

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Forklift*

#### 2.1.1 *Forklift Secara Umum*

*Forklift* merupakan angkutan barang yang memiliki dua garpu (*fork*) yang dipasang pada *mast*, yang dimana berfungsi untuk mengangkat, memindahkan dan menurunkan suatu benda dari suatu tempat ke tempat yang lain. Biasanya benda yang di angkat oleh *forklift* adalah benda yang sulit di angkat manusia, dengan jarak yang cukup jauh.

Sistem pengangkat dari *forklift* ini adalah gabungan dari dua batang *rail* yang disebut *mast*, ditambah dengan media pengangkat lain seperti garpu (*fork*), lalu nantinya garpu pada *mast* tersebut bergerak naik dan turun dengan sistem hidrolik yang menggerakkannya.



**Gambar 2. 1** *Forklift*

#### A. Jenis – jenis *forklift*

Berdasarkan sumber energi yang digunakan, terdapat 2 jenis *forklift*, yaitu:

##### 1. *Forklift* diesel

*Forklift* diesel menggunakan mesin diesel untuk penggerakannya. Sesuai namanya, *forklift* ini menggunakan bahan bakar solar dimana *forklift* jenis ini biasanya digunakan di ruangan yang terbuka karena menghasilkan emisi gas buang.

##### 2. *Forklift* elektrik

*Forklif* ini menggunakan tenaga baterai sebagai sumber energinya. Baterai ini

mempunyai waktu pemakaian sehingga diperlukan sebuah alat untuk mengisi ulang sehingga baterai dapat berfungsi kembali. *Forklift* jenis ini biasanya digunakan di dalam ruangan yang tertutup, karena tidak menghasilkan emisi gas buang.

#### B. Klasifikasi *forklift*

Menurut *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*, *forklift* dibagi menjadi 7 klasifikasi, yaitu:

1. *Electric motor ride truck*
2. *Electric motor narrow aisle truck*
3. *Electric motor hand truck*
4. *Internal Combustion Engine with Cushion Tires*
5. *Internal Combustion Engine Trucks with Pneumatic Tires*
6. *Electric and Internal Combustion Engine Tractors*
7. *Rough Terrain Forklift Truck*

#### 2.1.2 *Forklift AGV*

*Forklift Automatic Guided Vehicle (AGV)* merupakan sebuah angkutan barang dimana sistem pengoperasiannya tidak menggunakan operator, namun dipandu secara otomatis dengan teknologi komputer atau kendaraan yang dapat diprogram layaknya robot serba guna yang dipandu jalannya dengan jalur (*track*) magnetik yang ditempelkan di lantai.

*AGV* yang lebih modern tidak lagi menggunakan jalur magnetik, namun menggunakan gelombang radio, kamera penglihatan, magnet, atau laser untuk menggantikan penggunaan jalur magnetik. Terdapat banyak jenis *AGV* yang ada di masa modern ini, sesuai dengan kebutuhan yang ada di industri, dan biasanya digunakan dalam kegiatan di pergudangan.



**Gambar 2. 2** Bererapa Jenis *Forklift AGV*

## 2.2 Prinsip Kerja Sistem Mekanisme Pengangkat

Prinsip kerja dari sistem mekanisme pengangkat *forklift AGV* pada umumnya menggunakan penggerak motor listrik. Lalu dari putaran motor listrik diteruskan melalui komponen selanjutnya. Komponen tersebut bisa menggunakan mekanisme maupun sistem hidrolik, yang akan mengangkat *fork* pada sistem mekanisme pengangkat.

## 2.3 Persamaan yang Digunakan

### 2.3.1 Mekanika Dasar

- Tegangan normal maksimum

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

Keterangan:

$\sigma_{max}$  = Tegangan normal maksimum ( $\left(\frac{kg}{mm^2}\right)$ )

$P$  = Beban Aksial ( $kg$ )

$A$  = Luas penampang lintang ( $mm^2$ )

- Tegangan lentur maksimum

$$\sigma_{maks} = \frac{M C}{I} \quad (2.2)$$

Keterangan:

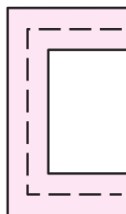
$\sigma_{maks}$  = Tegangan normal akibat momen lentur ( $\left(\frac{kg}{mm^2}\right)$ )

$M$  = Momen lentur ( $kg.mm$ )

$C$  = Jarak dari sumbu netral ke serat luar ( $mm$ )

$I$  = Momen inersia penampang ( $mm^4$ )

- Tegangan geser pada profil balok C



**Gambar 2. 3** Penampang Profil Balok C

$$\tau_{maks} = \frac{V \cdot Q}{I \cdot b} \quad (2.3)$$

Keterangan:

$\tau_{maks}$  = Tegangan geser maksimum ( $\frac{kg}{mm^2}$ )

$V$  = Gaya lintang/geser ( $kg$ )

$Q$  = Statis momen ( $mm^3$ )

$I$  = Momen inersia penampang ( $mm^4$ )

$b$  = Tebal ( $mm$ )

- Defleksi pada *simple beam*

$$\delta = \frac{5 F l^3}{384 E I} \quad (2.4)$$

Keterangan:

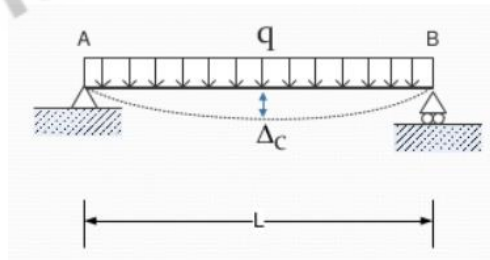
$\delta$  = Defleksi ( $mm$ )

$F$  = Gaya ( $kg$ )

$l$  = Panjang batang ( $mm$ )

$E$  = Modulus elastisitas ( $\frac{kg}{mm^2}$ )

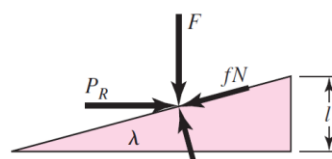
$I$  = Momen inersia penampang ( $mm^4$ )



**Gambar 2. 4** Simple Beam

### 2.3.2 Power Screw

#### A. Untuk Menaikkan atau Mengangkat Beban



**Gambar 2. 5** Power Screw pada Saat Beban Naik

$$T_r = \frac{F d_m}{2} \left( \frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - f l} \right) \quad (2.5)$$

Keterangan:

$T_r$  = Torsi naik ( $kg \cdot mm$ )

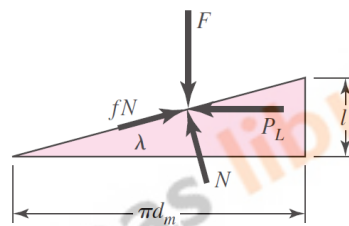
$F$  = Beban pada ulir ( $kg$ )

$d_m$  = Diameter rata-rata ( $mm$ )

$f$  = Koefisien gesek

$l$  = Panjang satu putaran ( $mm$ )

## B. Untuk Menurunkan Beban



Gambar 2. 6 Power Screw pada Saat Beban Turun

$$T_l = \frac{F \cdot d_m}{2} \left( \frac{\pi f \cdot d_m - l}{\pi d_m + f \cdot l} \right) \quad (2.6)$$

Keterangan:

$T_l$  = Torsi turun ( $kg \cdot mm$ )

$F$  = Beban pada ulir ( $kg$ )

$d_m$  = Diameter rata – rata ( $mm$ )

$f$  = Koefisien gesek

$l$  = Panjang satu putaran ( $mm$ )

## C. Self-locking

$$f > \frac{l}{\pi d_m} \quad (2.7)$$

Keterangan:

$f$  = Koefisien gesek  
 $l$  = Jarak tempuh ulir ( $mm$ )  
 $d_p$  = Diameter *pitch* ( $mm$ )

#### D. Efisiensi

$$e = \frac{F \cdot l}{2 \pi T_r} \quad (2.8)$$

Keterangan:

$e$  = Efisiensi  
 $F$  = Gaya pada ulir  
 $l$  = Panjang satu putaran ( $mm$ )  
 $T_r$  = Torsi naik ( $kg \cdot mm$ )

#### 2.3.2 Transmisi Rantai Rol

Rantai transmisi daya biasanya digunakan dimana jarak poros lebih besar dari pada transmisi roda gigi tetapi lebih pendek dari transmisi sabuk. Rantai mengait pada gigi sprocket dan meneruskan daya tanpa slip. Jadi menjamin perbandingan putaran yang tetap.

Rantai rol terdiri atas pena, bus, rol dan plat mata rantai. Rantai rol dipakai bila diperlukan transmisi positif (tanpa slip) dengan kecepatan sampai 600 ( $m/min$ ), tanpa pembatasan bunyi, dan murah harganya.

#### 2.3.3 Kopling universal

*Universal joint* adalah jenis kopling dalam bentuk dua batangan kaku yang memungkinkan terjadinya pembelokan arah transmisi daya dari sumber daya. *Universal joint* terdiri dari sepasang *hinge* yang berdekatan dan dihubungkan dengan *cross shaft*.

#### 2.3.4 Motor Listrik

Motor listrik adalah mesin yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau tenaga penggerak. Prinsip kerja motor listrik adalah mengubah tenaga

listrik menjadi tenaga mekanik. Perubahan dilakukan dengan merubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut elektromagnet. Menurut sifatnya, kutub-kutub magnet senama akan tolak-menolak dan kutub-kutub tidak senama akan tarik-menarik. Sehingga jika sebuah magnet ditempatkan pada sebuah poros yang berputar dan magnet lainnya pada suatu kedudukan yang tetap maka akan diperoleh gerakan atau putaran.

- Daya motor listrik

$$P = \frac{T \cdot n}{716.200} \quad (2.13)$$

Keterangan:

$P$  = Daya motor (HP)

$T$  = Torsi (kg. mm)

$n$  = Kecepatan putar motor (rpm)

## 2.4 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah prosedur numeris yang dapat dipakai untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam bidang rekayasa (*engineering*), seperti analisa tegangan pada struktur, perpindahan *panas*, *perpindahan massa*, *elektromagnetik*, dan *aliran fluida*. Metode ini digunakan pada masalah-masalah rekayasa dimana *exact solution/analytical solution* tidak dapat menyelesaikannya. Inti dari metode elemen hingga adalah membagi suatu benda yang akan dianalisa menjadi beberapa bagian dengan jumlah hingga (*finite*). Bagian-bagian ini disebut elemen yang tiap elemen satu dengan elemen lainnya dihubungkan dengan nodal (*node*). Kemudian dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda menjadi beberapa bagian disebut *meshing*.

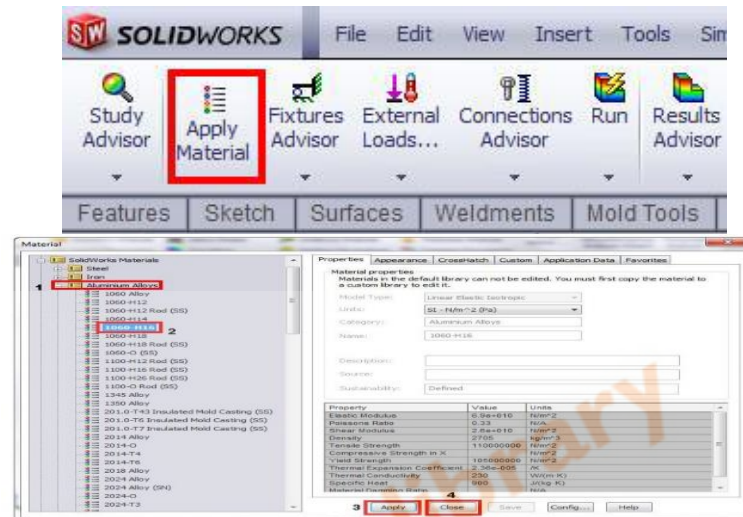
## 2.5 Langkah-langkah Analisis Menggunakan Solidworks

### 2.5.1 Pembuatan Komponen

Pembuatan komponen merupakan langkah pertama untuk melakukan analisis statik, yaitu dengan cara membuat geometri *part* per komponen sub sistem yang telah dihasilkan dari data hasil perancangan.

## 2.5.2 Memilih Jenis Material

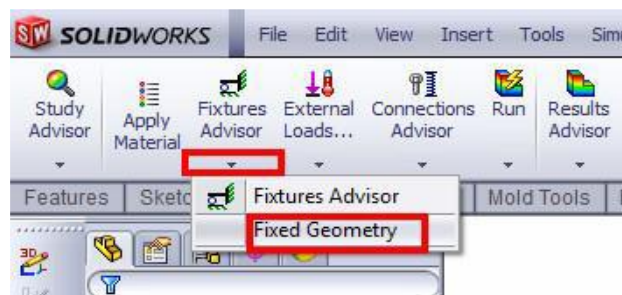
Setelah pembuatan komponen selesai maka langkah selanjutnya adalah memilih jenis material yang akan dianalisis, dimana material yang digunakan sudah ditentukan oleh perancang.



Gambar 2. 7 Memilih Material

## 2.5.3 Memilih Jenis Tumpuan

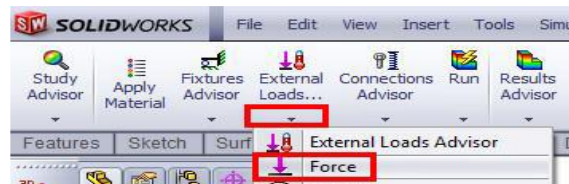
Setelah memilih jenis material maka langkah selanjutnya adalah memilih jenis tumpuan yang digunakan pada komponen tersebut, dimana tumpuan ini berfungsi untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada komponen tersebut.



Gambar 2. 8 Memilih Tumpuan

### 2.5.4 Pemberian Beban

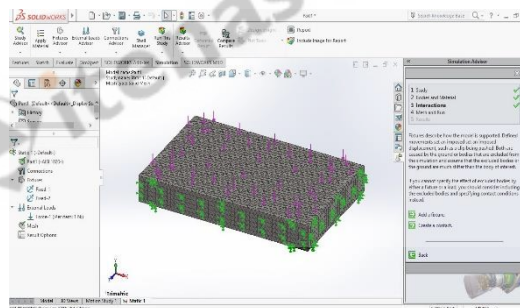
Setelah memilih jenis tumpuan yang ada pada komponen tersebut maka langkah selanjutnya adalah memberi pembebanan yang terjadi pada komponen tersebut, dimana besar dan arahnya sesuai dengan data hasil perancangan. Gambar 2.14 menunjukkan cara pemberian beban.



Gambar 2. 9 Pemberian Beban

### 2.5.5 Pemberian Mesh

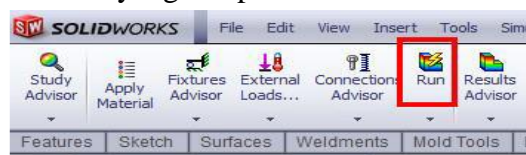
Setelah pemberian beban selesai maka langkah selanjutnya adalah memberi *mesh* pada komponen sesuai dengan kebutuhan, dimana pemberian *mesh* ini dapat diatur tingkat kekasaran dan kehalusannya. Semakin halus *mesh* yang diberikan maka perhitungan dengan Solidworks ini akan semakin teliti begitupun sebaliknya.



Gambar 2. 10 Pemberian Mesh

### 2.5.6 Menjalankan Program

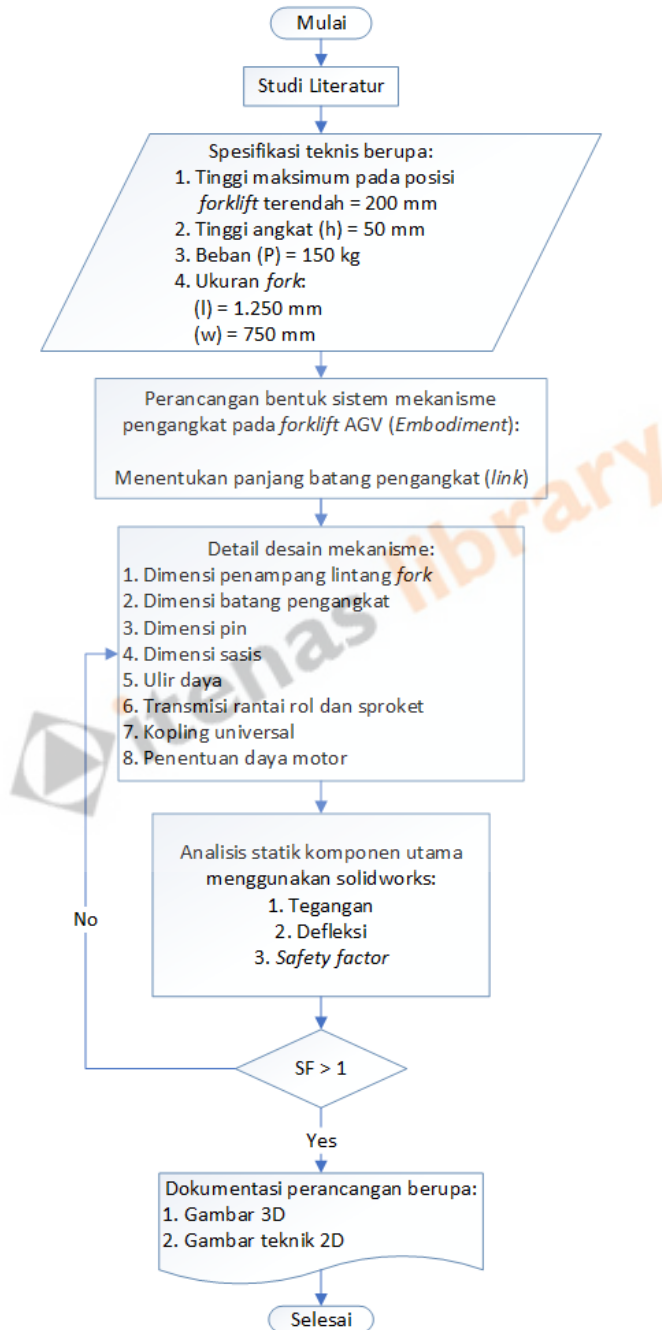
Setelah selesai menentukan semua parameter yang akan dianalisis maka langkah selanjutnya adalah menjalankan program dengan cara klik ikon *run this study*, dimana *run this study* ini akan menjalankan program secara otomatis sesuai dengan parameter-parameter yang diinput.



Gambar 2. 11 Menjalankan Program

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir



**Gambar 3. 1** Diagram Alir

### 3.2 Penjelasan Diagram Alir

#### 1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memberikan gambaran dan pengetahuan kepada penulis mengenai perancangan sistem mekanisme pengangkat pada *forklift AGV*. Hal ini didapat dari studi literatur kemudian digunakan sebagai acuan dalam penyusunan laporan skripsi.

#### 2. Spesifikasi Teknis

Pada penelitian ini mekanisme *forklift AGV* yang dirancang menggunakan data utama berupa beban ( $P$ ) = 150 kg, ukuran *fork* ( $l$ ) = 1.250 mm dan ( $w$ ) = 750 mm, tinggi angkat ( $h$ ) = 50 mm, dan tinggi maksimum pada posisi *forklift* terendah sebelum mengangkat (200 mm).

#### 3. Perancangan bentuk sistem mekanisme pengangkat pada *forklift AGV*

Berdasarkan spesifikasi teknis, maka ditentukan panjang batang pengangkat

#### 4. Detail Desain Mekanisme

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan dimensi beberapa komponen yaitu dimensi penampang lintang *fork*, dimensi batang pengangkat, pin/poros, batang *stabilizer*, dimensi sasis, ulir daya, transmisi rantai rol dan sproket, kopling *universal* dan penentuan daya motor.

#### 5. Analisis Statik

Pada tahap ini menentukan tegangan maksimum, defleksi maksimum, dan *safety factor* minimum untuk komponen utama dengan menggunakan *software Solidworks*.

#### 6. Syarat

Pada tahap ini diperiksa/dibandingkan apakah *safety factor* ( $sf$ ) lebih besar dari 1 atau tidak. Jika  $sf > 1$ , maka perancangan telah sesuai dengan yang disyaratkan. Jika  $sf < 1$  maka perancangan belum sesuai sehingga dilakukan perhitungan ulang dari tahap 4.

#### 7. Dokumentasi perancangan

Pada tahap ini dilakukan dokumentasi dari hasil perancangan dan analisis statik mekanisme pengangkat pada *forklift AGV* berupa gambar teknik dalam bentuk 2D dan 3D.