

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Sugiyono (2010: 54) mengatakan bahwa landasan teori adalah alur logika atau penalaran yang merupakan seperangkat konsep, definisi, dan proporsi yang disusun secara sistematis. Suatu penelitian baru tidak bisa terlepas dari penelitian yang terlebih dahulu sudah dilakukan oleh peneliti yang lain.

2.1.1 Alat Pengangkat Barang Berat (*lifter*)

Alat pengangkat barang berat (*lifter*) adalah alat yang digunakan untuk menggantikan tenaga manusia ketika mengangkat dan memindahkan barang yang sangat berat. Peralatan ini tidak hanya membuat pekerja aman, tetapi juga mempercepat pekerjaan dan meningkatkan produktivitas (Asheforklift, 2022).

Menurut (Putra et al., 2019) *Lifter* adalah seperangkat alat yang digunakan untuk mengangkut barang di dalam gudang secara vertikal yaitu dapat dipindahkan dengan menggunakan roda dan horizontal yaitu proses naik turun barang menggunakan mesin listrik. Alat pengangkat memiliki berbagai jenis dan melakukan berbagai tugas, salah satunya adalah sebagai berikut.

a. *Crane*

Crane adalah alat berat yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan barang berat. Alat berat ini memiliki desain khusus dengan tiang pengangkat yang dapat berputar 360 derajat dan dapat menjangkau barang dari jarak jauh. Terdapat tali dan pengait di ujung *crane* yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan barang (Asheforklift, 2022).



Gambar 2.1 *Crane*

(Sumber: Ness Campbell, 2020)

b. *Scissor lift*

Scissor lift adalah suatu alat berat yang dilengkapi dengan *Pump Hydraulic* dan juga *Battery* untuk dapat dioperasikan. Umumnya yang menggunakan alat ini adalah perusahaan pada bidang proyek bangunan atau untuk membersihkan bangunan-bangunan tinggi. Agar memudahkan para pekerja proyek ketika menjangkau tempat-tempat yang tinggi.



Gambar 2.2 *Scissor Lift*

Sumber: Garuda QHSE, 2020

c. *Forklift*

Forklift (bahasa lainnya truk angkat, truk garpu, atau *forklif*) adalah suatu alat/kendaraan yang menggunakan garpu atau *clamp* dipasang pada *mast* untuk mengangkat, menurunkan dan memindahkan suatu benda berat dari satu tempat ke tempat (Ahmad, 2020)



Gambar 2.3 *Forklift*

Sumber: Traktor Nusantara, 2020

d. *Webbing Sling*

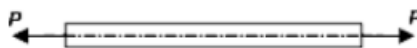
Alat ini berupa tali atau *harness* yang kuat. Ada banyak bentuk tali pengangkat yang bisa disesuaikan dengan bentuk barang sehingga barang bisa diangkat dengan mudah oleh dua orang atau lebih. Tali penarik ini membantu mengurangi beban pada punggung sehingga orang yang mengangkat barang tidak mengalami cedera punggung. Selain itu, tali pengangkat juga membuat barang tetap stabil ketika diangkat dan dipindahkan sehingga mengurangi resiko barang rusak dan juga cedera pada karyawan (Asheforklift, 2022).

2.1.2 Dasar-dasar Pembebanan

Dasar pembebanan pada elemen mesin adalah beban (gaya) aksial, gaya geser murni, torsi dan bending. Setiap gaya yang menghasilkan tegangan pada elemen mesin, dan juga deformasi, artinya memiliki perubahan bentuk. Dalam hal ini tegangan yang dibahas berupa tegangan normal dan tegangan geser. Gaya aksial menghasilkan tegangan normal, sedangkan torsi dan gaya geser menghasilkan tegangan geser (Suyuti, 2018).

1. Gaya Aksial

Sebuah balok pada gambar 2.4 dibebani Tarik sepanjang axis oleh gaya (P) pada tiap ujungnya. Balok ini mempunyai penampang yang seragam dan luas penampang (A) yang konstan.



Gambar 2.4 Gaya Aksial Pada Balok

Sumber: Sayuti, 2019

a. Tegangan normal

Dua buah gaya P menghasilkan beban Tarik sepanjang axis balok, menghasilkan tegangan normal Tarik σ sebesar:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Dimana: σ = tegangan normal Tarik (N/m^2)

P = gaya (N)

A = luas penampang (m^2)

b. Regangan

Gaya aksial pada gambar 2.4. juga menghasilkan regangan aksial (ε):

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} \quad (2.2)$$

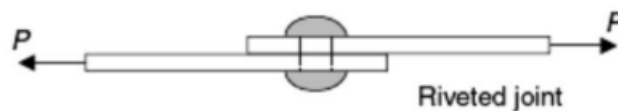
Dimana: ε = regangan aksial

δ = deformasi (cm)

L = panjang balok (m)

2. Geser Murni

Sambungan balok dengan paku keling tunggal seperti pada gambar 2.5 ditunjukkan dibawah ini.



Gambar 2.5 Gaya Geser Murni

Sumber: Suyuti, 2018

a. Tegangan normal

Jika keling dipotong pada bagian tengah sambungan untuk mendapatkan luas penampang A dari keling, kemudian menghasilkan diagram bebas pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Diagram Benda Bebas

Sumber: Suyuti, 2018

Gaya geser (V) memberikan aksi pada bagian penampang keling dan oleh keseimbangan statis sama dengan besarnya gaya P . Tegangan geser (τ) dalam keling adalah:

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{P}{A_{\text{keling}}} \quad (2.4)$$

Dimana: τ = tegangan geser (N/m^2)

V = gaya geser (N)

A = luas penampang (m)

P = gaya (N)

A_{keling} = Luas penampang keling (m^2)

Satuan tegangan geser sama dengan tegangan normal, yaitu *pound per square inch* (psi) dan N/m^2 atau *Pascal* (Pa) (Suyuti, 2018).

b. Momen

Gaya yang bekerja pada benda akan menghasilkan suatu efek perpindahan atau gerakan. Besar dan arah efek yang dihasilkan oleh gaya pada suatu benda tergantung pada letak garis kerja gaya yang diberikan (Firmansyah & Pranoto, 2019)

$$M = F \cdot x \quad (2.5)$$

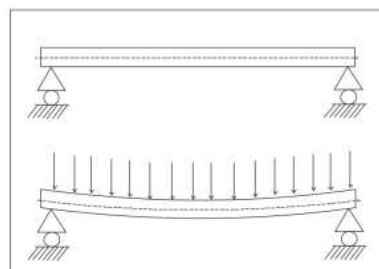
M = moment gaya bekerja NM

F = Gaya yang bekerja N

X = panjang lengan M

c. Defleksi/Lendutan

Defleksi adalah perubahan suatu bentuk pada objek dalam arah y akibat adanya pemberian beban vertikal yang ditujukan pada balok atau batang. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi seperti pada gambar.



Gambar 2.7 Deformasi Pada Balok

Sumber: Firmansyah & Pranoto, 2019

Untuk setiap batang yang ditumpu akan melendut atau melengkung apabila diberikan beban yang cukup besar dan melebihi beban maksimal. adanya lengkungan maka kerja poros atau operasi mesin akan tidak normal sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada bagian mesin atau pada bagian lainnya.

Dengan hukum Hooke's, tegangan adalah sebanding dengan regangan. Kesebandingan tegangan terhadap regangan dinyatakan sebagai perbandingan tegangan satuan terhadap regangan satuan. Modulus elastitas merupakan perbandingan unsur tegangan normal dan regangan normal. Adapun persamaan dinyatakan sebagai berikut.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.5)$$

E = modulus elastisitas bahan $[\text{N/m}^2]$

σ = tegangan normal $[\text{N/m}^2]$

ε = regangan normal

d. Perhitungan kekuatan silinder

Pehitungan dilakukan dengan perancangan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) agar mendapatkan alat agkat mobil hidrolik yang sesuai standar. Tekanan yang terjadi pada hidrolik tersebut diperoleh melalui beban yang terdapat pada ujung-ujung hidrolik tekanan tersebut dapat dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.6)$$

Dimana:

P = Tekanan (N/mm^2)

F = Gaya yang terjadi (N)

A = Luas penampang (mm^2)

Dengan mengetahui kecepatan angkat dan tinggi maksimum silinder hidrolik pada saat melakukan gerakan kerja, aliran fluida dalam silinder dapat dihitung/ ditentukan oleh persamaan:

$$Q_s = V \times A \quad (2.7)$$

Dimana:

Q_s = Debit fluida (mm^3/detik)

V = Kecepatan angkat silinder (mm/detik)

A = Luas penampang (mm^2)

2.1.3 Finite Element Method

Finite Element Analysis (FEA) atau metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan oleh para insinyur mesin dalam analisis masalah struktural dan termal selama proses desain. Sebelum membahas lebih jauh, perlu diketahui definisi tentang apa itu analisis desain dan bagaimana hubungannya dengan FEA.

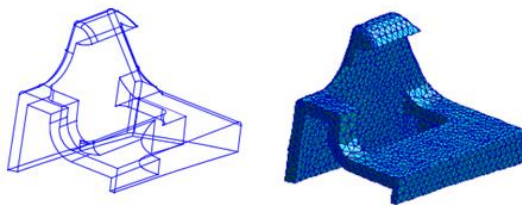
Analisis desain adalah proses investigasi sifat-sifat tertentu dari komponen atau rakitan. Analisis desain dapat dilakukan pada objek nyata atau pada model yang mewakili aspek-aspek tertentu dari objek nyata. Jika model digunakan sebagai pengganti objek nyata, analisis dapat dilakukan lebih awal dalam proses desain sebelum prototipe fisik dibuat. Model-model tersebut dapat berupa model fisik (model skala kecil, *mock-up*, model foto elastis, dll.) atau model matematis di mana perilaku tertentu dari desain yang sedang berjalan ditangkap dan dijelaskan oleh peralatan matematis. Model matematika sederhana dapat diselesaikan secara analitis. Model yang lebih kompleks membutuhkan penggunaan metode numerik. FEA adalah salah satu metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan model matematika yang kompleks (Kurowski, 2022).

Analisis metode elemen hingga adalah teknik simulasi komputer yang dapat diterapkan pada banyak sektor teknik. Analisis ini memungkinkan untuk mendeskripsikan sistem nyata secara akurat dan andal, untuk mendapatkan besaran fisik yang diinginkan. Tergantung pada aplikasinya, besaran-besaran ini dapat berupa perpindahan, suhu, tekanan, deformasi, medan listrik/magnet, tekanan, dll. Metode elemen hingga memungkinkan untuk mengidentifikasi masalah apa pun sebelum prototipe dibuat, sehingga dapat ditinjau secara langsung desain dengan cepat dan ekonomis. Selain mengidentifikasi kerusakan, metode tersebut juga memungkinkan untuk mengoptimalkan struktur dengan membuang material berlebih dan meningkatkan distribusi berat (Fiorillo dkk., 2020).

1. *Meshing*

Setelah memutuskan untuk menggunakan FEA untuk menyelesaikan model matematis, selanjutnya adalah membagi domain solusi menjadi subdomain berbentuk sederhana yang disebut elemen hingga. Proses diskritisasi biasanya disebut *meshing*, dan elemen disebut "*finite*" karena ukurannya yang terbatas, bukannya sangat kecil (Kurowski, 2022).

Bentuk dari elemen-elemen ini pada umumnya adalah kotak, segitiga, dan tetrahedra. Elemen-elemen tersebut dihubungkan oleh titik-titik konektor yang dikenal juga dengan istilah *nodes*. Pada tiap elemen tersebutlah didefinisikan pula sifat material dan juga sifat fisisnya (misal elemen *beam*, *shell*, 3D, dll). Setelah model dibagi menjadi elemen hingga (*finite element*), program analisis komputer dapat digunakan dengan persamaan matematis yang efisien untuk menghitung solusi dari tiap-tiap elemen ("Meshing Pada Finite Element Analysis (FEA)", 2022)



Gambar 2.8 Proses *Meshing* Pada Model

Sumber: Diadaptasi dari "Meshing Pada Finite Element Analysis (FEA)", 2022, Aero Engineering.

Pada berbagai analisis struktur, sebagai contoh, tiap-tiap elemen dilihat sebagai sebuah *spring*. *Spring-spring* tersebut terhubung satu sama lain pada tiap titik pojoknya untuk menghasilkan karakteristik objek secara keseluruhan. Secara matematis, permodelan ini diselesaikan dengan persamaan matriks yang di dalamnya terdapat persamaan massa, material, dan karakteristik lainnya, yang dikenal juga dengan istilah *stiffness matrix*. Kemudian, *software* FEA menyelesaikan matriks tersebut untuk memperoleh nilai *Displacement*. Adapun *Displacement* tersebut digunakan untuk menghitung nilai *stress* dan *strain* pada model tersebut di setiap titik elemen nya.

Semakin baik definisi orientasi dari *mesh* (semakin rapi), maka kualitas hasil juga cenderung semakin baik, dan proses komputasi akan lebih efisien. Di sisi lain

semakin dominan *meshing* dengan bentuk tetrahedron, maka cenderung menghasilkan elemen yang lebih banyak yang akan meningkatkan waktu komputasi, namun cenderung lebih mudah menghasilkan kualitas *mesh* yang baik pada geometri yang kompleks (*Meshing Pada Finite Element Analysis (FEA)*, 2022).

2. Stress Von mises

Teori tegangan Von Mises juga dikenal sebagai Teori Energi Distorsi Maksimum ditemukan oleh Richard von Mises pada tahun 1913 dan didasarkan pada gagasan bahwa berbagai gaya dapat menyebabkan deformasi material. Dengan menggunakan tegangan von Mises, dimungkinkan untuk mengantisipasi luluhnya material pada kondisi pembebanan. Dengan kata lain, teori von Mises menjelaskan semua keadaan tegangan dari komponen yang diuji, tidak peduli seberapa kompleks keadaan tegangan tersebut. Inilah alasan mengapa teori ini sangat efektif dalam memprediksi kinerja material ulet dan perilaku material.

Dalam desain teknik, tegangan *Von Mises* sangat penting karena memberikan ukuran gabungan besaran semua komponen tegangan (tarik, tekan, dan geser) pada suatu titik. Hal ini sangat membantu dalam memprediksi mode kegagalan struktur teknik dan menentukan kekuatan suatu bagian atau struktur untuk menahan beban yang diharapkan (Engineer Your Sound, 2023).

3. Deformasi/*Displacement*

Deformasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis. Deformasi elastis adalah perubahan fisik suatu benda yang disebabkan oleh gaya atau beban dan akan kembali ke bentuk aslinya ketika gaya atau beban dihilangkan. Sebaliknya, deformasi plastis adalah perubahan fisik suatu benda yang tidak dapat dihilangkan meskipun gaya atau beban dihilangkan. Karena tegangan maksimum di bawah tegangan luluh, deformasi elastis harus menjadi patokan dalam merancang suatu alat (Wibawa, 2020).

4. *Safety factor*

Definisi umum factor keamanan adalah rasio antara tegangan maksimum (maximum stress) dengan tegangan kerja (working stress), secara matematis ditulis:

$$\text{Faktor Keamanan} = \frac{\text{Maximum stress}}{\text{Working atau design stress}} \quad (2.8)$$

Untuk material yang ulet seperti baja karbon rendah, factor keamanan didasarkan pada yield point stress (tegangan titik luluh);

$$Faktor\ Keamanan = \frac{Yield\ point\ stress}{Working\ atau\ design\ stress} \quad (2.9)$$

Untuk material yang getas seperti besi cor, faktor keamanan didasarkan pada ultimate stress (kekuatan tarik);

$$Faktor\ Keamanan = \frac{Ultimate\ stress}{Working\ atau\ design\ stress} \quad (2.10)$$

Hubungan ini bisa juga digunakan untuk material yang ulet (Suyuti, 2018).