

SKRIPSI

**ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR PROPELLER KAPAL
SABUK NUSANTARA**

Disusun dan diajukan oleh :

**YUSRIL MUHAMMAD RAFLI
D031 19 1038**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR PROPELLER KAPAL
SABUK NUSANTARA

Disusun dan diajukan oleh

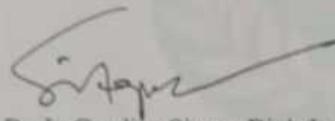
YUSRIL MUHAMMAD RAFLI
D031191038

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 27 November 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

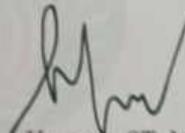
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl.-Ing
NIP 19600425 198811 1 001



Hamzah, ST, MT
NIP 19800618 200501 1 004

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Siladad Baso, ST, MT
NIP 19730206 20012 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :
Nama : Yusril Muhammad Rafli
NIM : D031191038
Program Studi : Teknik Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

[Analisis Kekuatan Struktur Propeller Kapal Sabuk Nusantara]

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 27 November 2023

Menyatakan

Yusril Muhammad Rafli



ABSTRAK

YUSRIL MUHAMMAD RAFLI. *Analisis Kekuatan Struktur Propeller Kapal Sabuk Nusantara* (dibimbing oleh Ganding Sitepu dan Hamzah)

Kapal Perintis merupakan program Pemerintah untuk menghubungkan kawasan 3T (Terdepan, Terluar, dan Tertinggal) dengan daerah yang sudah berkembang atau maju. Menghubungkan daerah yang secara eksisting dilayani oleh moda transportasi lain yang belum memadai serta menghubungkan daerah yang belum menguntungkan secara komersial untuk dilayani para pelaksana kegiatan angkutan laut dan SDP (sungai, danau, penyeberangan). Dalam melaksanakan tugasnya, tercatat dalam setahun ada lebih dari 30 masalah yang sering terjadi dalam pengoperasian Kapal Sabuk Nusantara. Adapun dari lebih 30 kasus masalah yang sering dihadapi kapal Sabuk Nusantara, Tercatat ada lebih dari 5 kejadian yang berhubungan dengan propeller kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur propeller KM. Sabuk Nusantara dalam konteks tumpuan, beban yang bekerja, besar beban dan respon propeller kapal terhadap beban beban yang bekerja dari aspek kekuatan. Analisis yang digunakan adalah simulasi kuantitatif menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software ANSYS Workbench*. Berdasarkan hasil analisis pada propeller kapal diperoleh bahwa besar beban yang diberikan pada propeller akan memberikan respon pada propeller berupa tegangan, dimana semakin besar penambahan beban nya maka akan semakin besar nilai tegangannya. Tegangan maksimum terjadi saat kapal mencapai RPM maksimal dimana diperoleh nilai untuk tegangan von-Mises maksimum sebesar 87.28 Mpa. Untuk deformasi maksimum pada RPM maksimal sebesar 0.69 mm.

Kata Kunci: Propeller Kapal, Kapal Perintis, Sabuk Nusantara



ABSTRACT

YUSRIL MUHAMMAD RAFLI. *Strength Analysis of the Propeller Structure of the Sabuk Nusantara Ship* (supervised by Ganding Sitepu and Hamzah)

Perintis Ship is a Government program to connect 3T (Frontier, Outermost, and Disadvantaged) areas with developed or developed areas. Connecting areas that are existing served by other inadequate modes of transportation and connecting areas that are not yet commercially profitable to be served by the implementers of sea transportation activities and SDP (rivers, lakes, crossings). In carrying out its duties, it is recorded that in a year there are more than 30 problems that often occur in the operation of the Nusantara Belt Ship. As for the more than 30 cases of problems that are often faced by Sabuk Nusantara ships, it is recorded that there are more than 5 incidents related to ship propellers. This study aims to determine the propeller structure of KM. Sabuk Nusantara in the context of support, working load, load size and ship propeller response to the working load from the strength aspect. The analysis used is a quantitative simulation using the finite element method with the help of ANSYS Workbench software. Based on the results of the analysis on the ship propeller, it is obtained that the large load given to the propeller will give a response to the propeller in the form of stress, where the greater the additional load, the greater the stress value. The maximum stress occurs when the ship reaches the maximum RPM where the value for the maximum von-Mises stress is 87.28 Mpa. The maximum deformation at maximum RPM is 0.69 mm.

Keywords: Ship Propeller, Perintis Ship, Sabuk Nusantara



DAFTAR PUSTAKA

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR PUSTAKA	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penulisan	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2	4
2.1 Propeller	4
2.2 Hambatan Kapal	5
2.3 Material Propeller.....	6
2.4 Beban Propeller	6
2.4.1 Trust.....	7
2.4.2 Torsi.....	7
2.4.3 Gaya Senntifugal.....	7
2.5 Analisis Tegangan	8
2.5.1 Tegangan Von-Mises (Von-Mises Stress).....	8
2.5.2 Tegangan Geser (Shear Stress)	8
2.6 Metode Elemen Hingga.....	8
2.7 Perambatan Umum ANSYS	11
2.8	13
2.9 Analisis Penelitian	13



3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	13
3.3 Teknik Pengumpulan Data	13
3.3.1 Jenis Data.....	13
3.3.2 Teknik Pengambilan Data.....	13
3.4 Prosedur Penelitian.....	14
3.4.1 Studi Literatur	15
3.4.2 Pengolahan Data	15
3.5 Proses penyelesaian dengan software Ansys.....	15
3.5.1 Pre Processing.....	15
3.6 Diagram Alur Metodologi Penelitian	19
BAB 4	21
HASIL PENELITIAN.....	21
4.1 Tumpuan Propeller.....	21
4.2 Pembebanan	21
4.2.1 Thrust	24
4.2.2 Torsi	24
4.2.3 Sentrifugal Force.....	24
4.3 Pemodelan.....	25
4.4 Material Propeller.....	25
4.5 Pembebanan	25
4.6 Meshing.....	26
4.7 Analisis.....	27
4.7.1 Variasi RPM.....	27
4.8 Tegangan Von-Mises	29
4.9 Deformasi.....	30
BAB 5	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN.....	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Detail Propeller kapal Sabuk Nusantara.....	15
Gambar 2 Geometri Propeller Kapal.....	17
Gambar 3 Input Spesifikasi Material pada Propeller Kapal	17
Gambar 4 Meshing pada Propeller Kapal.....	18
Gambar 5 Notifikasi hasil running berhasil	19
Gambar 6 Alur <i>Flowchart</i> dari bentukan kerangka berfikir	20
Gambar 7 Detail tumpuan blade propeller.....	21
Gambar 8 Grafik Wageningen.....	21
Gambar 9 Arah pembebanan yang bekerja pada propeller.....	26
Gambar 10 Percobaan Meshing dengan beberapa variasi	27
Gambar 11 Tegangan Von-mises pada variasi 395 rpm	28
Gambar 12 Deformasi pada variasi 395 rpm.....	28
Gambar 13 Tegangan Von-mises pada variasi 435 rpm	29
Gambar 14 Deformasi pada variasi 435 rpm.....	29
Gambar 15 Tegangan Von-mises pada variasi 475 rpm	30
Gambar 16 Deformasi pada variasi 475 rpm.....	30
Gambar 17 Tegangan Von-mises pada variasi 515 rpm	31
Gambar 18 Deformasi pada variasi 515 rpm.....	31
Gambar 19 Tegangan Von-mises pada variasi 555 rpm	32
Gambar 20 Deformasi pada variasi 555 rpm.....	32
 ?1 Grafik perubahan tegangan von-mises.....	33
?2 Grafik perubahan deformasi.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Nilai K_t dan K_q	23
Tabel 2 Hasil perhitungan Thrust.....	24
Tabel 3 Hasil perhitungan Torsi.....	24
Tabel 4 Hasil Perhitungan Gaya Sentrifugal.....	25
Tabel 5 Data ukuran ketebalan untuk tiap jari jari R.....	26



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Syukur alhamdulillah penulis ucapkan atas berkat rahmat dan karunia Allah *subhanahu wa ta'ala* serta salam dan shalawat kepada Rasulullah *shallallahu 'alaihi wasallam*. Dengan segala ikhtiar yang dilakukan dan dengan digerakkannya hati dan pikiran penulis oleh Allah *subhanahu wa ta'ala* sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “**Analisis Kekuatan Struktur Propeller Kapal Sabuk Nusantara**”. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada jenjang strata satu Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dorongan dan dukungan moril berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih dan memberikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak **Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl-Ing**, selaku pembimbing I dan Bapak **Hamzah, S.T., M.T**, selaku pembimbing II yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis dalam proses pengerjaan tugas akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Orang tua dan saudara saudari tercinta ayahanda (**Muhammad Haspul**) dan Ibunda (**Andi Nurmin Said**), Ahmad Rifky Muflizar, Aqila Humairah, yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan serta motivasi kepada penulis
3. Ibu **Dr. Eng. A. Ardianti, S.T., M.T**, selaku dosen laboratorium struktur sekaligus dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran.
4. Bapak **Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., M.T**, selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Perkapalan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan.



n seperjuangan laboratorium struktur Indrawansyah, Fuad Iriandi, Amamsyi Anjali Jr., Inayah Magfira Anwar, Amanda Putri Ayudha, Putri

Dian Purnama, Musfaida, dan Irmawati yang telah memberi dukungan dan teman berbagi selama berada dilaboratorium struktur kapal.

7. Teman-teman Teknik Perkapalan 2019 yang telah memberikan semangat selama berkuliah dan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Semoga pihak yang membantu dalam penulisan tugas akhir mendapatkan pahala oleh Allah dan bermanfaat bagi semua pihak.

Gowa, Oktober 2023

Penulis



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal Perintis merupakan program Pemerintah untuk menghubungkan kawasan 3T (Terdepan, Terluar, dan Tertinggal) dengan daerah yang sudah berkembang atau maju. Menghubungkan daerah yang secara eksisting dilayani oleh moda transportasi lain yang belum memadai serta menghubungkan daerah yang belum menguntungkan secara komersial untuk dilayani para pelaksana kegiatan angkutan laut dan SDP (sungai, danau, penyeberangan).

Kapal Sabuk Nusantara merupakan kapal perintis milik Kementerian Perhubungan Direktorat Lalu Lintas dan Angkutan Laut, yang tersebar di seluruh Indonesia dengan total jumlah armada 116 kapal, dan dioperasikan berbagai perusahaan pelayaran. Kini kapal Sabuk Nusantara menjadi transportasi yang sangat membantu dan menguntungkan bagi kawasan daerah 3T dan masyarakatnya. Kapal Sabuk Nusantara melayani berbagai rute diseluruh wilayah indonesia, terbagi atas R-1 hingga R-116. Setiap kapal memiliki rute yang berbeda-beda. Adapun Sabuk Nusantara begitu di minati oleh kalangan masyarakat, dikarenakan tarif untuk Sabuk Nusantara terbilang sangat murah. Sehingga banyak masyarakat, dari seluruh indonesia lebih memilih Sabuk nusantara sebagai alternatif transportasi laut. (Kementerian perhubungan RI, 2023).

Dalam pengoperasiannya, Sabuk Nusantara tidak luput dari kendala kendala Teknis, yang menyebabkan terhambat nya arus transportasi di wilayah rute pelayaran Sabuk Nusantara tersebut. Berdasarkan, data dari Direktorat Lalu Lintas dan Angkutan Laut, dalam melaksanakan tugasnya, tercatat dalam setahun ada lebih dari 30 masalah yang sering terjadi dalam pengoperasian Sabuk Nusantara. Adapun dari lebih 30 kasus masalah yang sering dihadapi Sabuk Nusantara, Tercatat ada lebih dari 5 kejadian yang berhubungan dengan propeller kapal. Beberapa kapal perintis sebagai contoh KM. Sabuk Nusantara 92, dalam rentan 5 tahun terakhir, di tahun 2021 mengalami deformasi dalam pelayarannya yang belum diketahui pastinya, yang menjadikan KM. Sabuk Nusantara 92 harus melakukan Emergency Docking, yang menyebabkan arus pelayaran di rute KM. Sabuk Nusantara 92 menjadi terhambat. (Direktorat Lalu Lintas dan Angkutan Laut, 2022).



Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan “Analisis Kekuatan Struktur Propeller Kapal Perintis Sabuk Nusantara” untuk mengetahui penyebab kerusakan Propeller kapal tersebut dari aspek kekuatan dan deformasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada di atas, maka rumusan masalah dalam Penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bagaimana respon Propeller KM. Sabuk Nusantara terhadap beban – beban yang bekerja dari aspek kekuatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui:

respon Propeller KM. Sabuk Nusantara terhadap beban – beban yang bekerja dari aspek kekuatan

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dilakukan dengan maksud agar permasalahan yang di bahas tidak terlalu melebar, dalam pengerjaan Tugas Akhir ini batasan masalahnya antara lain :

1. Analisis hanya difokuskan pada kekuatan daun baling – baling dengan pertimbangan kekuatan yang bekerja
2. Analisis tidak melibatkan kondisi Material pada Propeller KM. Sabuk Nusantara
3. Analisis struktur menggunakan metode elemen hingga dengan aplikasi ANSYS

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang ingin dicapai dalam Penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai acuan dalam mengoptimalkan desain propeller KM. Sabuk Nusantara
2. Dapat digunakan sebagai referensi Penelitian dalam menganalisis tegangan propeller kapal



1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan alur penyusunan skripsi yang jelas dan memudahkan pembaca memahami uraian dan makna secara sistematis, maka skripsi ini disusun menjadi beberapa bagian, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN, diuraikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat Penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisikan landasan teori dan studi literatur yang berkaitan dengan topik Penelitian

BAB III METODOLOGI PENELITIAN, dalam bab ini dijelaskan jenis Penelitian yang digunakan untuk memperoleh data yang dibutuhkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, dalam bab ini disajikan hasil Penelitian yang diperoleh dari pengolahan data dan Penelitian.

BAB V PENUTUP, berisikan kesimpulan dari Penelitian dan saran-saran.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Propeller

Propeller adalah bagian yang sangat penting dalam menentukan olah gerak kapal. Propeller sendiri adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan gaya dorong yang berasal dari daya mesin yang di transmisikan melalui poros. Dengan kata lain propeller berfungsi merubah tenaga mesin menjadi dorongan sesuai dengan kombinasi RPM dan kecepatan. Propeller banyak digunakan dalam industri penerbangan, maritim, dan mesin energi. Berdasarkan mekanisme sistem pemegang blade propeller, ada dua jenis mekanisme yang umum dipakai, yaitu mekanisme tetap yang disebut Fixed Pitch Propeller (FPP) dan mekanisme yang dapat diatur sudut serangnya yang biasa disebut dengan Controllable Pitch Propeller (CPP) atau Variable Pitch Propeller (VPP). Mekanisme CPP lebih menguntungkan dibandingkan dengan mekanisme FPP, karena pada CPP dapat dihasilkan daya dorong yang bervariasi dengan putaran propeller yang konstan. (Gumoto, 2012).

a) Controlable pitch propeller (CPP)

Controllable Pitch Propeler adalah propeler yang dapat mengubah/ mengatur pitch propelernya. Pitch adalah jarak aksial yang ditempuh/diambil oleh propeler pada satu kali putaran penuh. Propeller dengan sudut daun yang besar berlaku sebaliknya. Propeller akan menggerakkan kapal dengan jarak yang besar pada setiap putarannya (kapal bergerak maju dengan cepat). Hal tersebut membutuhkan power yang besar untuk menggerakkan propeler, dan menyebabkan kecepatan putar propeler rendah. Hal tersebut sama dengan gear (gigi) rendah pada mobil. (Surjo W. Adji 2006)

Controllable Pitch Propeler sering digunakan pada beberapa kapal – kapal sailing vessels, motor boat, dan pada power boat atau kapal pelayaran jarak jauh. Selain itu, juga sering digunakan pada kapal ferry, trawler, tugboat, dan kapal ikan. Penggunaan Control Pitch Propeller (CPP) pada kapal sailing vessels ataupun



boat, akan membantu untuk mengakomodasikannya secara luas dengan jenis mesin yang disesuaikan dengan kebutuhan. Apakah saat layar ; ataupun tidak, apakah saat berombak atau tidak, ataupun saat simply

powering. Keuntungan terbesar adalah bahwa banyak unit Control Pitch akan memperbolehkan untuk memutar propeler secara penuh, dengan tujuan untuk mengeliminasi drag dari propeller. (J. S. Carlton 2007).

b) Fixed pitch propeller (CPP)

Fixed Pitch Propeller (FPP) lebih efisien dibanding Control Pitch Propeller (CPP) ,namun hal tersebut hanya dapat dibandingkan jika kapal dalam kondisi rpm dan beban yang sama. Pada satu kondisi rpm dan beban tetap, FPP dapat menyerap semua power yang dihasilkan oleh mesin. Namun pada tingkat rpm dan beban yang berbeda, FPP tidak lagi bisa menyerap semua power yang dihasilkan mesin. Ini dikarenakan pengaturan pitch pada FPP tidak dapat fleksibel, dalam artian FPP tidak bisa diatur pitchnya untuk menyesuaikan beban yang ada. Pitch pada FPP tidak dapat diatur lebih besar ataupun lebih kecil. Namun berbeda dengan Control Pitch Propeller (CPP), CPP dapat menyesuaikan pitchnya (pitch dapat dirubah) apabila terjadi perubahan keadaan rpm dan perubahan beban yang dipengaruhi oleh keadaan pada saat berlayar. Suatu Control Pitch Propeller (CPP) dapat efisien pada cakupan rpm dan beban yang luas , karena pitch disini dapat diatur besarnya. Penyesuaian pitch ini berfungsi agar propeller dapat menyerap semua power yang dihasilkan mesin, saat terjadi perubahan rpm pada waktu berlayar. (Surjo W. Adji 2005).

2.2 Hambatan Kapal

Hambatan kapal merupakan suatu gaya fluida yang bekerja pada kapal akibat interaksi antara kapal dan fluida dengan sedemikian rupa melawan gerakan kapal tersebut. Bila suatu kapal bergerak diobservasi maka akan terlihat gelombang dan wake yang ditimbulkan. Gaya dari gelombang dan wake tersebut terdiri dari berbagai komponen yang mencakup drag dan hambatan gelombang (wavemaking resistance). Drag adalah selisih antara hambatan total dan hambatan gelombang, dimana hambatan gelombang diasumsikan tidak terpengaruh secara signifikan oleh kekasaran permukaan. Hambatan yang menyusun drag terbagi menjadi hambatan gesek (frictional resistance) dan hambatan tekanan viskos (Zhafir Tri Setiabudi,



esaran hambatan kapal secara nyata sulit diukur dari kapal sesungguhnya ε), bahkan dapat dikatakan tidak dapat diukur dari kapal dalam skala 1 : 1,

sehingga di samping formula empiris, pengukuran hambatan kapal dalam perancangan kapal pada umumnya dilakukan melalui pengujian subskala model. Pengukuran hambatan kapal di kondisi air tenang biasanya berupa penggabungan dari beberapa besaran komponen hambatan, di mana antar komponen hambatan ini saling berinteraksi, namun sangat sulit diukur secara sendiri-sendiri. Formulasi empiris hambatan kapal seperti yang diusulkan oleh Holtrop mampu mengadopsi beberapa komponen hambatan kapal, sehingga jika dibandingkan dengan formulasi empiris lainnya hasil perhitungannya jauh lebih teliti. Para ahli bangunan kapal senantiasa menganjurkan bahwa pemahaman terhadap komponen hambatan kapal akan menghasilkan perkiraan besaran hambatan kapal yang lebih teliti. (Bagus Gelis Pratama, 2020)

2.3 Material Propeller

Propeller hampir dimonopoli oleh paduan tembaga, dan yang paling banyak digunakan adalah nikel aluminium perunggu (CU3). Propeller merupakan bagian penting pada kapal. Pemilihan bahan baku pembuatan Propeller yang tepat sangat berpengaruh terhadap kinerjanya. Sejak lama, paduan tembaga dan perunggu nikel-aluminium selalu menjadi pilihan utama dan banyak digunakan sebagai bahan Propeller laut. Alasan utamanya adalah: (1) Paduan tembaga memiliki kinerja ketahanan korosi yang baik, yang pada dasarnya dapat memenuhi persyaratan Propeller di air laut; (2) Titik leleh paduan tembaga sangat rendah sehingga nyaman untuk peleburan dan pengecoran. Benda pengecoran tidak perlu diberi perlakuan panas, dan mudah untuk diselesaikan dengan pemesinan dan digunakan. (Robin Zhang, 2023)

2.4 Beban Propeller

Beban dapat dibagi atas beberapa jenis berdasarkan daerah pembebanannya, yaitu : Beban terpusat, Pembebanan yang diberikan secara terpusat dan berada pada satu titik dari suatu material. Beban terpusat ini daerah pembebanannya sangat kecil dibandingkan dengan beban terdistribusi. Beban terdistribusi, Beban terdistribusi adalah jenis pembebanan yang daerah beban yang diberikan secara merata pada bagian batang. Ada juga jenis pembebanan yang diklasifikasikan dari sistem kerjanya, yaitu Pembebanan secara dinamik yaitu jenis pembebanan yang dipengaruhi oleh fungsi waktu. Besarnya pembebanan dinamik



ini tidak tetap. Pembebanan secara statik adalah jenis pembebanan yang tidak dipengaruhi oleh waktu, besarnya beban yang diberikan adalah konstan (Kurniawan, 2014)

2.4.1 Trust

Trust adalah gaya dorong yang dihasilkan dari perputaran propeller yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$T = K_t \times \rho \times n^2 \times d^4 \quad (2.1)$$

Dimana : K_t = coefisien Thrust

ρ = Desity of Water (kg/m^3)

N = rotation of Propeller (Rps)

D = diameter Of Propeller (m)

2.4.2 Torsi

Torsi adalah suatu pemuntiran sebuah batang yang diakibatkan oleh kopel (couples) yang menghasilkan perputaran terhadap sumbu longitudinalnya. torsi dihasilkan dari perputaran propeller. Torsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$Q = K_q \times \rho \times n^2 \times d^5 \quad (2.2)$$

Dimana : K_q = coefisien Torque

ρ = Desity of Water (kg/m^3)

N = rotation of Propeller (Rps)

D = diameter Of Propeller (m)

2.4.3 Gaya Senntifugal

Gaya sentrifugal adalah efek semu yang timbul saat benda melakukan gerak melingkar menjauhi pusat. Gaya Sentrifugal dapat dihitung dengan menggunakan



n berikut :

$$s = m \times a_s \quad (2.3)$$

$$s = \omega^2 \times y \quad (2.4)$$

$$\omega = 2\pi \times n \quad (2.5)$$

Sehingga gaya sentrifugal dapat dituliskan menjadi

$$F_s = 2\pi^2 \times m \times y \times n^2 \quad (2.6)$$

Dimana : m = Berat Propeller (Kg)

y = Center Of Gravity (m)

n = rotation of Propeller (Rps)

2.5 Analisis Tegangan

Tegangan (stress) didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada permukaan benda dalam satuan luas. Tegangan disebut juga intensitas gaya (yaitu gaya per satuan luas) dan satuan Standar Internasional untuk tegangan normal adalah Newton per meter kuadrat (N/m²) atau Pascal (Pa) (Gross dkk, 2018).

2.5.1 Tegangan Von-Mises (Von-Mises Stress)

Analisis menggunakan perangkat lunak elemen hingga memiliki kelebihan yaitu dapat menghasilkan nilai tegangan Von Mises atau tegangan ekuivalen, yaitu jenis tegangan yang mengakibatkan kegagalan pada struktur material yang dirumuskan oleh penemunya yang bernama Von Mises. Untuk penentuan tegangan Von Mises, terlebih dahulu menghitung tegangan utama yang bekerja pada struktur dengan menggunakan persamaan diatas, setelah tegangan utama ditemukan maka tegangan Von Mises bisa didapatkan dengan persamaan (Singley, 2004):

$$\sigma = \{[\sigma_1 - \sigma_2]^2 + [\sigma_2 - \sigma_3]^2 + [\sigma_3 - \sigma_1]^2\}^{1/2} \quad (2.7)$$

2.5.2 Tegangan Geser (Shear Stress)

Apabila sebuah batang berpenampang lingkaran mengalami momen puntir sebesar T , maka akan terjadi tegangan geser puntir pada pada setiap elemen kecil dA pada penampang. Tegangan geser puntir terbesar terjadi pada sisi terluar penampang. Dengan mengambil persamaan kesetimbangan gaya luar terhadap gaya dalam pada suatu irisan penampang. (Singley, 2004).



Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknis berupa persamaan matematis dengan

menggunakan rumus integral dalam sistem aljabar linear dan nonlinear dengan tingkat ketelitian yang cukup akurat (Susatio, 2004).

Konsep Dasar Metode Elemen Hingga adalah metode numerik yang dapat digunakan untuk mencari solusi akurat pada permasalahan teknik yang kompleks (Rao, 2005). Konsep dasar dari metode ini adalah diskritisasi yaitu membagi benda menjadi bentuk-bentuk yang lebih kecil di mana masih mempunyai sifat yang sama seperti benda penyusunnya. Metode ini banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis dari suatu gejala fisis. Tipe masalah teknis dan matematis fisis yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga terbagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok analisa struktur dan kelompok masalah-masalah non struktur. Tipe-tipe permasalahan struktur meliputi analisa tegangan (stress), buckling, dan getaran, sedang permasalahan non struktur meliputi perpindahan panas dan massa, mekanika fluida, dan distribusi dari potensial listrik dan potensial magnet. Suatu struktur benda atau daerah yang akan dianalisis dilakukan dengan cara membagi struktur menjadi sejumlah besar bentuk yang dinyatakan sebagai elemen. Elemen dapat berupa garis lurus, segitiga, segiempat, tetrahedral dan quadrilateral. Diskritisasi akan menghasilkan sejumlah elemen dan simpul. Simpul diberi nomor demikian pula elemen sehingga diperoleh informasi elemen (Wang, dkk, 2004).

Fungsi interpolasi digunakan untuk mencari besaran-besaran yang belum diketahui seperti tegangan atau regangan pada elemen serta mewakili sifat solusi dalam sebuah elemen. Fungsi interpolasi jenis polinomial adalah yang paling banyak digunakan karena lebih mudah untuk memformulasikan dan menghitung persamaan elemen hingga, khususnya untuk perhitungan diferensial dan integral. Elemen hingga dapat dikategorikan dalam tiga kategori elemen, yaitu elemen simplex, elemen complex dan elemen multiplex. Penggunaan elemen ini bergantung pada geometri dan ordo polinomial yang digunakan pada fungsi interpolasi, sehingga perhitungan dapat menjadi lebih efisien. Gaya yang bekerja pada struktur difungsikan sebagai variabel yang harus dicari dalam metode ini.



in keseimbangan digunakan untuk memperoleh persamaan pengatur.
n persamaan lainnya didapat dengan memberikan syarat kompatibilitas.
kekakuan/perpindahan. Perpindahan titik simpul digunakan sebagai

variabel yang harus dicari dalam metode ini. Syarat kompatibilitas mewajibkan elemen yang berhubungan akan tetap terhubung setelah mengalami deformasi. Metode kekakuan lebih menguntungkan untuk keperluan komputasi karena formulasi untuk masalah struktur lebih sederhana dibanding fleksibilitas. Langkah-langkah penyelesaian metode elemen hingga berdasarkan metode kekakuan adalah sebagai berikut : (Kurniawan, 2014)

1. Pembagian dan pemilihan jenis elemen

Pada tahap ini, struktur material akan dipecah menjadi suatu sistem elemen - elemen hingga. Penentuan jenis elemen dilakukan agar model yang dibuat dapat mewakili bentuk dan sifat benda sebenarnya. Pemilihan jenis elemen bergantung pada kondisi benda dan pembebanannya.

2. Pemilihan fungsi perpindahan

Fungsi perpindahan pada elemen ditentukan menggunakan nilai atau koordinat titik simpul elemen. Fungsi perpindahan elemen 2 Dimensi ditentukan dengan fungsi koordinat dalam elemen tersebut.

3. Tentukan hubungan strain/displacement dan stress/strain

Hubungan strain/displacement dan stress/strain penting dalam penurunan persamaan tiap-tiap elemen hingga. Untuk kasus deformasi dalam arah sumbu x hubungan strain (regangan) ϵ_x dengan displacement dinyatakan dengan

$$\epsilon_x = d_u / d_x \quad (2.8)$$

4. Penurunan matriks dan persamaan kekakuan elemen

Matriks dan persamaan kekakuan elemen diturunkan dari konsep koefisien pengaruh kekakuan yang digunakan dalam analisis struktur.

5. Penggabungan persamaan elemen untuk mendapatkan persamaan global total dan penetapan syarat batas



Setelah persamaan elemen diperoleh, maka selanjutnya digabungkan dengan superposisi berdasarkan kesetimbangan gaya pada titik simpul. Persamaan akan menghasilkan persamaan global. Persamaan global dapat dituliskan matriks berikut :

$$\{F\} = [K]\{d\} \quad (2.9)$$

Dimana :

$\{F\}$ = vektor gaya global pada titik simpul

$[K]$ = matriks kekakuan global struktur

$\{d\}$ = vektor perpindahan titik simpul

6. Penyelesaian persamaan global

Dengan menerapkan syarat batas diperoleh persamaan simultan yang ditulis dalam matriks Tegangan dan regangan didapatkan dari persamaan pada tahap ke-3. sehingga tegangan elemen dapat diperoleh.

7. Interpretasi hasil

Langkah terakhir adalah menginterpretasikan atau menganalisis hasil yang didapat untuk digunakan dalam proses perancangan selanjutnya. Metode elemen hingga dapat dipakai untuk memecahkan berbagai masalah. Daerah yang dianalisis dapat mempunyai bentuk, beban, dan kondisi batas yang sembarang. Jaringan-jaringnya bisa terdiri dari elemen dengan jenis, bentuk, dan ukuran yang berbeda. Kemudahan penggunaan tersebut tergabung pada satu program komputer serbaguna, yaitu dengan menyediakan data seperti jenis, geometri, kondisi batas, elemen, dan sebagainya. Beberapa software computer untuk analisis menggunakan elemen hingga diantaranya STAAD-PRO, GT-STRUDEL, NASTRAN, dan ANSYS

2.7 Gambaran Umum ANSYS

Penggunaan perangkat lunak (software) analisis elemen hingga di industri saat ini sangat beragam sesuai dengan bidang disiplin ilmu masing-masing, salah satunya juga di bidang mechanical engineering. Perangkat lunak yang sering digunakan untuk permasalahan seperti ini salah satunya adalah CAD dan CAE. CAD (Computer Aided Design) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk perancangan teknik yang cepat dan akurat dan CAE (Computer Aided Engineering) perangkat lunak yang digunakan untuk proses analisis dan simulasi kekuatan dan desain yang mudah dan efektif. Penggunaan perangkat lunak analisis elemen hingga sangat berguna untuk permasalahan geometri, pembebanan, dan sifat material (material properties) yang rumit di mana solusi analisis eksak



sangat sulit didapatkan. Perangkat lunak analisis elemen hingga kebanyakan digunakan untuk analisis struktur, termal, dan fluida tetapi secara luas dapat diterapkan untuk jenis simulasi dan analisis yang lain (Ghodake dan Patil, 2013)

a) ANSYS

ANSYS adalah salah satu perangkat lunak yang sangat berguna dan memiliki banyak fungsi sebagai perangkat analisis dan dapat digunakan di berbagai disiplin ilmu engineering. ANSYS juga banyak digunakan untuk mensimulasikan berbagai disiplin ilmu fisika baik statis maupun dinamis, analisis struktur (linier dan nonlinier), perpindahan panas, dinamika fluida, dan elektromagnetik untuk para engineer (Nakasone, dkk, 2006: 37).

b) Cara Kerja ANSYS

ANSYS bekerja menggunakan metode elemen hingga. Analisis yang dilakukan pada objek dengan dilakukan diskritasi atau membagi objek menjadi bagian-bagian yang lebih kecil (elemen) dalam jumlah terbatas elemen hingga. Hasil dari analisis ANSYS ini berupa hasil pendekatan dengan menggunakan analisis numerik di mana tingkat ketelitiannya sangat bergantung pada cara memecah objek (model) dan menggabungkannya. Menurut Madenci dan Guven (2006: 26) tahapan analisis elemen hingga dengan menggunakan ANSYS adalah melalui 3 tahapan sebagai berikut:

1) Model Generation

- (a) Model Penyederhanaan / Idealisasi
- (b) Menentukan Bahan / Sifat Material
- (c) Menghasilkan Model Elemen Hingga

2) Solusi

- (a) Tentukan Kondisi Batas
- (b) Menjalankan analisis untuk mendapatkan solusi

3) Hasil Ulasan

- (a) Plot / daftar hasil
- (b) Pemeriksaan Validitas.

