

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Kursi Roda

Kursi roda adalah sarana bantu mobilitas yang dirancang untuk memberikan kemandirian serta meningkatkan kualitas hidup bagi individu dengan keterbatasan fisik. Alat ini umumnya digunakan oleh penyandang disabilitas pada anggota gerak bawah, penderita gangguan kesehatan yang mengurangi kemampuan bergerak, lanjut usia, maupun orang dengan risiko tinggi mengalami cedera ketika berjalan.

[5] [6]



Gambar 2.1 Kursi Roda

Penggunaan kursi roda memberikan berbagai manfaat, termasuk peningkatan kualitas hidup, kesehatan, serta kemandirian ekonomi bagi penggunanya. Namun, kursi roda yang ideal bukanlah model standar yang digunakan untuk semua orang, melainkan yang dapat disesuaikan dengan karakteristik, kebutuhan, dan preferensi pengguna. Desain yang ergonomis dan disesuaikan secara individual akan

meningkatkan kenyamanan, efisiensi, dan kemudahan dalam menjalani aktivitas sehari-hari, sehingga pengguna dapat lebih aktif dan produktif dalam kehidupan sosial maupun pekerjaan.[5] [6]

### 2.1.1 Prinsip Kerja Kursi Roda

Prinsip kerja kursi roda pada dasarnya adalah sebagai alat bantu mobilitas yang dapat dijalankan dengan beberapa cara. Kursi roda bisa digerakkan secara manual oleh penggunanya melalui lingkaran dorong yang menempel pada roda, dapat pula didorong oleh orang lain melalui pegangan di bagian belakang, atau menggunakan sistem penggerak otomatis dengan bantuan mesin. Dengan demikian, prinsip kerjanya bergantung pada sumber tenaga, baik dari pengguna, pendamping, maupun motor penggerak.[5]

### 2.1.2 Komponen Kursi Roda

Komponen Kursi Roda adalah pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Komponen Kursi Roda

Pada gambar 2.2 berikut adalah bagian-bagian dari kursi roda manual:

- a. *Push Handle*

- b. *Armest*
- c. *Backseat*
- d. *Frame*
- e. *Seat*
- f. *Wheel.*
- g. *Brake*
- h. *Fork .*
- i. *Heel loop*
- j. *Footplate*
- k. *Caster wheel*
- l. *Footrest*

## **2.2 Prinsip kerja Penggerak Kursi Roda**

Motor penggerak kursi roda adalah sebuah perangkat mekanis atau listrik yang dipasang pada sebuah kursi roda untuk memberikan daya dorong atau daya penggerak tambahan kepada pengguna kursi roda. Dirancang untuk meningkatkan mobilitas dan kemandirian individu yang memiliki keterbatasan mobilitas, motor penggerak kursi roda menjadi elemen kunci dalam memungkinkan mereka untuk menjalani kehidupan sehari-hari dengan lebih mandiri dan efisien. [5]



Gambar 2.3 Penggerak Kursi Roda

Motor penggerak kursi roda terpasang di bagian roda belakang atau roda depan kursi roda, bergantung pada desain dan kebutuhan pengguna. Beberapa motor penggerak dapat dioperasikan secara manual oleh pengguna, dengan penggunaan tuas atau pegangan yang disediakan. Sementara itu, motor penggerak modern dilengkapi dengan sistem kendali elektronik yang memudahkan pengguna untuk mengontrolnya dengan mudah menggunakan tombol atau kontroler yang terpasang pada kursi roda.

### **2.2.1 Komponen utama penggerak kursi roda**

Adapun komponen utama pada penggerak kursi roda adalah sebagai berikut:

#### **1. Motor Listrik**

Motor listrik merupakan perangkat yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Sebaliknya, terdapat pula alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, yang dikenal dengan nama generator atau dinamo. Pada motor listrik, proses konversi berlangsung dari energi listrik menjadi energi gerak. Hal ini terjadi melalui pembentukan medan magnet dari aliran listrik, yang disebut elektromagnet. Seperti yang kita ketahui, kutub magnet yang sejenis akan saling tolak-menolak, sedangkan kutub yang berbeda akan saling tarik-menarik. Dengan memanfaatkan sifat ini, perputaran dapat dihasilkan ketika sebuah magnet dipasang pada poros yang dapat berputar, sementara magnet lain diletakkan pada posisi tetap.[7]



Gambar 2.4 Motor Listrik

## 2. *Potensio Throttle*

*Potensio throttle* adalah komponen pengatur kecepatan pada motor listrik yang berfungsi sebagai variasi dari handle gas. Terdapat dua jenis utama, yaitu:

- a. Handle gas tarik, berbentuk menyerupai grip penuh seperti pada sepeda motor berbahan bakar bensin.
- b. Thumb throttle, yaitu model gas yang dioperasikan dengan dorongan ibu jari.

Beberapa tipe handle gas dilengkapi dengan indikator LED baterai yang memudahkan pengguna untuk memantau kapasitas daya. Prinsip kerjanya sama dengan potensiometer atau resistor variabel, di mana nilai hambatan listrik dapat diubah sesuai posisi throttle. Saat throttle dibuka sedikit (kecepatan rendah), hambatan yang timbul lebih besar sehingga arus yang masuk ke motor kecil, menyebabkan putaran motor rendah. Sebaliknya, saat throttle dibuka lebar, hambatan menurun sehingga arus yang masuk lebih besar dan motor berputar dengan kecepatan tinggi.[8]



Gambar 2.5 Potensio Throtle

### 3. Baterai

*Baterai* merupakan perangkat yang berfungsi menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, kemudian mengubahnya kembali menjadi energi listrik untuk menghasilkan arus. Arus listrik dari baterai muncul akibat reaksi kimia antara material aktif pada pelat baterai dengan larutan elektrolit berupa asam sulfat. Baterai berperan sebagai penstabil tegangan sistem sekaligus akumulator atau penyimpan energi. Seiring pemakaian, energi di dalamnya akan berkurang dan habis sehingga tidak lagi mampu mengalirkan arus. Baterai dapat diisi ulang dengan memberikan arus searah yang mengalir berlawanan arah dengan arus keluar saat digunakan. Pada kondisi normal, proses pengisian baterai biasanya dilakukan oleh alternator. [9]



Gambar 2.6 Baterai

#### 4. Rangka

Rangka pada penggerak kursi roda berfungsi sebagai kerangka utama yang mendukung dan menyokong seluruh komponen tersebut. Ini memberikan kekuatan, stabilitas, dan kerangka kerja untuk dudukan komponen-komponen lain seperti roda, sistem penggerak, baterai, control unit dll, sehingga memungkinkan pengguna untuk bergerak dengan aman dan nyaman. [10]

#### 5. Roda

Roda pada sistem penggerak kursi roda berperan penting dalam menunjang fungsinya. Komponen ini memungkinkan pengguna memperoleh mobilitas yang lebih baik serta mempermudah pergerakan kursi roda. Selain itu, roda juga menjaga keseimbangan dan kestabilan kursi roda ketika digunakan, sekaligus mengurangi gesekan dengan permukaan jalan sehingga hambatan berkurang dan kursi roda lebih mudah digunakan pada berbagai kondisi medan. [6]



Gambar 2.7 Roda

### 2.3 Dasar Perencanaan

#### 2.3.1 *Software Inventor*

*Autodesk Inventor* merupakan perangkat lunak CAD yang digunakan untuk merancang desain teknik sekaligus menghasilkan gambar teknik. Aplikasi ini memungkinkan anda membuat model 3D yang akurat dan detail dari berbagai produk seperti mesin, komponen, dan perangkat, serta membuat gambar teknis yang diperlukan untuk produksi. [11] Aplikasi Inventor ini di digunakan untuk perancangan awal penggerak kursi roda.



Gambar 2.8 Aplikasi Inventor

#### 2.4 Baja Karbon Rendah (*Mild Steel*)

Baja karbon rendah merupakan kelompok material baja yang mengandung kadar karbon maksimal 0,3% berat, termasuk dalam kategori baja lunak (*mild steel*). Karakteristik utama material ini terletak pada sifatnya yang ulet, mudah dibentuk, serta memiliki kemampuan las dan mesin yang sangat baik, menjadikannya salah satu material paling serbaguna dalam industri manufaktur dan konstruksi. [12]

Dari segi sifat mekanik, baja karbon rendah memiliki kekuatan luluh (*yield strength*) minimum berkisar antara 170-350 MPa, dengan nilai spesifik untuk standar *ASTM A36* mencapai minimal 250 MPa dan *AISI 1018* sebesar 370 MPa.

Kekuatan tariknya berada pada rentang 300-500 MPa, dimana standar *ASTM A36* menetapkan 400-550 MPa dan *AISI 1018* mencapai 440-640 MPa. Material ini juga menunjukkan elongasi yang baik sebesar 15-25%, menunjukkan keuletan yang tinggi. [13]

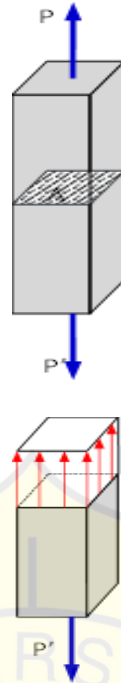
Komposisi kimianya didominasi oleh besi dengan tambahan karbon (0,05-0,30%), mangan (0,30-1,00%), serta unsur tambahan lain dalam jumlah terbatas seperti silikon (maksimal 0,40%), fosfor dan sulfur (masing-masing dibawah 0,05%). Kombinasi komposisi ini memberikan keseimbangan optimal antara kekuatan dan keuletan. [12]

## **2.5 Teori Tegangan**

Teori Tegangan (*Stress Theories*) adalah konsep dalam mekanika material yang digunakan untuk memprediksi kegagalan material berdasarkan keadaan tegangan yang dialaminya.[14] Secara umum tegangan dapat diuraikan sebagai berikut:

### **2.5.1 Tegangan Normal Akibat Beban Aksial**

Tegangan normal akibat beban aksial adalah tegangan yang terjadi pada penampang melintang suatu batang prismatis (elemen struktural lurus dengan penampang konstan) ketika dikenai gaya aksial, yaitu gaya yang bekerja sejajar dengan sumbu longitudinal batang. Tegangan ini bersifat seragam (merata) di seluruh penampang jika distribusi gaya terpusat dan homogen. [15]



Gambar 2.9 Tegangan Normal Akibat Beban Aksial

Pembebanan aksial ini mengakibatkan terjadinya tegangan normal. Untuk menghitung besarnya tegangan normal yang terjadi akibat pembebanan aksial tersebut dapat digunakan persamaan. [15]

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad [15]$$

Dimana:

$\sigma$  = Tegangan normal

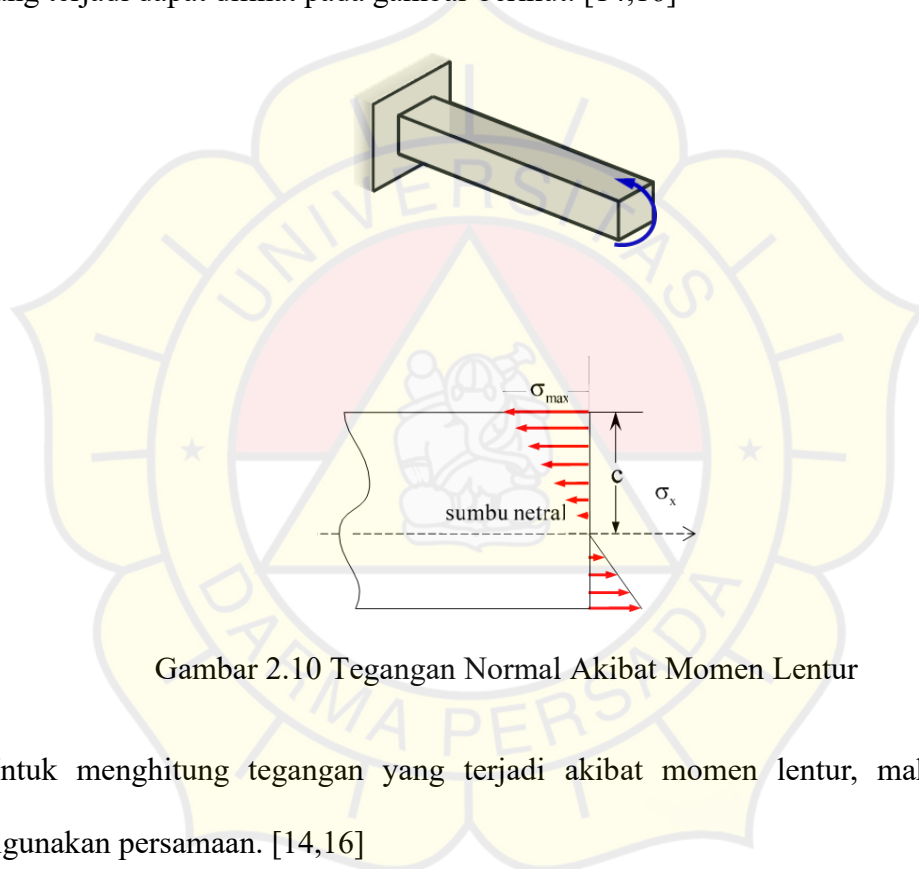
$P$  = Gaya aksial

$A$  = Luas penampang

### 2.5.2 Tegangan Normal Akibat Momen Lentur

Tegangan normal akibat momen lentur adalah tegangan yang terjadi pada suatu penampang akibat pembengkokan (bending) oleh momen. Tegangan ini

berubah secara linier dari nol di sumbu netral hingga maksimum di serat terjauh, menyebabkan sebagian material mengalami tarik dan sebagian lainnya tekan. Perbedaan pembenanan aksial dan momen lentur adalah pada pembenanan aksial tegangan yang terjadi adalah murni tarik atau tekan, sedangkan akibat momen lentur tegangan yang terjadi adalah keduanya yaitu tarik dan tekan. Salah satu contoh kasus pembenanan akibat momen lentur dan bentuk distribusi tegangan yang terjadi dapat dilihat pada gambar berikut. [14,16]



Gambar 2.10 Tegangan Normal Akibat Momen Lentur

Untuk menghitung tegangan yang terjadi akibat momen lentur, maka dapat digunakan persamaan. [14,16]

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \quad [14,16]$$

Dimana:

$\sigma$  = Tegangan normal akibat momen lentur (Pa atau N/m<sup>2</sup>)

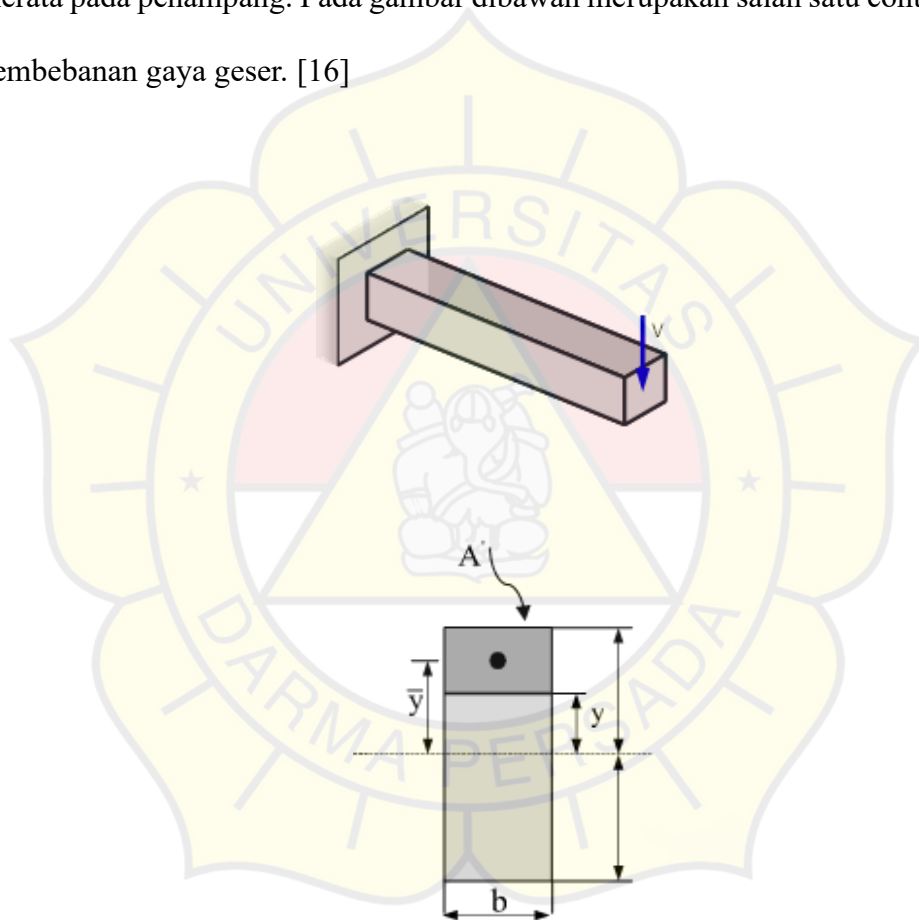
$M$  = Momen lentur pada penampang (Nm)

$y$  = Jarak dari sumbu netral ke serat terluar (m)

$I$  = Momen inersia penampang terhadap sumbu netral ( $m^4$ )

### 2.5.3 Tegangan Akibat Gaya Geser

Tegangan akibat gaya geser adalah tegangan yang timbul ketika gaya bekerja sejajar terhadap bidang penampang suatu elemen. Tegangan ini menyebabkan deformasi berupa geseran antar lapisan material dan distribusinya biasanya tidak merata pada penampang. Pada gambar dibawah merupakan salah satu contoh untuk pembebanan gaya geser. [16]



Gambar 2.11 Tegangan Akibat Gaya Geser

$$\tau = \frac{v \cdot Q}{I \cdot b}$$

[16]

Dimana:

$\tau$  = Tegangan Geser

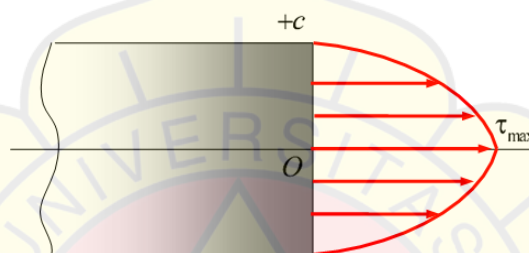
$V$  = Gaya geser

$Q$  = Momen pertama

$I$  = Momen inersia penampang

$b$  = Lebar penampang

Distribusi tegangan geser yang terjadi akibat gaya geser diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 2.12 Distribusi Tegangan Akibat Gaya Geser

## 2.6. Teori Kegagalan

### 2.6.1 Teori Tegangan Normal Maksimum

Teori ini menyatakan bahwa material mengalami kegagalan apabila tegangan utama yang terjadi pada material tersebut sama atau lebih besar dari kekuatan material. Tegangan utama tersebut dapat berupa tegangan tarik maupun tekan. Teori tegangan normal maksimum diterapkan untuk menentukan faktor keamanan dengan cara membandingkan tegangan normal pada yield point dari material dengan tegangan normal maksimum akibat pembebanan. seperti yang terlihat pada persamaan. [14]

$$FS = \frac{\sigma_{yp}}{\sigma_{max}} \quad [14]$$

Dimana:

$F_s$  = Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

$\sigma_{yp}$  = Tegangan leleh material dari uji tarik.

$\sigma_{max}$  = Tegangan maksimum yang dialami oleh komponen.

### 2.6.2 Teori Tegangan Geser Maksimum

Pada dasarnya material yang memiliki sifat ulet mengalami kegagalan akibat terjadinya tegangan geser. Hubungan antara safety factor dengan tegangan geser maksimum dapat dilihat pada persamaan berikut. [17]

$$F_s = \frac{\tau_{yp}}{\tau_{max}} \quad [17]$$

Dimana:

$F_s$  = Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

$\tau_{yp}$  = Tegangan geser *yield material*

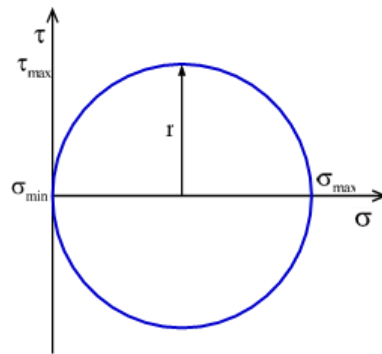
$\tau_{max}$  = Tegangan geser maksimum yang terjadi di komponen

Lingkaran *mohr* seperti yang diperlihatkan gambar mengindikasikan bahwa sebuah elemen yang mengalami tegangan tarik memiliki tegangan geser maksimum yang besar nilainya adalah setengah dari tegangan normal maksimum. [16] Seperti terlihat pada persamaan tegangan geser tersebut terjadi pada saat arah elemen  $45^\circ$  terhadap sumbu  $\tau$  yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

$$\tau_{max} = \frac{1}{2} \sigma_{max} \quad [16]$$



Gambar 2.13 Tegangan Tarik pada Elemen



Gambar 2.14 Lingkaran *Mohr* Akibat Pembebanan Tarik

Dalam ilmu material diketahui bahwa tegangan geser pada *yield point* sama dengan setengah dari tegangan normal pada *yield point* seperti terlihat pada persamaan.

$$\tau_{yp} = \frac{\sigma_{yp}}{2} \quad [16]$$

Persamaan dapat disubstitusikan kedalam persamaan sehingga menjadi:

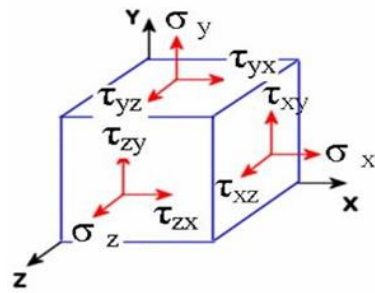
$$FS = \frac{0.5\sigma_{yp}}{\tau_{max}} \quad [16]$$

### 2.6.3 Teori Distorsi Energi

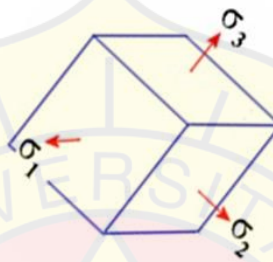
Komponen struktur akan aman selama energi distorsi persatuan volume akibat pembebanan lebih kecil dari energi distorsi persatuan volume dari spesimen uji tarik pada kondisi luluh yang dapat dilihat pada persamaan. [16]

$$u_d < u_{yp} \quad [16]$$

Komponen struktur akan aman selama energi distorsi persatuan volume akibat pembebanan lebih kecil dari energi distorsi persatuan volume dari spesimen uji tarik pada kondisi luluh. Tegangan *Von Mises* adalah kombinasi dari semua tegangan (tegangan normal dalam tiga arah, tegangan geser dalam tiga arah) yang berada pada titik tertentu. bisa di lihat pada gambar 2.15 dan gambar 2.16:



Gambar 2.15 Tegangan yang dinyatakan dalam enam komponen



Gambar 2.16 Tegangan yang dinyatakan dalam tiga komponen utama

Maka persamaan tegangan *Von Mises*:

$$\sigma_{\text{von Mises}} = \sqrt{0.5 \times [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2] + 3 \times (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} \quad [14]$$

Jika tegangan *von mises* ditampilkan hanya pada tegangan normal utama maka rumusannya adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{\text{von Mises}} = \sqrt{0.5 \times [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2] + 3 \times (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} \quad [16]$$

$$\text{Factor of Safety} = \frac{\sigma_{\text{ijin}}}{\sigma_{\text{von mises}}} \quad [14,16]$$

#### 2.6.4 Faktor Keamanan (FoS)

Faktor Keamanan (FoS) adalah parameter yang digunakan untuk menilai ketahanan suatu struktur maupun komponen mesin. Dengan adanya faktor ini,

rancangan dapat dipastikan memiliki tingkat keamanan yang memadai meskipun menggunakan dimensi sekecil mungkin. [10,18]

Faktor keamanan dapat dituliskan berdasarkan rumus pada persamaan :

$$FoS = \frac{Ys}{Ds} > 1 \quad [10,18]$$

Dimana:

$Ys$  = Tegangan luluh material (MPa)

$Ds$  = Tegangan yang terjadi pada struktur (MPa)

Tabel 2.1 Faktor Keamanan ( $FoS$ )

No.	FoS	Tipe Beban
1.	1.5 – 2	Beban Statik
2.	2 – 3	Beban Dinamik
3.	3 – 4.5	Beban Kejut

## 2.7 Perhitungan Daya Motor Listrik

Setelah kecepatan putar yang dibutuhkan diketahui, maka bisa menghitung daya motor yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut. [19]

$$T = \frac{P \cdot Ns}{5252} \quad [19]$$

Keterangan:

T = Torsi (Nm)

P = Daya (HP)

$N_s$  = Kecepatan Motor Listrik (Rpm)

5252 = Nilai konstanta (ketetapan) untuk daya motor dalam satuan HP

## 2.8 Perhitungan Baterai dan Konsumsi Energi

### 2.8.1 Menentukan kapasitas baterai

Perhitungan ini digunakan untuk menentukan kebutuhan kapasitas baterai sebagai sumber daya sistem penggerak kursi roda, sehingga kursi roda dapat beroperasi dalam jangka waktu beberapa jam. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut. [20]

$$Q = I \times t \quad [20]$$

Keterangan:

$Q$  = Kapasitas baterai (Ah)

$I$  = Arus yang dikonsumsi beban (A)

$t$  = Waktu operasi yang diinginkan (h)

### 2.8.2 Waktu lama penggunaan baterai

Perhitungan ini untuk menentukan seberapa lama waktu penggunaan Baterai dengan menggunakan persamaan sebagai berikut. [19]

$$t = \frac{Q}{I} \quad [19]$$

Keterangan:

$t$  = Waktu penggunaan (s)

$Q$  = Kapasitas baterai (Ah)

$I$  = Arus yang dikonsumsi (A)

### 2.8.3 Waktu pengisian daya baterai

Perhitungan lama pengisian daya baterai dengan cara menghitung kapasitas baterai dengan menggunakan persamaan berikut. [19]

$$t = \frac{Q}{I} \quad [19]$$

Keterangan:

t = Waktu pengisian (s)

Q = Kapasitas baterai (Ah)

I = Arus pengisian (A)

## 2.9 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang diidentifikasi dan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut:

### 2.9.1 Hipotesis Utama

Integrasi sistem penggerak skuter listrik pada kursi roda mampu memberikan peningkatan mobilitas yang lebih besar bagi penyandang disabilitas dibandingkan dengan penggunaan kursi roda manual tanpa bantuan penggerak.

### 2.9.2 Hipotesis Spesifik

- a. Peningkatan kecepatan sistem penggerak pada tingkat variasi kecepatan akan berkontribusi terhadap efisiensi mobilitas penyandang disabilitas, memungkinkan mereka untuk mencapai tujuan dengan waktu yang lebih singkat.

- b. Spesifikasi teknis yang optimal, termasuk kapasitas daya yang memadai, akan menghasilkan performa yang lebih baik dalam hal durasi penggunaan dan keandalan sistem penggerak skuter listrik.
- c. Kontrol manual yang sederhana namun efektif akan meningkatkan kemudahan penggunaan, sehingga penyandang disabilitas dapat beradaptasi dengan sistem penggerak dengan cepat dan nyaman.

