

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal pengangkut sampah merupakan kapal kerja (*workboat*) yang berfungsi untuk mengumpulkan dan memindahkan sampah dari perairan sungai dan pesisir pantai ke tempat pengolahan atau pembuangan akhir. Dalam operasinya kapal pengangkut sampah dituntut memiliki stabilitas, serta sistem konstruksi yang memastikan kekuatan kapal dalam beroperasi. Salah satu kapal milik pemerintah DKI Jakarta berperan penting dalam mengatasi permasalahan sampah di perairan daerah Jakarta. Kapal tersebut memiliki dimensi utama sebagai berikut: Panjang 25 meter, Lebar 6 meter, Tinggi 2,3 meter.



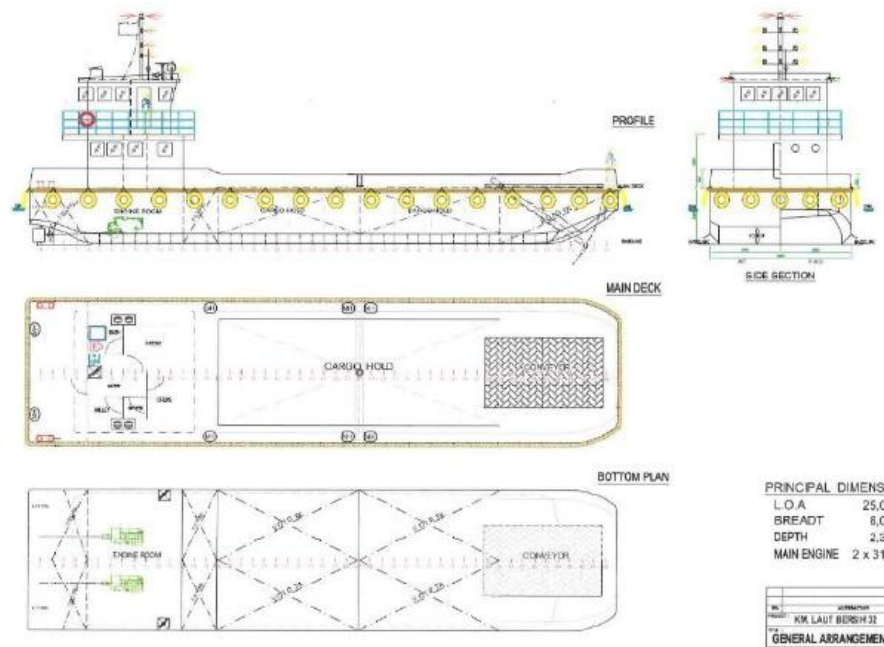
Gambar 1.1 Kapal Pengangkut Sampah

Sumber : (<https://m.beritajakarta.id/>)

Berdasarkan data resmi kependudukan, jumlah penduduk administratif Provinsi DKI Jakarta pada semester 1 tahun 2025 tercatat sebanyak 11.010.514 jiwa, Data ini bersumber dari Direktorat Jenral Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kementrian Dalam Negeri dan digunakan sebagai acuan resmi dalam perencanaan pembangunan daerah (Kementrian Dalam Negeri, 2025), tingginya jumlah penduduk tersebut berdampak langsung pada

peningkatan aktivitas domestik dan produksi limbah, termasuk sampah rumah tangga yang mencemari lingkungan perkotaan.

Seiring dengan meningkatnya kepadatan penduduk disepanjang daerah aliran sungai, sungai Ciliwung mengalami tekanan pencemaran yang signifikan, terutama akibat limbah domestik dan sampah padat, *World Wildlife Fund* (WWF) indonesia melaporkan bahwa timbulan sampah disungai ciliwung mencapai 300 ton per hari dalam kondisi normal, yang sebagian besar berasal dari aktivitas rumah tangga masyarakat di kawasan hulu hingga hilir sungai (WWF, 2020).



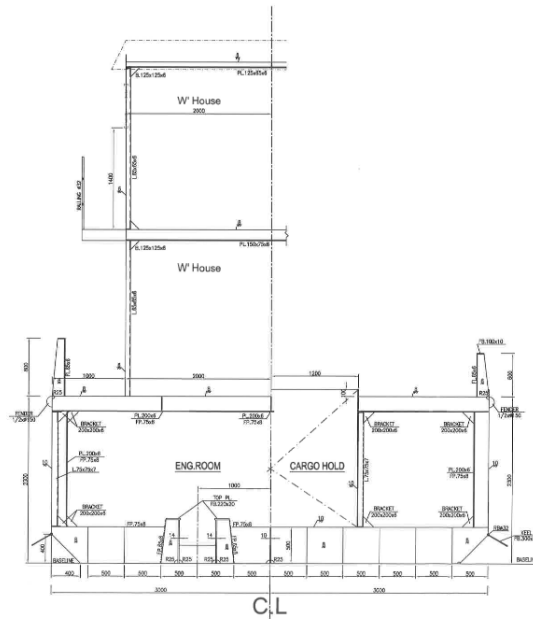
Gambar 1.2 GA Kapal Pengangkut Sampah

Sumber : (Perusahaan)

Hadirnya kapal pengangkut sampah milik pemerintah DKI Jakarta menjadi salah satu solusi dalam mendukung pengelolaan sampah laut. Kapal pengangkut sampah dirancang sebagai kapal operasional yang berfungsi untuk mengumpulkan, mengangkat, dan mendukung kebersihan sampah di perairan sungai dan pesisir. Keberadaan kapal ini diharapkan mampu menjangkau area perairan yang tidak dapat ditangani secara optimal menggunakan metode pembersihan darat, sehingga penanganan sampah laut dapat dilakukan secara lebih efektif dan terintegrasi.

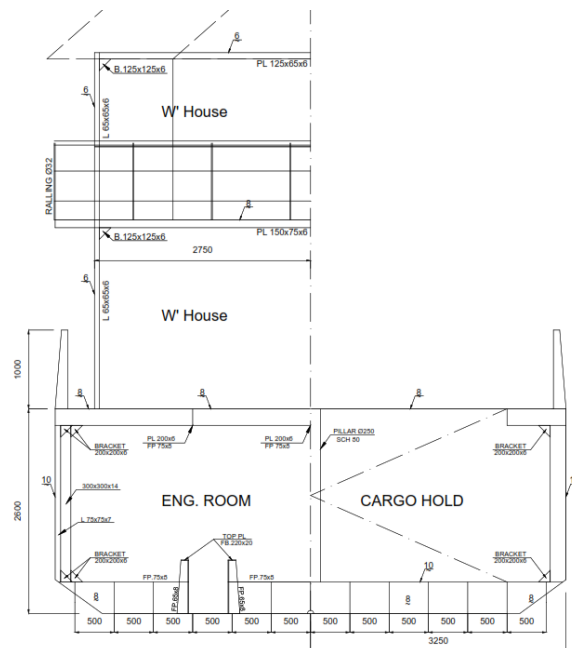
Salah satu kapal pengangkut sampah yang beroperasi di Sungai Ciliwung tidak lagi mampu memenuhi kebutuhan operasional secara optimal, sehingga dilakukan modifikasi pada ukuran kapal dan penambahan *crane* dengan kapasitas angkut 3 ton. Dimensi kapal mengalami perubahan dari panjang 25 m dan lebar 6 m menjadi panjang 30 m dan lebar 6,5 m dengan tujuan meningkatkan kapasitas muatan serta efisiensi proses bongkar muat. penambahan *crane* dipilih karena dapat mempercepat proses bongkar muat dan memudahkan pengangkatan sampah di area yang tidak bisa dijangkau oleh *conveyor* bawaan kapal seperti sampah yang berada di sisi samping kapal, dan sampah yang mempunyai dimensi yang besar. Akan tetapi penambahan *crane* pada kapal tersebut menimbulkan beban tambahan yang harus dianalisis, khususnya beban statis yang bekerja secara permanen pada struktur kapal.

(Rawson & Tupper, 2001) menjelaskan bahwa struktur geladak standar kapal dirancang berdasarkan asumsi distribusi beban yang merata, sehingga penambahan beban statis terpusat memerlukan evaluasi ulang terhadap sistem penyangga di bawahnya. Apabila tidak dilakukan penguatan, beban statis *crane* dapat menyebabkan deformasi berlebih atau bahkan kegagalan struktur lokal. Dalam penelitian ini, data yang diperoleh dari galangan menunjukkan bahwa ukuran dan dimensi profil struktur yang digunakan masih sama dengan kondisi kapal sebelum dilakukan modifikasi, sehingga diperlukan analisis kekuatan struktur untuk memastikan keamanan setelah penambahan *crane*.



Gambar 1.3 Midship Sections Sebelum di modif

Sumber : (Perusahaan)



Gambar 1.4 Midship Sections sesudah dimodifikasi

(Sumber: Perusahaan)

Metode numerik *Finite Element Methode (FEM)* menjadi alat utama dalam kajian struktur kapal yang kompleks, karena kemampuan permodelan nya yang detail dan akurat terhadap distribusi tegangan dan deformasi.

Beberapa penelitian telah menggunakan *FEM* untuk menganalisis kekuatan struktur kapal akibat pembebanan yang kompleks. Misalnya, (Firmansyah & Pranatal, 2025) melakukan analisis struktur dek akibat penambahan *boat crane* pada kapal *Fast Utility* sepanjang 40 meter menggunakan *FEM*, dan menemukan bahwa penambahan *crane* memberikan pengaruh signifikan terhadap distribusi tegangan dan deformasi pada dek kapal. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *FEM* merupakan pendekatan yang tepat untuk mengevaluasi kekuatan struktur kapal yang mengalami modifikasi beban statis akibat penambahan *crane*. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan Analisis Kekuatan Akibat Penambahan *crane* Pada Kapal Pengangkut Sampah Menggunakan Metode *FEM*, sebagai upaya untuk mengetahui distribusi tegangan dan deformasi pada struktur kapal, serta mengidentifikasi area dengan konsentrasi tegangan tinggi yang berpotensi memicu kegagalan struktural.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan suatu analisis kekuatan struktur akibat penambahan *crane* pada kapal pengangkut sampah guna mengevaluasi kemampuan struktur kapal dalam menahan beban statis yang bekerja. Analisis ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan penguatan struktur serta memastikan kapal tetap aman, andal, dan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan *crane* terhadap kekuatan struktur kapal pengangkut sampah?
2. Bagaimana distribusi beban statis *crane* terhadap elemen struktur kapal, khususnya struktur penumpu di bawahnya?
3. Apakah tegangan yang terjadi pada struktur akibat beban statis *crane* masih berada di bawah tegangan izin material kapal?

4. Apakah diperlukan penguatan struktur pada area fondasi akibat penambahan *crane* tersebut?
5. Berapa nilai *Safety Factor* pada struktur fondasi *crane* tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan di dalam penelitian ini lebih terarah dan tidak meluas, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Analisis kekuatan struktur ini menggunakan Metode Elemen Hingga (*FEM*)
2. Analisis kekuatan struktur dibatasi pada struktur lokal di sekitar fondasi *crane*, yaitu plat geladak, penampang memanjang, dan penampang melintang.
3. Penelitian ini tidak mempertimbangkan beban dinamis, beban muatan, kelelahan, dan pengaruh gelombang.
4. Posisi lengan *crane* divariasikan dengan sudut 0° , 45° , dan 90°
5. Studi kasus ini menggunakan kapal pengangkut sampah dengan ukuran: Panjang 25 meter, lebar 6 meter tinggi 2,3 meter, sarat 1,5 meter, tanpa *crane*, menjadi panjang 30 meter, lebar 6,5 meter, tinggi 2,6 meter, sarat 1,7 serta *crane* dengan kapasitas 3 ton.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui Pengaruh penambahan *crane* terhadap kekuatan struktur kapal pengangkut sampah.
2. Mengetahui distribusi beban statis *crane* terhadap struktur kapal, khususnya struktur penumpu di bawahnya.
3. Mengevaluasi apakah struktur kapal mampu menahan beban statis *crane* sesuai dengan batas izin tegangan material.
4. Menentukan kebutuhan penguatan struktur pada area fondasi *crane* agar kapal tetap memenuhi persyaratan keselamatan dan kekuatan struktur.
5. Mengetahui nilai *Safety factor* pada struktur fondasi *crane*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Menambah literatur ilmiah di bidang teknik perkapalan, khususnya di bidang analisis struktur kapal menggunakan metode *Finite Element Methode (FEM)*.
2. Memberikan gambaran teknis mengenai pengaruh penambahan *crane* terhadap kekuatan struktur kapal. Hasil analisis ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan, evaluasi, dan pengambilan keputusan terkait kebutuhan penguatan struktur kapal agar tetap memenuhi persyaratan keselamatan dan keandalan struktural.
3. Penelitian ini diharapkan bisa menjadi acuan bagi galangan kapal dan perencana dalam melakukan modifikasi kapal khususnya penambahan *crane* di atas geladak. Informasi mengenai distribusi tegangan dan area kritis struktur dapat membantu dalam meminimalkan resiko kegagalan struktur serta mendukung penerapan standar klasifikasi dan peraturan keselamatan yang berlaku.

1.6 Metode Penyelesaian

Metode penyelesaian dari penelitian tersebut antara lain:

1.6.1 Studi Literatur

Tahap awal penelitian ini diawali dengan studi literatur yang bertujuan untuk referensi yang relevan, meliputi konsep kapal pengangkut sampah, karakteristik beban statis *crane*, teori kekuatan struktur kapal, serta prinsip dasar dan penerapan *FEM*. Literatur diperoleh dari jurnal ilmiah, berita, serta pedoman klasifikasi yang terkait dengan struktur kapal dan pemasangan *crane*.

1.6.2 Pengumpulan Data

Selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang diperlukan sebagai dasar analisis. Data tersebut meliputi data utama kapal seperti ukuran utama kapal dan konfigurasi struktur kapal, spesifikasi material, serta data teknis *crane* yang mencakup berat *crane*, kapasitas

angkat 80 persen SWL, dan posisi pemasangan *crane* di atas kapal. Data ini digunakan untuk mensimulasikan kondisi struktur kapal sebelum dan sesudah penambahan *crane* secara realistis dalam model analisis.

1.6.3 Permodelan Geometri

Permodelan geometri dilakukan secara tiga dimensi menggunakan perangkat lunak Rhino. Permodelan difokuskan pada struktur lokal di sekitar pondasi *crane*, yang mencakup plat geladak, profil, penampang memanjang dan penampang melintang.

1.6.4 Penginputan *Boundary Condition*

Tahap ini merupakan proses penginputan spesifikasi material yang digunakan pada kapal, *boundary condition* diterapkan pada model *FEM* untuk mempresentasikan keterikatan struktur kapal. Selanjutnya, pembebanan statis *crane* diterapkan pada area fondasi *crane* sesuai dengan kondisi operasional yang ditinjau. Beban statis yang dianalisis meliputi berat *crane* sendiri, serta beban angkat 80% dari beban maksimum dalam kondisi diam. Beban tersebut dimodelkan sebagai beban terdistribusi atau beban terpusat sesuai dengan karakteristik aktual pemasangan *crane*.

1.6.5 Proses *Meshing & Solving*

Proses *meshing* dilakukan dengan membagi model struktur menjadi elemen-elemen kecil (*mesh*). Ukuran elemen dibuat lebih halus pada area fondasi *crane* untuk memperoleh hasil distribusi tegangan yang lebih akurat, khususnya pada daerah yang berpotensi mengalami konsentrasi tegangan. Analisis *FEM* dilakukan untuk memperoleh hasil berupa distribusi tegangan dan deformasi struktur akibat beban statis *crane*.

1.6.6 Evaluasi

Hasil analisis kemudian dievaluasi dengan membandingkan nilai tegangan maksimum dengan tegangan izin yang terjadi pada struktur terhadap tegangan izin material yang telah diatur oleh badan

klasifikasi. Evaluasi ini bertujuan untuk menentukan apakah struktur kapal berada dalam kondisi aman setelah penambahan *crane*. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, dilakukan proses interpretasi terhadap perilaku struktur dan identifikasi area kritis yang memerlukan perhatian khusus, tahap akhir penelitian adalah penarikan kesimpulan serta menyusun rekomendasi teknis terkait kebutuhan penguatan struktur agar kapal tetap memenuhi persyaratan kekuatan dan keselamatan.