluruh elemen yang membentuk badan kapal, termasuk pelat kulit, gading, penguat memanjang, dan sekat. Konstruksi lambung dirancang untuk menjamin kekuatan, kekakuan, dan keselamatan kapal dalam berbagai kondisi operasi. Beban yang bekerja pada lambung meliputi tekanan hidrostatik, beban gelombang, serta beban muatan. Oleh karena itu, desain konstruksi lambung harus memenuhi persyaratan kekuatan minimum yang ditetapkan oleh badan klasifikasi. Dalam hal ini, standar yang digunakan mengacu pada peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI, 2022) yang mengatur dimensi, ketebalan, dan konfigurasi struktur kapal.



Gambar 2. 2 Konstruksi lambung kapal (Jakaria, 2020)

2.2.1 Elemen Struktur Lambung

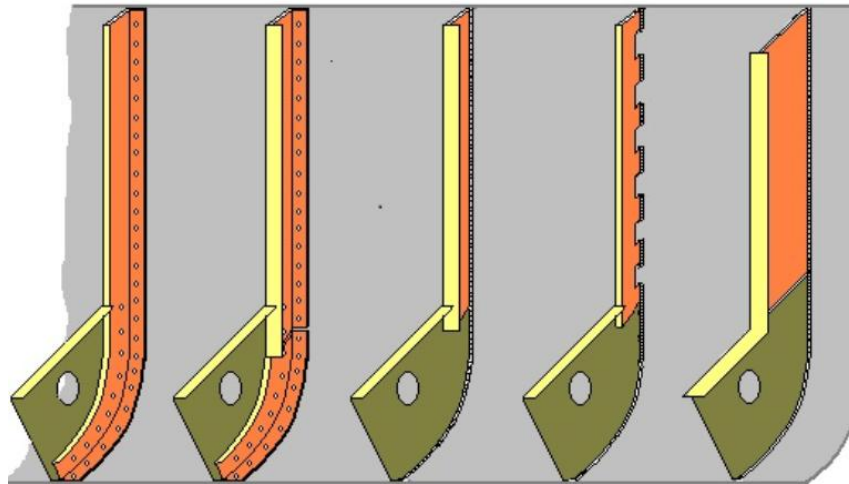
Menurut BKI (2022), elemen struktur lambung kapal terdiri dari beberapa komponen utama yang memiliki fungsi spesifik dalam menahan beban. Pelat kulit (shell plating) merupakan elemen utama yang menahan tekanan air laut dan membentuk permukaan luar kapal. Gading (*frame*) berfungsi sebagai struktur penopang yang memberikan kekuatan transversal dan menjaga bentuk lambung. Penguat memanjang (longitudinal stiffener) berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur terhadap gaya lentur sepanjang kapal. Selain itu, terdapat elemen lain seperti girder dan sekat (bulkhead) yang berfungsi untuk memperkuat struktur dan membagi ruang dalam kapal. Setiap elemen dirancang berdasarkan standar dimensi dan jarak yang telah ditentukan oleh BKI. Interaksi antar elemen ini menentukan kemampuan struktur dalam mendistribusikan beban secara merata.

2.2.2 Beban yang Bekerja pada Lambung

Beban yang bekerja pada lambung kapal terdiri dari beban hidrostatik, beban gelombang, dan beban operasional. Beban hidrostatik berasal dari tekanan air laut, sedangkan beban gelombang bersifat dinamis dan menyebabkan fluktuasi tegangan pada struktur. Beban operasional berasal dari aktivitas penangkapan dan distribusi muatan. Kombinasi beban tersebut menghasilkan kondisi tegangan yang kompleks pada struktur kapal. Oleh karena itu, desain struktur harus mampu menahan seluruh beban tersebut secara aman (Ofloğlu *et al.*, 2022).

2.3 *Frame spacing* dalam Konstruksi Kapal

Frame spacing merupakan jarak antar gading dalam arah memanjang kapal yang menentukan jumlah elemen struktur dalam lambung kapal. Parameter ini sangat penting karena mempengaruhi distribusi beban dan kekakuan struktur. *Frame spacing* yang berbeda akan menghasilkan konfigurasi struktur yang berbeda pula. Nilai spacing yang kecil akan menghasilkan struktur yang lebih rapat, sedangkan spacing yang besar menghasilkan struktur yang lebih jarang. Oleh karena itu, *frame spacing* menjadi salah satu parameter utama dalam desain struktur kapal (Zhang, 2020). Penentuan nilai *frame spacing* harus mempertimbangkan aspek kekuatan dan efisiensi material.



Gambar 2. 3 *Frame spacing* pada lambung

(Sumber: https://dimensipelaut.blogspot.com/2018/10/gading-gading-kapal.html#google_vignette)

Penentuan *frame spacing* didasarkan pada prinsip keseimbangan antara kekuatan struktur dan efisiensi material. Spacing yang lebih kecil akan meningkatkan kekakuan struktur karena jumlah elemen yang lebih banyak. Namun, kondisi ini juga meningkatkan berat konstruksi dan biaya. Sebaliknya, spacing yang lebih besar dapat mengurangi jumlah elemen dan biaya, tetapi berpotensi menurunkan kekuatan struktur. Oleh karena itu, diperlukan optimasi untuk menentukan nilai spacing yang paling efisien. Desain *frame spacing* juga harus memenuhi standar klasifikasi kapal untuk menjamin keselamatan struktur. Dengan demikian, penentuan *frame spacing* merupakan proses yang memerlukan analisis teknis dan ekonomis (IACS, 2022). Umumnya jarak gading tidak melebihi dari 600 mm (BKI, 2022).

2.4 Berat Konstruksi Kapal

Berat konstruksi kapal merupakan total berat elemen struktur seperti pelat, gading, dan penguat. Parameter ini menjadi faktor penting dalam desain kapal karena mempengaruhi performa dan stabilitas. Berat konstruksi juga berhubungan langsung dengan kebutuhan material yang digunakan. Selain itu, berat konstruksi menjadi dasar dalam estimasi biaya pembangunan kapal. Oleh karena itu, pengendalian berat menjadi aspek penting dalam desain kapal (Abedin, 2025).

2.4.1 Faktor yang Memengaruhi Berat Konstruksi

Berat konstruksi dipengaruhi oleh dimensi kapal, ketebalan pelat, dan jumlah elemen struktur. Jumlah elemen struktur merupakan faktor dominan dalam menentukan berat total. *Frame spacing* juga berperan penting karena menentukan jumlah gading yang digunakan. Interaksi antara faktor-faktor tersebut menentukan efisiensi berat konstruksi. Oleh karena itu, desain harus mempertimbangkan semua parameter secara menyeluruh (Ofluoğlu *et al.*, 2022).

2.4.2 Hubungan *Frame spacing* dengan Berat Konstruksi

Berat konstruksi dihitung dengan:

$$W = \sum (\rho \cdot V)$$

Keterangan:

W = berat konstruksi (ton)

ρ = massa jenis material

V = volume struktur

Rumus ini berasal dari prinsip dasar mekanika teknik yang digunakan untuk menghitung berat struktur berdasarkan volume dan massa jenis material (Abedin, 2025). *Frame spacing* yang lebih kecil akan meningkatkan jumlah elemen sehingga volume total struktur meningkat. Hal ini menyebabkan peningkatan berat konstruksi secara signifikan. Oleh karena itu, diperlukan analisis untuk menentukan konfigurasi yang optimal (Putra & Kitamura, 2023).

2.5 Estimasi Biaya Pembangunan Kapal

Estimasi biaya berbasis berat dirumuskan sebagai:

$$C = Cm + Cw + Cl$$

Keterangan:

C = Biaya Pembangunan

Cm = Biaya Material

Cw = Biaya Pengelasan

Cl = Biaya subkontraktor

Model ini merupakan pendekatan empiris dalam estimasi biaya kapal yang digunakan dalam industri galangan (Alblas *et al.*, 2024; Abdullah *et al.*, 2024). Pendekatan ini didasarkan pada hubungan langsung antara berat struktur dan biaya produksi. Oleh karena itu, estimasi berbasis berat menjadi metode yang efektif dalam tahap awal perencanaan kapal.

Biaya pembangunan kapal terdiri dari biaya material, pengelasan, dan subkontraktor. Biaya material merupakan komponen terbesar karena penggunaan baja yang dominan.

Biaya subkontraktor mencakup proses fabrikasi dan assembly struktur. Biaya pengelasan dipengaruhi oleh jumlah sambungan dan kompleksitas struktur. Semua komponen tersebut berkontribusi terhadap total biaya pembangunan kapal (Putra & Kitamura, 2023; Genç *et al.*, 2024).

2.6 Biaya Material

Biaya material dihitung dengan:

$$C_m = W \cdot P$$

Keterangan:

C_m = biaya material

W = berat material

P = harga per satuan berat

Biaya material memiliki hubungan langsung dengan berat konstruksi kapal. Semakin besar berat konstruksi, semakin besar kebutuhan material yang digunakan. Baja merupakan material utama dalam konstruksi kapal sehingga menjadi komponen biaya terbesar. Optimasi desain bertujuan untuk mengurangi penggunaan material tanpa mengurangi kekuatan struktur. Oleh karena itu, efisiensi material sangat berpengaruh terhadap biaya pembangunan kapal (Putra & Kitamura, 2023). Biaya material berbanding lurus dengan berat konstruksi. Oleh karena itu, peningkatan berat akan langsung meningkatkan biaya material.

2.7 Biaya Pengelasan

Pengelasan merupakan proses utama dalam penyambungan elemen struktur kapal. Jumlah sambungan las meningkat seiring bertambahnya jumlah elemen struktur. Proses pengelasan membutuhkan waktu dan subkontraktor yang cukup besar. Selain itu, distorsi akibat pengelasan dapat meningkatkan biaya produksi. Oleh karena itu, biaya pengelasan sangat dipengaruhi oleh kompleksitas struktur kapal (Cao *et al.*, 2022).

Biaya pengelasan dihitung dengan:

$$C_w = \frac{(A+B) \times L \times G}{E} \times \frac{1}{1000}$$

Keterangan:

C_w = Berat elektroda yang dibutuhkan (Kg)

A = Luasan area *filler* (mm²)

B = Luasan area *caping* (mm²)

L = Panjang lajur pengelasan (mm)

G = Massa Jenis (mm)

E = *Loss factor* (Kg/mm³)

Rumus ini digunakan untuk menghitung biaya pengelasan berdasarkan panjang sambungan berdasarkan berat elektroda yang dibutuhkan (Arif *et al.*, 2025). Jumlah sambungan meningkat seiring bertambahnya jumlah elemen struktur. Oleh karena itu, *frame spacing* kecil akan meningkatkan biaya pengelasan.

2.8 Biaya Subkontraktor

Biaya subkontraktor merupakan salah satu komponen yang perlu diperhitungkan dalam proses pembangunan kapal. Besarnya biaya subkontraktor berkaitan dengan kebutuhan subkontraktor, produktivitas pekerjaan, waktu penyelesaian, dan tingkat upah yang berlaku. Pratama dan Basuki (2025) menjelaskan bahwa jam orang (*man-hour*) merupakan bagian penting dalam pelaksanaan pekerjaan proyek karena digunakan untuk menentukan biaya kerja dan memperkirakan waktu penyelesaian pekerjaan. Perhitungan kebutuhan jam

orang dilakukan berdasarkan kebutuhan pekerjaan dan produktivitas subkontraktor. Setelah kebutuhan jam orang diperoleh, nilai tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan biaya subkontraktor. Konsep ini dapat diterapkan pada pembangunan kapal ikan 120 GT dengan menyesuaikan volume pekerjaan, durasi pekerjaan, dan tarif subkontraktor yang digunakan.

Dalam penelitian Pratama dan Basuki (2025), perhitungan kebutuhan subkontraktor dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah pekerjaan dan waktu pengerjaan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan jam orang dapat digunakan untuk menghubungkan pekerjaan yang harus diselesaikan dengan biaya subkontraktor. Pada pekerjaan pembangunan kapal, besarnya pekerjaan dapat direpresentasikan melalui karakteristik pekerjaan yang dilakukan. Dalam penelitian ini, karakteristik pekerjaan konstruksi direpresentasikan berdasarkan berat konstruksi kapal. Berat konstruksi digunakan sebagai dasar untuk menentukan besarnya pekerjaan yang harus dikerjakan oleh subkontraktor. Dengan demikian, semakin besar berat konstruksi yang harus difabrikasi dan dipasang, semakin besar pula pekerjaan yang harus diselesaikan dan waktu subkontraktor yang diperlukan. Pendekatan tersebut digunakan untuk menghitung biaya subkontraktor pada pembangunan kapal ikan 120 GT.

Perhitungan biaya subkontraktor dalam penelitian ini selanjutnya didasarkan pada berat konstruksi, durasi pekerjaan, dan tarif upah subkontraktor. Berat konstruksi menjadi dasar untuk menentukan besarnya pekerjaan konstruksi yang harus dikerjakan, sedangkan durasi menunjukkan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Hubungan antara berat konstruksi dan durasi pekerjaan digunakan untuk memperoleh kebutuhan subkontraktor selama proses pembangunan. Secara umum, kebutuhan subkontraktor dapat dinyatakan dengan hubungan antara beban pekerjaan dan waktu penyelesaiannya. Apabila berat konstruksi yang dikerjakan semakin besar, maka kebutuhan subkontraktor dapat meningkat apabila durasi pekerjaan tetap. Sebaliknya, apabila durasi pekerjaan diperpanjang dengan berat konstruksi yang sama, kebutuhan subkontraktor per satuan waktu dapat menjadi lebih rendah. Oleh karena itu, berat konstruksi dan durasi pekerjaan menjadi dasar penting dalam menentukan biaya subkontraktor pada penelitian ini.

Berdasarkan pendekatan tersebut, biaya subkontraktor dihitung dengan mempertimbangkan durasi pekerjaan dan tarif upah subkontraktor. Pratama dan Basuki (2025) menggunakan perhitungan biaya berdasarkan gaji pokok yang dikalikan dengan jumlah hari kerja serta tambahan biaya lembur apabila terdapat pekerjaan di luar waktu kerja normal. Dalam penelitian tersebut, biaya subkontraktor dirumuskan dengan:

$$\text{Biaya} = (\text{Gaji pokok} \times \text{Durasi pekerjaan}) + (\text{Upah Lembur} \times \text{Jam lembur})$$

Namun, pada penelitian ini perhitungan disesuaikan dengan data yang tersedia dan batasan penelitian, yaitu biaya subkontraktor dihitung berdasarkan berat konstruksi, durasi pekerjaan, dan tarif upah. Apabila tarif upah dinyatakan dalam satuan rupiah per hari, maka biaya subkontraktor dapat dihitung dengan persamaan $\text{BTK} = T \times U$, dengan BTK sebagai biaya subkontraktor, T sebagai durasi pekerjaan dalam hari, dan U sebagai tarif upah subkontraktor per hari.

Dalam penerapannya pada pembangunan kapal ikan 120 GT, durasi pekerjaan ditentukan berdasarkan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan konstruksi dengan berat konstruksi tertentu. Tarif upah ditentukan berdasarkan biaya subkontraktor yang berlaku pada pekerjaan pembangunan kapal atau berdasarkan data yang digunakan dalam penelitian. Apabila terdapat beberapa jenis subkontraktor dengan tarif yang berbeda, biaya masing-masing subkontraktor dapat dihitung secara terpisah dan kemudian dijumlahkan. Secara umum, persamaan biaya subkontraktor dapat dituliskan sebagai $\text{BTK Total} = \sum(T_i \times U_i)$, dengan BTK Total sebagai total biaya subkontraktor, T_i sebagai durasi

pekerjaan subkontraktor ke- i , dan U_i sebagai tarif upah subkontraktor ke- i . Dengan pendekatan ini, perhitungan tetap berfokus pada tiga parameter utama penelitian, yaitu berat konstruksi sebagai dasar besarnya pekerjaan, durasi sebagai dasar waktu pengerjaan, dan tarif upah sebagai dasar nilai biaya subkontraktor. Jurnal Pratama dan Basuki (2025) menunjukkan penerapan hubungan antara waktu kerja dan biaya subkontraktor dalam pekerjaan pembangunan kapal, sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan metode perhitungan biaya subkontraktor pada penelitian ini.

Pada penelitian “Analisis Pengaruh Variasi *Frame spacing* 550 mm dan 600 mm terhadap Estimasi Pembiayaan Pembangunan pada Kapal Ikan 120 GT”, biaya subkontraktor dihitung pada masing-masing variasi *frame spacing*. Perbedaan *frame spacing* dapat menghasilkan perbedaan jumlah elemen konstruksi sehingga dapat menyebabkan perubahan berat konstruksi yang harus difabrikasi dan dipasang. Perubahan berat konstruksi tersebut kemudian menjadi dasar dalam menentukan durasi pekerjaan berdasarkan metode perhitungan yang digunakan dalam penelitian. Selanjutnya, durasi pekerjaan dikalikan dengan tarif upah untuk memperoleh biaya subkontraktor. Dengan demikian, alur perhitungan biaya subkontraktor dalam penelitian ini adalah berat konstruksi, kemudian durasi pekerjaan, selanjutnya tarif upah, dan menghasilkan biaya subkontraktor. Hasil perhitungan biaya subkontraktor pada *frame spacing* 550 mm dan 600 mm kemudian dibandingkan untuk mengetahui pengaruh variasi *frame spacing* terhadap komponen biaya subkontraktor dalam estimasi pembiayaan pembangunan kapal ikan 120 GT. Penggunaan berat konstruksi, durasi pekerjaan, dan tarif upah sebagai dasar perhitungan juga menjaga agar analisis biaya subkontraktor tetap sesuai dengan batasan dan variabel yang digunakan dalam penelitian.

2.9 Hubungan antar Variabel Penelitian

Penelitian ini menganalisis hubungan antara parameter desain struktur kapal dengan komponen biaya pembangunan melalui pendekatan kuantitatif. Variabel independen utama dalam penelitian ini adalah *frame spacing* (s), sedangkan variabel dependen meliputi jumlah elemen struktur (N), berat konstruksi (W), biaya material (C_m), biaya pengelasan (C_w), dan biaya subkontraktor (C_l). Hubungan antar variabel tersebut bersifat berantai dan saling mempengaruhi dalam proses desain dan pembangunan kapal (Pereira & Garbatov, 2022).

Frame spacing memiliki pengaruh langsung terhadap jumlah gading dalam struktur kapal. Secara geometris, jumlah *frame* ditentukan oleh panjang kapal dibagi dengan jarak antar *frame*. Semakin kecil nilai *frame spacing*, semakin banyak jumlah *frame* yang diperlukan dalam panjang kapal yang sama. Sebaliknya, semakin besar *frame spacing*, jumlah *frame* akan berkurang. Perubahan jumlah elemen ini menjadi dasar dalam analisis struktur kapal karena mempengaruhi konfigurasi dan distribusi beban (Zhang, 2020; BKI, 2022).

Jumlah elemen struktur yang meningkat akan berdampak langsung pada berat konstruksi kapal. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya volume material yang digunakan pada elemen struktur seperti gading dan penguat. Selain itu, peningkatan jumlah elemen juga menyebabkan bertambahnya komponen pendukung seperti sambungan dan pelat tambahan. Akibatnya, berat konstruksi akan meningkat secara signifikan pada konfigurasi dengan *frame spacing* yang lebih kecil. Namun, pada *frame spacing* yang lebih besar, sering kali diperlukan peningkatan ketebalan pelat untuk menjaga kekuatan struktur (Abedin, 2025; Pereira & Garbatov, 2022).

Berat konstruksi yang meningkat akan berpengaruh langsung terhadap biaya material. Biaya material dihitung berdasarkan berat total struktur dikalikan dengan harga material

per satuan berat. Oleh karena itu, semakin besar berat konstruksi, semakin besar pula biaya material yang dibutuhkan. Hubungan ini bersifat linier dan menjadi komponen dominan dalam total biaya pembangunan kapal. Dengan demikian, pengendalian berat konstruksi menjadi salah satu strategi utama dalam efisiensi biaya (Pereira & Garbatov, 2022).

Selain mempengaruhi berat, jumlah elemen struktur juga berdampak pada biaya pengelasan. Setiap elemen struktur membutuhkan sambungan las untuk menghubungkan antar komponen. Semakin banyak elemen struktur, semakin banyak pula jumlah sambungan las yang diperlukan. Hal ini akan meningkatkan total panjang las, waktu pengerjaan, serta konsumsi material pengelasan. Akibatnya, biaya pengelasan akan meningkat secara signifikan pada struktur dengan *frame spacing* kecil (Roth, 2025).

Kompleksitas struktur akibat peningkatan jumlah elemen juga mempengaruhi biaya subkontraktor. Struktur dengan jumlah elemen yang lebih banyak membutuhkan proses fabrikasi dan pemasangan yang lebih kompleks. Hal ini menyebabkan peningkatan waktu kerja dan kebutuhan subkontraktor. Selain itu, kompleksitas pekerjaan juga dapat menurunkan produktivitas subkontraktor di galangan kapal. Oleh karena itu, biaya subkontraktor akan meningkat seiring dengan meningkatnya kompleksitas struktur (Pintilie *et al.*, 2025).

Secara keseluruhan, hubungan antar variabel dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai suatu sistem yang saling terhubung. *Frame spacing* sebagai variabel utama mempengaruhi jumlah elemen struktur. Jumlah elemen mempengaruhi berat konstruksi, yang kemudian mempengaruhi biaya material. Pada saat yang sama, jumlah elemen juga mempengaruhi jumlah sambungan las dan kompleksitas pekerjaan, yang berdampak pada biaya pengelasan dan subkontraktor. Seluruh komponen biaya tersebut kemudian membentuk total biaya pembangunan kapal (BKI, 2022; Pereira & Garbatov, 2022).

Berdasarkan hubungan tersebut, penelitian ini berfokus pada analisis pengaruh variasi *frame spacing* terhadap seluruh komponen biaya pembangunan kapal. Tujuan utama adalah untuk menentukan konfigurasi *frame spacing* yang menghasilkan biaya total minimum tanpa mengurangi aspek kekuatan struktur. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi desain yang lebih efisien dan ekonomis dalam pembangunan kapal ikan 120 GT.

2.10 Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa desain struktur kapal merupakan hasil keseimbangan antara kekuatan, berat, kompleksitas konstruksi, dan biaya produksi. Alblas et al. (2024) mengembangkan metode estimasi biaya konstruksi baja kapal berbasis kemiripan produk dan proses, dengan berat konstruksi sebagai variabel kunci karena peningkatan berat struktur secara langsung menaikkan kebutuhan material dan aktivitas fabrikasi. Ofluoğlu et al. (2022) mengkaji pengaruh variasi jarak gading memanjang pada kapal tanker dan menemukan bahwa jarak gading yang lebih rapat meningkatkan kekakuan struktur, tetapi juga menambah jumlah elemen penegar dan biaya material, dengan konfigurasi pelat 8 mm dan jarak gading 0,55 m dilaporkan sebagai solusi paling ringan dan ekonomis. Pereira dan Garbatov (2022) menerapkan pendekatan pengambilan keputusan multikriteria untuk memilih desain struktur optimal dengan mempertimbangkan secara simultan aspek kekuatan, berat, biaya konstruksi, biaya operasi, risiko, kapasitas muat, dan efisiensi energi. Putra dan Kimura (2023) menegaskan bahwa biaya material berbanding lurus dengan berat konstruksi, sehingga pemilihan material dan optimasi dimensi struktur menjadi penting untuk menekan biaya tanpa mengorbankan kekuatan. Abedin (2025) menunjukkan melalui analisis FEM bahwa pengurangan berat struktur dapat dicapai dengan menyesuaikan dimensi pelat dan elemen penguat selama tegangan dan kekuatan tetap memenuhi persyaratan klasifikasi. Yu et al. (2023) menyoroti bahwa konfigurasi struktur memengaruhi distribusi tegangan dan potensi kegagalan pada area dengan konsentrasi tegangan tinggi. Cao et al. (2022) membuktikan bahwa jumlah sambungan las memengaruhi distorsi pengelasan dan biaya produksi, sementara Genç et al. (2024) menunjukkan bahwa kompleksitas struktur meningkatkan kebutuhan subkontraktor dan waktu pengerjaan. Roth et al. (2025) melaporkan bahwa peningkatan jumlah elemen struktur pada desain parametrik kapal pesiar meningkatkan jumlah sambungan las dan biaya fabrikasi. Abdullah et al. (2024) mengembangkan model estimasi jam kerja yang relevan untuk perencanaan biaya pembangunan kapal, sedangkan Pintilie et al. (2025) melalui analisis *CAD-FEM* pada kapal curah menyimpulkan bahwa struktur yang lebih kompleks meningkatkan waktu kerja dan biaya subkontraktor. Arif et al. (2025) menemukan bahwa kebutuhan consumable pengelasan aktual di lapangan lebih besar daripada hasil estimasi, mengindikasikan perlunya memperhitungkan faktor kehilangan material, pekerjaan ulang, dan efisiensi pelaksanaan dalam estimasi biaya pengelasan. Secara keseluruhan, literatur tersebut mengonfirmasi bahwa variasi jarak gading berpengaruh signifikan terhadap jumlah elemen struktur, berat konstruksi, panjang sambungan las, kebutuhan subkontraktor, serta biaya total pembangunan kapal, sehingga penentuannya harus mempertimbangkan keseimbangan antara kekuatan, berat, kemudahan fabrikasi, dan biaya produksi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”