

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Paul L. Coe, Jr., (1979). Dari hasil penelitiannya yang berjudul “*AERODINAMIC CHARACTERISTICS OF WHEELCHAIRS*” bahwa pengaruh hambatan aerodinamis pada total gaya dan daya yang dibutuhkan bagi seseorang untuk mengatasi angin kencang yang stabil yaitu dengan mengasumsikan stabil kecepatan kursi roda, relatif terhadap tanah, sebesar 0,894 m/detik (2 mph) pada permukaan horizontal. Asumsi berat gabungan individu dan kursi roda adalah 890 N (200 ibf). Asumsi tekanan ban adalah 275.790 pa (40 ibf/in²). Berdasarkan metode, gaya gesek ditentukan menjadi 7,784 N (1,75 ibf). Hasil ini sangat sesuai dengan pengukuran yang tidak dipublikasikan diperoleh di Pusat Teknik Rehabilitasi dari Universitas Virginia.

IML Batan, (2006). Dari hasil penelitiannya yang berjudul “PENGEMBANGAN KURSI RODA SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN RUANG GERAK PENDERITA CACAT KAKI” . Hasil kuisisioner yang disebarkan ke pemakai kursi roda di kota Surabaya pada akhir 2005 dan awal 2006 menunjukkan bahwa 70% responden tidak menginginkan lagi didampingi oleh seorang pemandu pada saat mereka beraktifitas di dalam maupun di luar rumah maka dari itu perlu bahwa analisa tegangan material dan risiko cedera tubuh yang mungkin timbul pada pemakai kursi roda bahwa rancangan kursi roda dapat direalisasi untuk dikembangkan sebagai sarana transportasi yang dapat dipakai oleh penderita cacat kaki dalam beraktifitas secara aman, baik di dalam maupun di luar rumah. Dengan simulasi tegangan material rangka serta simulasi RULA, maka kursi roda yang dikembangkan adalah aman terhadap beban statis 150 kg dan nyaman, sehingga sesuai dengan permintaan pemakai kursi roda.

Iksal, I & Darmo, (2012) dalam penelitiannya yang berjudul “PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI KURSI RODA ELEKTRIK EKONOMIS SEBAGAI SARANA REHABILITASI MEDIK” Mengungkapkan bahwa fakta yang ada di Indonesia, kursi roda elektrik ini terbatas penggunaannya bagi masyarakat berkebutuhan khusus kalangan menengah keatas karena harganya yang relatif mahal, oleh karena itu dilakukan perancangan dan implementasi sebuah kursi roda elektrik ekonomis yang sesuai dengan kebutuhan pengguna sebagai solusi permasalahan tersebut.

N. M Abdul Ghani & M.O. Tokhi (2016), Penelitiannya yang berjudul “PERANCANGAN SISTEM CONTROL PERGERAKAN DUDUK-BERDIRI DARI KURSI RODA ELEKTRIK DENGAN DUA RODA”. Penelitian ini mentransformasikan kursi roda elektrik dengan empat roda saat posisi duduk menjadi dua roda untuk posisi berdiri. Untuk mempertahankan posisi berdiri dengan dua roda pada kursi roda elektrik menggunakan konsep *double-inverted pendulum*. Penelitian ini menggunakan FLC *controller* dengan memanfaatkan *fuzzy logic* untuk mengeksekusi perintah.

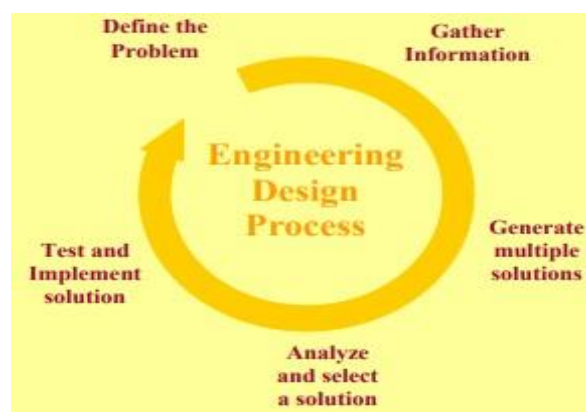
Surya Alhadi (2018) dalam penelitiannya tentang “MODIFIKASI ELEKTRIK KURSI RODA BERDIRI” bahwasannya kursi roda elektrik dengan fitur berdiri yang telah didesain olehnya ini menggunakan arduino uno sebagai sistem kendali kursi bergerak yang kemudian dilakukan pembuatan prototype oleh Faqi Huddin (2019) dan Setyo Nugroho (2020) berupa *prototype* kursi roda dengan fitur berdiri yang menggunakan mikrokontroler Arduino ATmega 32. Penelitian ini dilakukan untuk peningkatan kinerja dan kenyamanan dari perancangan kursi roda elektrik dengan fitur berdiri, khususnya dengan melakukan modifikasi dengan menambahkan fitur tambahan untuk menahan tubuh pada saat berdiri yang berupa *saddle* dan *safety belt*.

Ari Setiawan (2020) dalam jurnalnya yang berjudul “DESAIN KURSI RODA BAGI PENDERITA STROKE” Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah belum tersedianya kursi roda berkayuh untuk merehabilitasi kaki penderita stroke oleh karena itu akan dilakukan perancangan dengan biaya yang terjangkau. Tujuan dari penelitian ini adalah tersedianya alat desain kursi roda bagi penderita *stroke* sebagai indikator utamanya telah teruji, maka dari itu langkah awal penelitian ini dimulai dari pembuatan alat, Kalibrasi, dan pengujian serta yang terakhir yaitu menganalisis uji kelayakan dari desain kursi roda tersebut.

2.2 Desain

Desain merupakan suatu proses yang sudah ada sejak lama dan mungkin sudah ada sejak awal keberadaan manusia di dunia. Definisi desain sendiri berdasarkan pada perspektif dan konteks itu sendiri. Desain adalah proses pemecahan masalah dengan target atau objektif yang jelas (Archer, 1965). Untuk mendesain perlu merumuskan rencana untuk memenuhi kebutuhan atau memecahkan masalah tertentu. Apabila desain tersebut menghasilkan suatu produk, maka produk tersebut harus fungsional, aman, handal, kompetitif, dapat difabrikasi dan digunakan, maupun dapat dipasarkan (Shigley, 2010). Oleh karena itu desain selalu membutuhkan perbaikan dan perkembangan sehingga dapat terus berkembang. Perbaikan dan perkembangan tersebut dapat berupa inovasi dan modifikasi dari desain asli tanpa menghilangkan tujuan utama dalam suatu produk. Inovasi merupakan suatu ide, rencana, atau suatu objek yang dapat direalisasikan dan diterima menjadi sesuatu produk yang baru untuk masyarakat maupun instansi tertentu. Inovasi selalu berhubungan dengan desain karena desain merupakan suatu perwujudan dari suatu inovasi (Alhadi, 2018).

Dalam melakukan suatu desain diperlukan suatu proses yang disebut dengan *engineer design process* atau proses desain teknik, pada hal tersebut terdapat 5 tahapan dasar yang biasanya digunakan sebagai pemecah masalah yang terjadi pada saat mendesain. Masalah pada saat mendesain biasanya terdefinisikan sebagai samar-samar atau tidak jelas dan memiliki banyak jawaban yang dianggap benar, proses tersebut diperlukan suatu menelusuri kembali dan pengulangan (Seyyed Khandani, 2005) Berikut 5 tahapan dasar proses desain teknik diantaranya.



Gambar 2. 1 Tahapan proses desain teknik

(Sumber : Yousef Haik & Sangarappillai Sivaloganathan.,2015)

1) Identifikasi Masalah

Dalam mengidentifikasi masalah perlu memulai solusi untuk masalah desain dengan definisi yang jelas dan tidak ambigu, hal tersebut sering kali dimulai dengan ketidakjelasan dan ide abstrak didalam benak desainer. Membuat suatu definisi yang jelas dari masalah desain lebih sulit karena hal tersebut dapat berkembang melalui serangkaian langkah saat mengembangkan pemahaman tentang masalah tersebut lebih lengkap. Aktifitas desain teknik sering muncul terhadap respon kebutuhan manusia. sebelum dapat mengembangkan suatu definisi permasalahan pada masalah desain, perlunya mengenali kebutuhan untuk produk baru, sistem, atau mesin. Terdapat beberapa kriteria awal yang harus diperhatikan dalam melakukan identifikasi masalah pada saat akan memulai mendesain, diantaranya :

- a. Desain harus murah pada saat diproduksi
- b. Desain harus aman, terutama kepada anak kecil.
- c. Desain tidak boleh merugikan alam sekitar.
- d. Desain harus mudah digunakan dengan usaha seminimal mungkin.

2) Merumuskan Informasi Masalah

Sebelum melangkah jauh dalam melakukan proses desain, perlunya mengumpulkan semua informasi yang berkaitan dengan masalah yang ada. Menghabiskan waktu untuk mencari informasi tentang masalah yang ada akan terbayarkan dalam melakukan proses desain. Merumuskan informasi masalah dapat mengungkapkan fakta tentang masalah yang terdapat pada identifikasi masalah, karena hal tersebut memungkinkan untuk dapat mengetahui kesalahan awal yang terjadi pada desainer sebelumnya. Merumuskan masalah selalu dimulai dengan beberapa pertanyaan, jika masalah bertujuan untuk suatu kebutuhan yang baru, maka tidak ada solusi yang ada, jadi jelas beberapa pertanyaan tentang masalah tersebut tidak perlu untuk ditanyakan.

3) Menentukan Alternatif Solusi

Langkah selanjutnya pada proses desain dimulai dengan kreatifitas dalam menghasilkan suatu ide baru yang dapat memecahkan masalah yang ada. Kreatifitas lebih dari sekedar aplikasi sistematis dalam aturan dan teori untuk memecahkan masalah teknis. Dimulai dengan solusi yang ada kemudian memecah bagian demi bagian untuk mencari tahu kesalahan pada solusi tersebut dan fokus pada kelemahan yang ada untuk memperbaiki. Secara terus menerus mengkombinasikan ide baru, peralatan, dan metode untuk menghasilkan suatu solusi permasalahan yang unik.

4) Analisa dan Memilih Alternatif Masalah

Sebelum memutuskan solusi desain yang digunakan, perlu dilakukan analisis setiap alternatif solusi dengan beberapa tipe analisis pada setiap desain. Analisis yang perlu diperhatikan dalam penentuan desain yaitu ergonomis, analisis kekuatan, sistem kelistrikan, kemampuan pengujian, keamanan produk, dan analisis pasar.

5) Penerapan dan Uji Coba Desain

Tahap terakhir dari proses desain adalah penerapan yang mengacu pada konstruksi, proses pembuatan dan uji coba pada solusi desain yang dipilih untuk masalah desain. Perlu memperhatikan beberapa metode penerapan seperti pembuatan prototype dan mendokumentasikan solusi tersebut.

2.3 Kursi Roda

Kursi roda atau dalam bahasa Inggris dikenal dengan istilah (*wheelchair*) merupakan alat bantu yang dikhususkan untuk orang penyandang disabilitas atau kurangnya kemampuan berjalan dengan menggunakan kaki yang disebabkan oleh penyakit, cedera maupun bawaan dari lahir. Alat tersebut digerakkan dengan bantuan orang lain, digerakkan dengan tangan, ataupun menggunakan penggerak eksternal dengan motor elektrik. Umumnya kursi roda sering kali digunakan oleh para penyandang cacat fisik (khususnya penyandang cacat kaki), orang tua (manula), penderita paraplegia, dan lainnya (Mawardi & Lianda, 2018). Saat ini terdapat banyak tipe kursi roda yang tersedia di pasaran yang didesain berdasarkan perbedaan bentuk dan fungsinya. Selain itu kursi roda juga digunakan untuk kegiatan olahraga. Kursi roda dibagi menjadi dua jenis, yaitu kursi roda manual dan kursi roda elektrik. Kursi roda manual dibagi menjadi kursi roda standard dan sport wheelchair. Kursi roda elektrik sendiri dibagi menjadi beberapa model, antara lain traditional, platform, dan round base model (Batan, 2006).

Seiring dengan perkembangan teknologi yang pesat terdapat beberapa jenis kursi roda yang ada di pasar. Hal tersebut didesain berdasarkan pada bentuk dan fungsi yang berbeda. Adapun jenis kursi roda dapat dibedakan seperti kursi roda manual, kursi roda elektrik dan kursi roda di bidang olahraga. Setiap kursi roda memiliki bentuk dan fungsi yang berbeda, tetapi diskusi dalam penelitian ini pada kursi roda dengan fitur berdiri (*standing*).

2.3.1 Komponen Kursi Roda



Gambar 2.2 Komponen kursi roda

(Sumber : Ellyana Sungkar & Hasan Sadikin.,2011)

Seperti terlihat pada gambar 2.2 berikut adalah bagian-bagian komponen dari kursi roda dan penjelasannya :

- *Push Handle* : *Push Handle* terletak dibagian belakang kursi roda. Pada bagian untuk pegangan dipasang karet untuk membuat lebih nyaman saat digunakan untuk mendorong.
- *Armrest* : *Armrest* adalah sandaran tangan. Diletakkan didua bingkai dari kursi roda dan dirancang sangat kokoh untuk menahan beban saat digunakan untuk bersandar.
- *Backseat* : *Backseat* adalah tempat punggung pengguna diletakkan.
- *Frame* : *Frame* adalah struktur yang berbentuk tabung untuk menopang jok dan roda.
- *Seat* : *Seat* adalah tempat duduk untuk pengguna. Untuk membuat lebih nyaman, ditambahkan bantal/busa.
- *Wheel* : *wheel* adalah roda belakang yang digunakan untuk menjalankan kursi roda oleh penggunanya sendiri tanpa bantuan dari orang lain.
- *Brake* : *brake* adalah rem yang berfungsi untuk mengatur kecepatan saat kursi roda di jalankan oleh pengguna. Rem juga berfungsi untuk mengunci kursi roda agar tidak bergerak jika tidak diinginkan.
- *Fork* : *fork* adalah garpu penghubung antara rangka utama dengan roda depan.
- *Heel loop* : *Hell Loop* terletak pada bagian belakang tumit, bertujuan untuk menjaga posisi kaki agar tetap berada di tengah.
- *Footplate* : *Footplate* dapat bergerak ke atas dan ke bawah, bertujuan untuk mengatur posisi kaki saat sedang istirahat untuk mendapatkan kenyamanan.

- *Caster wheels* : *Chaster Wheels* adalah roda yang terletak dibagian depan dan mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan roda bagian belakang. Ukuran dari roda depan ini berdiameter 8 inci.
- *Footrest* : *Footrest* adalah tempat pijakan kaki, dapat disesuaikan dengan jenis kaki yang berbeda.

2.3.2 Jenis – Jenis Kursi Roda

Adapun jenis-jenis kursi roda selain digunakan sebagai alat medis, kursi roda juga digunakan pada aktifitas dibidang olahraga. Karena setiap kursi roda memiliki bentuk dan fungsi yang berbeda, tetapi diskusi dalam penilitan ini pada kursi roda dengan fitur berdiri (*standing*). Berikut macam – macam kursi roda :

1. Kursi Roda Manual



Gambar 2.3 Kursi roda manual

(Sumber : Ellyana Sungkar & Hasan Sadikin.,2011)

Kursi roda manual seperti pada gambar 2.3 merupakan kursi roda yang paling sering digunakan terutama oleh masyarakat Indonesia. Perangkat ini juga menyediakan *velg* yang memungkinkan pengguna mendorong roda secara mandiri ke arah depan dan belakang. Selain itu juga memungkinkan pengguna melakukan berputar. Kursi roda ini dapat dioperasikan dengan bantuan orang lain maupun oleh penggunanya sendiri dengan cara mendorong komponen pushrim. Kursi roda ini umumnya digunakan oleh pasien dengan kondisi cedera atau patah kaki sebagian. Penggunaan kursi roda manual secara terus menerus dapat menyebabkan masalah kesehatan. Hal ini terjadi jika penggunanya tidak meluangkan waktu untuk sekadar berdiri.

2. Kursi Roda Elektrik



Gambar 2.4 Kursi roda elektrik

(Sumber : Ellyana Sungkar & Hasan Sadikin.,2011)

Kursi roda elektrik seperti gambar 2.4 merupakan suatu alat bantu mobilitas yang digunakan oleh penyandang disabilitas dengan penggerak *external* dari motor elektrik berarus searah atau *Direct Current (DC)*. Kursi roda elektrik dibagi menjadi 3 kategori yaitu *electrically powered wheelchairs*, *electrically powered push*, dan *scooters*. Dalam penggunaannya 3 kategori tersebut dibagi sesuai dengan penggunaannya yaitu *indoor*, *indoor/outdoor* dan *outdoor* (Woerden, 2001).

3. Kursi Roda Olahraga



Gambar 2.5 Kursi roda olahraga

(Sumber : Ellyana Sungkar & Hasan Sadikin.,2011)

Kursi roda olahraga atau biasa dikenal seperti pada gambar 2.5 sebagai kursi roda sport ini digunakan oleh atlet disabilitas untuk berkompetisi dalam beberapa cabang olahraga yang membutuhkan kecepatan dan kelincahan. Kursi roda ini memiliki fitur dan spesifikasi yang berbeda untuk beberapa cabang olahraga, dengan ciri – ciri kemiringan yang tajam pada roda tersebut.

4. Kursi Roda dengan Fitur Berdiri



Gambar 2.6 Kursi roda dengan fitur berdiri

(Sumber : Ellyana Sungkar & dr. Hasan Sadikin.,2011)

Kursi roda dengan fitur berdiri seperti pada gambar 2.6 merupakan salah satu inovasi dalam teknologi kursi roda, kursi roda ini dibuat dengan tujuan supaya pengguna dapat merasakan sensasi dapat berdiri selayaknya orang normal. Kursi roda ini didesain berdiri supaya pengguna dapat terangkat pada posisi yang lebih tinggi. Mekanisme pengangkatan dilakukan dengan menggunakan sistem hidrolik. Selain dengan sistem hidrolik bisa juga digunakan motor linier untuk mekanisme pengangkatan.

2.4 Karakteristik Rangka Kursi Roda

Bagian utama dari kursi roda adalah rangka atau *frame*. Rangka kursi roda merupakan pondasi untuk memasang dan menopang elemen-elemen yang lain hingga membentuk kursi roda secara utuh. Rangka memiliki fungsi buat mempertahankan bentuk dari kendaraan serta menahan beban tubuh selama pengguna memakainya. Karakteristik rangka terdiri dari tebal rangka, bentuk rangka dan material rangka yang digunakan. karakteristik setiap kursi roda berbeda- beda, tergantung dari jenis kursi rodanya, dan yang pasti juga berpengaruh terhadap harga berasal kursi roda tersebut.

2.5 Tegangan Pada Rangka

Tegangan adalah besaran fisika yang mengukur besarnya gaya yang diterapkan pada suatu objek per satuan luasnya. Tegangan dapat dihitung menggunakan Rumus sebagai berikut :

$$\sigma = P/A$$

(Sumber : Khurmi, *Machine Design Book*.,2005)

Keterangan :

- P = gaya yang bekerja (N)
- A = luas penampang (m^2)
- σ = tegangan (N/m^2 atau Pa)

2.6 Daya Motor

Daya motor yang dibutuhkan diperoleh dengan mengalikan beban total (F_t) dengan kecepatan (V)

$$P_t = F_t \times V$$

(Sumber : Khurmi, *Machine Design Book*.,2005)

Salah satu kebutuhan dalam memilih *wheelchair* fitur *standing* adalah spesifikasi teknis dari sistem yang tersedia dan didasarkan pada nilai fisik seperti medan, kemiringan dan massa pengguna dan juga variasi medan seperti pasir tanah dan rumput. Oleh karena itu, dalam penentuan rancangan kursi roda dengan fitur berdiri ini hal yang harus diperhitungkan adalah hambatan tenaga penggerak (*propulsion*) yang digunakan untuk memperkirakan daya motor listrik yang sesuai. Adapun gaya hambat total terdiri dari gaya hambat *aerodynamic resistance* (*drag*), gaya hambat *rolling resistance*, gaya hambat tanjakan/*slope resistance*.

a) *Aerodynamic resistance*

Untuk mengetahui nilai gaya hambat aerodinamis dilakukan perhitungan berdasarkan persamaan :

$$RA = 0,5 \times \rho \times A_f \times Cd \times v^2$$

(Sumber : Khurmi, *Machine Design Book*.,2005)

Dimana : R_A = Gaya hambat angin

ρ = massa jenis udara (m^3)

A_f = luas frontal (m^2)

Cd = Koefisien hambatan

v^2 = Kecepatan relative (km/h)

b) Rolling resistance

Gaya ini merupakan gesekan pada roda yang berhubungan dengan jalan. Hal ini dipengaruhi oleh kualitas rangka, roda, permukaan jalan, tekanan roda, berat pengguna.

$$R_R = m_t \times g \times C_r$$

(Sumber : Khurmi, *Machine Design Book*.,2005)

Dimana : R_r = Gaya *rolling resistance*

m_t = massa total

g = percepatan gravitasi

C_r = Koefisien *rolling resistance*

c) Slope resistance

Ketika menanjak, kursi roda (*wheelchair*) membutuhkan daya yang cukup untuk membawa beban sendiri ditambah berat pengguna. Ini merupakan pengaruh dari kemiringan jalan dan kecepatan. Semakin bertambahnya ketinggian, maka energi potensial juga meningkat.

$$R_s = m_t \times g \times \sin \theta$$

(Sumber : Khurmi, *Machine Design Book*.,2005)

Dimana : R_s = Gaya *slope resistance*

m_t = massa total

g = percepatan gravitasi

$\sin \theta$ = gradien kemiringan jalan

2.7 Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Faktor keselamatan atau *factor of safety (FoS)* merupakan ketentuan untuk mendiskripsikan kapasitas beban pada sistem di atas perkiraan atau beban aktual. Pada dasarnya, FoS merupakan seberapa kuat suatu sistem dari yang biasanya dibutuhkan untuk beban yang diinginkan. FoS biasa dihitung menggunakan analisis mendetail karena pengujian komprehensif dilakukan secara tidak praktis pada beberapa proyek, seperti jembatan dan bangunan, tetapi kemampuan struktur untuk menahan atau mengangkat beban harus diperhitungkan secara akurat. Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung FoS dapat dilihat pada persamaan.

$$FoS = \frac{Ys}{Ds}$$

(Sumber : Khurmi, *Machine Design Book*.,2005)

Dimana : FoS = Faktor keselamatan

Ys = Kekuatan material

Ds = Beban yang diterima

2.8 Penggunaan Material

Pemilihan material yang tepat sangat penting untuk meningkatkan kekuatan rangka pada kursi roda. Menurut Ahmad GW Rahman (2017), material yang umum digunakan untuk membuat rangka kursi roda adalah aluminium dan *Stainless steel*. Pada proses simulasi desain ini material yang saya gunakan adalah *Stainless steel* tipe 316L karena tipe ini merupakan tipe yang sering beredar di pasaran. Penggunaan material ini bertujuan untuk memberikan struktur yang kuat namun ringan yang kekuatannya sudah diuji karena sifatnya yang tahan lama dan tidak mudah berkarat maka membuat kursi roda menjadi lebih awet dalam penggunaannya.

2.9 *Stainless Steel 316L*

Stainless steel merupakan *steel alloy* dengan penambahan kromium yang membuat sifat bahan tersebut menjadi tahan terhadap karat (*stainlees*). Berdasarkan komposisinya *stainless steel* dibagi atas *martensitic*, *ferritic*, dan *austenitic*. *Stainless steel 316L* adalah salah satu varian *molybdenum alloy austenitic* dengan komposisi rendah karbon yang digunakan didalam berbagai industri dengan kebutuhan spesifikasi logam yang tahan korosi. Kodifikasi dari penamaan tipe 316L merupakan salah satu tipe *Stainless steel* yang dipakai didalam pembuatan implant karena material tersebut memiliki komposisi karbon rendah sehingga dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi sama halnya *molybdenum* pada material tersebut (Ikmal Hafizi 2016). Dengan kandungan kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida kromium, dimana lapisan oksida ini menghalangi oksidasi besi membuat baja ini tidak bisa berkarat (Fikri Hanif, 2020). Perawatan *stainless* sangat mudah tidak seperti besi yang harus dicat atau *dichrome*. *Stainlees* hanya perlu dilap untuk mengembalikan kilapnya seperti baru, tetapi apabila terjadi penggoresan pada *stainlees steel*, hanya perlu dipoles untuk menjadikan kilap seperti semula. Pada proses pembuatan prototype kursi roda ini kerangka yang akan digunakan adalah material berjenis *Stainless steel*.

Keuntungan penggunaan *Stainless steel* adalah sebagai berikut :

- Memiliki tahan korosi yang tinggi serta tahan terhadap api dan panas sehingga material dapat bertahan jika ditempatkan pada temperatur yang tinggi.
- Estetika penampilan, memberikan penampilan yang menarik dan modern.
- Mudah dibersihkan, dibandingkan dengan jenis logam lain, stainless steel bersifat isolator sehingga tidak mudah ditemeli oleh bahan lain. Hal ini sekaligus memudahkan dalam merawatnya.
- Sangat kuat, *Stainless steel* terbuat dari logam yang sangat rapat sehingga tidak mengandung pori-pori.
- Tahan lama, sifat dari *stainless steel* ini adalah tahan lama dan tidak mudah rusak.

Tabel 2.1 Komposisi *Stainless Steel 316L*

| C | SI | S | P | MN | NI | CR | MO | FE |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|----|
| 0,029 | 0,390 | 0,035 | 0,050 | 1,648 | 9,930 | 16,860 | 2,057 | - |

Sumber : Arga Jeremia Sinaga,.2020

Tabel 2.2 Sifat Mekanik *Stainless Steel 316L*

| <i>Tensile</i> (MPa) | <i>Yield</i> (MPa) | <i>Elongation</i> (%in50mm) | <i>Hardness</i> <i>Rocwell</i> (HRB) | <i>Density</i> (kg/m ³) | <i>Elastic</i> <i>Modulus</i> (GPa) | <i>Specific</i> <i>Heat</i> (J/Kg.K) | <i>Electric</i> <i>Resistivity</i> (nΩ.m) |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|--|--|---|--|---|
| 485 | 170 | 40 | 95 | 8000 | 193 | 500 | 740 |

Sumber : Arga Jeremia Sinaga,.2020

2.10 Metode Elemen Hingga (*Finite Element Analysis*)

Metode elemen hingga merupakan alat canggih yang dapat digunakan sebagai penyelesaian berbagai persoalan teknik dan dipakai secara luas juga diterima di bidang industri. Perkembangan metode elemen hingga antara lain dapat diaplikasikan dalam pembuatan industri kendaraan. Tahapan analisis dan evaluasi secara menyeluruh dapat dilakukan secara aktual. Metode ini dilakukan dengan menganalisa suatu benda kerja yang dibagi dalam bagian-bagian kecil untuk dianalisis (Amir Hamzah, 2021).

Metode elemen hingga termasuk salah satu metode numerik yang cocok diterapkan untuk menghitung gaya dalam (*internal forces*) pada berbagai kasus dibidang rekayasa. Proses Analisa dilakukan yang disajikan dalam formulasi matriks. Metode elemen hingga

dapat digunakan untuk mengoptimalkan desain sistem dengan memprediksi bagaimana perubahan pada desain akan mempengaruhi perilaku sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu metode ini juga dapat digunakan untuk menemukan titik lemah dalam suatu sistem dan untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi sistem.

2.11 *Solidworks*

Solidworks adalah *software design engineering* khususnya design model 3D yang di produksi oleh *DASSAULT SYSTEMES*. Software ini biasanya digunakan dalam mendesign model 3D. SolidWorks merupakan perangkat lunak yang dapat memprogram rancangan bangun yang baik digunakan untuk mengerjakan desain produk, desain mesin, desain *mould*, desain konstruksi, ataupun keperluan teknik lain. (Ajiman, 2022)

Sebagai *software CAD Solidworks* dipercaya sebagai *software* yang memfasilitasi perancangan suatu objek. Di Indonesia sendiri sudah banyak perusahaan yang mengimplementasikan *software solidworks*. Keunggulan *software* ini dibandingkan software CAD lainnya adalah dapat membuat sketsa 2D yang dapat diupdate menjadi 3D. Selain itu juga dilengkapi *tool* yang digunakan untuk menghitung dan analisis hasil desain seperti getaran, tegangan, regangan, maupun pengaruh suhu angin dan lebih mudah digunakan karena dirancang khusus menggambar objek yang sederhana atau bahan kompleks. Ini membuat *solidworks* populer dan mengubah popularitas perangkat lunak CAD lainnya.

2.12 *ANSYS Workbench*



Gambar 2.7 Logo *Ansys Workbench*

(Sumber : Ajei S.Gopal.,2020)

ANSYS merupakan perangkat lunak yang dapat memodelkan elemen hingga untuk menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan mekanika, termasuk didalamnya masalah statik, dinamik, analisis struktural baik linier maupun non linier, masalah fluida, dan masalah perpindahan panas dan sebagainya.

ANSYS workbench juga dapat berintegrasi dengan *software CAD* sehingga memudahkan pengguna dalam membangun model geometri dengan berbagai software CAD. *Ansys* juga dipakai untuk menganalisa masalah-masalah rekayasa (*engineering*). Program

Ansys juga dapat digunakan dalam Teknik sipil, Teknik listrik, fisika dan kimia. Secara umum penyelesaian FEA (*Finite Element Analysis*) atau elemen hingga menggunakan *Ansys Workbench* dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu :

1. *Pre-processing*

Pre-processing adalah langkah awal dalam proses Metode Elemen Hingga (MEH). Pada *pre-processing* terdapat beberapa fungsi, dimana kita harus men-set secara detail fungsi-fungsi tersebut akan menghasilkan perhitungan yang spesifik pada benda yang akan dianalisa. Fungsi tersebut terdiri dari :

- *Modelling*
- *Element Type*
- *Material Properties*
- *Meshing*
- *Entities*

Adapun langkah umum dalam *Pre-processing* yaitu :

- Mesh lines/ areas/ volumes dan mendefinisikan tipe element / sifat geometric

2. *Simulation processing*

Pada tahap ini perlu menentukan beban (titik atau tekanan), *constraints* (translasi dan rotasi) dan kemudian menyelesaikan hasil persamaan yang telah diatur. Pada tahapan ini MEH telah mendekati proses akhir, yaitu proses analisa dan perhitungan otomatis yang dilakukan *ANSYS*, tetapi sebelum mencapai proses perhitungan dan analisa ada beberapa langkah dalam proses *solutions* yang harus dilalui terlebih dahulu.

Langkah-langkah tersebut adalah :

- *Constrain*
- *Initial velocity*
- *Loading option*
- *Time control*
- *Solven*

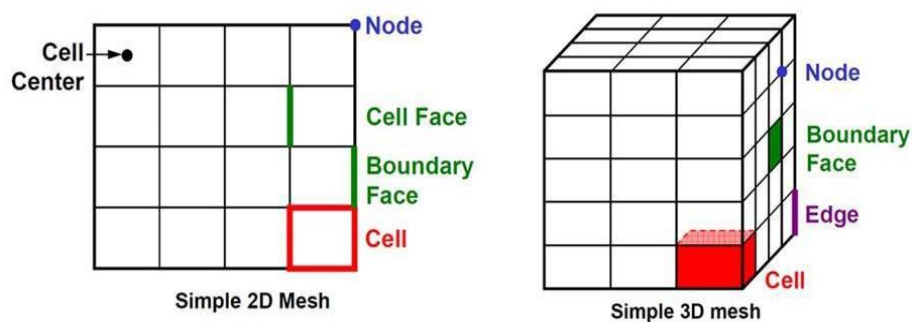
3. *Post-processing*

Post-processing merupakan tahap akhir dari simulasi yaitu merupakan tahap penampilan hasil serta analisa terhadap hasil yang diperoleh. Pada bagian *post-processing* ini merupakan hasil dari tahap *simulation* yang akan ditampilkan seperti daftar pergeseran nodal, gaya elemen dan momentum, *plot deflection*, dan diagram kontur tegangan (*stress*) atau pemetasan suhu.

2.13 Proses *Meshing*

Meshing adalah proses membagi komponen yang akan dianalisis menjadi elemen-elemen kecil atau diskrit (Yusra, 2008). Semakin baik kualitas *mesh* maka akan semakin tinggi tingkat konvergensinya. Apabila semakin kecil nilai *meshing* maka semakin kecil pula pembagian elemen pada model. Sehingga hasilnya semakin akurat dan sebaliknya untuk nilai *meshing* yang semakin membesar maka pembagian elemen pada model juga hasilnya akan kurang akurat. *Meshing* adalah bagian penting dari analisa sebab jika hasil *meshing* kurang baik maka akan menghasilkan hasil yang berbeda bahkan bisa saja tidak mendekati kondisi yang sebenarnya.

Pembuatan mesh atau yang lebih dikenal dengan istilah *meshing*, adalah salah satu langkah dalam *pre-processing* sebuah simulasi. Mesh ini sendiri berguna untuk membagi geometry dari model menjadi banyak elemen yang nantinya digunakan oleh solver untuk membangun volume kontrol. Kualitas *meshing* bisa dikatakan baik apabila memiliki nilai rata – rata antara 0.0 – 0.4 mm, dan dikatakan sedang jika mempunyai nilai rata – rata 0.5 – 0.7 mm, dan dikatakan buruk jika mempunyai nilai rata – rata 0.8 – 1.0 mm. *meshing* merupakan representasi dari metode elemen hingga. Dalam metode *meshing* yang dilakukan untuk menganalisa struktur kerangka mesin ini yaitu *hex dominant method*.



Gambar 2.8 Proses Meshing

(Sumber : Yusra.,2008)

Pada MEH (Metode Elemen Hingga), dalam pengaturan pembuatan mesh, dijumpai opsi *fine* (halus) dan *coarse* (kasar). *Fine mesh* akan mengandung lebih banyak *cell* sehingga membentuk model yang halus. *Fine mesh* tentunya akan menghasilkan hasil perhitungan yang lebih akurat, karena persamaan dihitung pada jarak *cell* yang lebih rapat. Ini berguna untuk menghasilkan mesh yang baik dan proporsional (d disesuaikan dengan *gradient* parameter yang bekerja pada *cell/noda* tersebut, misal untuk : gradien kecepatan, densitas, tekanan, dan lain-lain).