

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Danang Singgih Saputro (2019) “PERANCANGAN SCOOTER LIPAT OTOMATIS RODA TIGA” Penelitian ini memuat tentang perancangan Skuter lipaat otomatis roda tiga ini bertujuan agar pengguna dapat mengendarai transportasi yang digunakan dalam ruangan dengan energi penggerak yang berasal dari listrik dan skuter dapat disimpan di ruang yang mempunyai dimensi tidak lebih dari 1m x 1mx 1m, selain itu skuter dapat melipat dan membuka secara otomatis sehingga memudahkan pengguna.

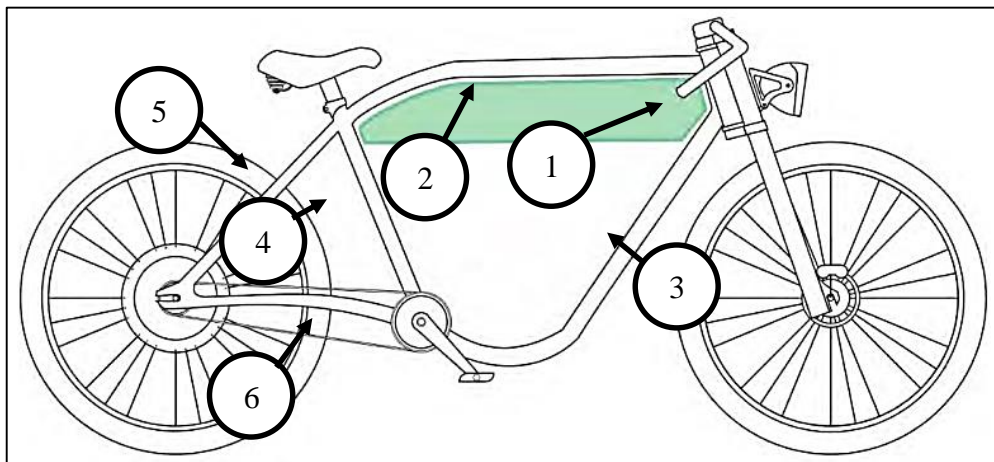
Raffudin Syam (2015)”RANCANG BANGUN SELF BALANCING SCOOTER SEBAGAI MODAL TRANSPORTASI” Penelitian ini untuk merancangbangun diri menyeimbangkan skuter sebagai alat transportasi. Lebih detail, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kontrol self-balancing skuter, merancang, serta menguji diri menyeimbangkan skuter. Self-balancing skuter menggunakan dua motor DC sebagai aktuator dikendalikan melalui mindstrom lego nxt dan sensor gyroskop.

Benny Setiawan (2014)”RANCANG BANGUN SEPEDA LISTRIK” Penelitian ini untuk merancang bangun sepeda listrik dan menganalisa batas kemampuan mesin listrik untuk beroperasi.

Ferry Hasiholan (2020)”RANCANG BANGUN SCOOTER LISTRIK DENGAN BEBAN 55KG”Penelitian ini untuk merancang scooter listrik dengan desain scooter pada umumnya yang penelitiannya merujuk pada beban maksimal pada scooter”

### 2.3 Model Sepeda

Sepeda listrik adalah sepeda dengan sistem tambahan motor listrik sebagai sumber tenaga penggerak. Sepeda listrik memiliki rangka yang berfungsi untuk menopang seluruh komponen pada sepeda agar dapat digunakan sesuai rancangannya. Rangka pada sepeda listrik sangat menentukan kekuatan dan tingkat kenyamanan dari sepeda listrik tersebut. Rangka berfungsi sebagai tempat dipasangnya komponen-komponen lain, seperti roda, sadel, dan lain lain (Prayoga 2017). Bagian-bagian utama dari rangka sepeda listrik dapat dilihat seperti pada gambar 2.1 :



Gambar 2.1 Bagian utama rangka sepeda  
(sumber:(Fajri 2018))

Bentuk sepeda listrik seperti terlihat pada gambar 2.1, memiliki bagian-bagian rangka sepeda tertentu dan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Head Tube : Bagian rangka sepeda yang terdapat handle bar sepeda pada bagian atas dan garpu roda sepeda.
2. Top Tube : Bagian rangka sepeda yang menghubungkan head tube dan seat tube.
3. Down Tube : Bagian rangka sepeda yang menghubungkan head tube dan chain stay sepeda.
4. Seat Tube : Bagian rangka sepeda yang berfungsi menyangga sadel sepeda
5. Seat Stay : Bagian rangka sepeda yang menghubungkan bagian atas seat tube dengan roda belakang sepeda
6. Chain Stay : Bagian rangka sepeda yang menghubungkan down tube sepeda dengan roda belakang sepeda

Sepeda memiliki berbagai macam jenis tipe frame atau disebut juga rangka sepeda. Rancangan sepeda yang dipilih adalah sepeda dengan gaya boardtrack karena bentuk model sepeda ini mampu merepresentasikan kendaraan roda dua yang khas dan sangat iconic di dunia. Sepeda ini memiliki dimensi yang ramping, bentuk dan ergonomi khas sepeda retro. Sehingga akan mendukung secara konsep dan acuan desain sepeda listrik yang cepat dan memiliki style yang menarik (Fajri 2018).



Gambar 2.2 Model rangka sepeda

( sumber <https://otomotif.okezone.com/read/2017/07/28/15/1745519/keren-sepeda-listrik-ini-bergaya-retro-tapi-belum-dijual> )

Rancangan sepeda boardtrack ini akan digunakan pada medan perkotaan karena frame ini terkenal kuat dan stabil untuk kecepatan tinggi. Selain itu perencanaan untuk medan yang dilalui adalah perkotaan yang cenderung rata.

## 2.4 Karakteristik Rangka Sepeda

Seiring dengan berkembangnya teknologi, maka berkembang pula karakteristik dari rangka sepeda. Karakteristik rangka terdiri dari tebal rangka, bentuk profil dan material rangka yang digunakan. Karakteristik setiap sepeda berbeda-beda, tergantung dari jenis sepedanya, dan yang pasti juga berpengaruh terhadap harga dari sepeda tersebut. (Yudistira Seotika Putra 2015)

### 2.4.1 Bentuk Profil dan Tegangan Bending Rangka

Secara umum profil rangka sepeda adalah lingkaran, profil rangka ini paling banyak digunakan karena proses manufakturnya yang mudah. Yang membedakan dari bentuk profil ini adalah dari segi tegangan bending dan proses manufaktur. Untuk mengetahui jenis profil yang lebih baik maka harus diketahui terlebih dahulu tegangan bending yang terjadi pada profil. Berikut adalah persamaan dasar mencari tegangan bending.

$$\sigma b = \frac{M.y}{I} \quad (\text{Yudistira Seotika Putra 2015})$$

Keterangan:  $\sigma_b$  : Tegangan bending

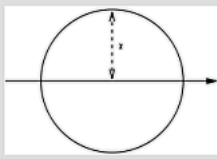
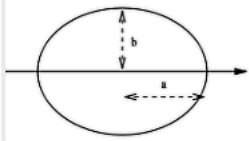
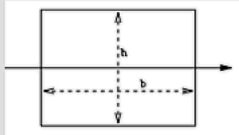
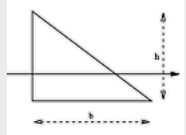
M : Momen

y : Jarak dari sumbu netral ke tegangan normal

I : Momen Inersia

Dimana momen inersia untuk setiap profil berbeda- beda, berikut momen inersia pada setiap profil bantuk rangka dijabarkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Momen Inersia Profil Lingkaran, Oval, Kotak dan Segitiga

No	Profil	Momen Inersia
1		$I_x = \frac{\pi}{4}r^4$ $I_y = \frac{\pi}{4}r^4$ $I_z = \frac{\pi}{2}r^4$
2		$I_x = \frac{\pi}{4}ab^3$ $I_y = \frac{\pi}{4}a^3b$
3		$I_x = \frac{bh^3}{12}$ $I_y = \frac{b^3h}{12}$
4		$I_0 = \frac{bh^3}{36}$

#### 2.4.2 Perhitungan Momen Inersia

Jenis pipa yang akan digunakan memiliki profil berbentuk rectangular tube pada bagian down tube dan seat stay dengan dimensi tinggi dan lebar sebesar 22 mm dengan tebal 1,5 mm.

1. Profil Rectangular

2. Profil Circle

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$I = \frac{22 \times 22^3}{12}$$

$$I = 19521,3333$$

$$I = \frac{\pi}{4} \times r^4$$

$$I = \frac{\pi}{4} \times 11^4$$

$$I = 11499,0145$$

Dari hasil perhitungan momen inersia untuk penampang rectangular dan penampang lingkaran maka dapat disimpulkan bahwa momen inersia penampang rectangular lebih besar dari penampang silinder, maka rancangan bentuk penampang rectangular lebih kaku dan selanjutnya dapat digunakan untuk rangka sepeda.

## 2.5 Analisa Beban dan Tegangan

Secara umum langkah-langkah yang harus dilakukan pada analisa tegangan adalah:

- Memperhatikan beban-beban (loads) luar yang bekerja pada suatu struktur.
- Memperhatikan beban-beban (loads) yang bekerja pada bagian-bagian suatu struktur.
- Menentukan lokasi kritis dari struktur tersebut.
- Menghitung besar beban yang bekerja pada daerah kritis tersebut.

Setelah melengkapi urutan langkah tersebut maka langkah selanjutnya adalah menentukan tegangan-tegangan lokal yang mungkin menimbulkan kegagalan baik kegagalan statik maupun yang mengarah pada kerusakan karena lelah (fatigue fracture), atau kemungkinan terjadinya rangkakan (creep) dan sebagainya.

## 2.6 Teori-Teori Kegagalan

Secara umum untuk pembebanan static terdapat dua tipe kriteria, yaitu:

1. Distorsi (distorsion) atau deformasi plastis (plastic strain)

Deformasi plastik adalah perubahan bentuk yang merupakan kelanjutan dari deformasi elastik yang bersifat permanen meskipun tegangan dihilangkan. Elemen dinyatakan gagal apabila material dari elemen mesin tersebut sudah mengalami deformasi plastic karena sudah melewati harga batas tertentu. Harga batas ini adalah tegangan luluh (yield point) material, atau jika material tidak memiliki data yield point, maka dapat digunakan standar 0,2 offset yield point.

2. Patah/ rusak (fracture)

Kegagalan ini dinyatakan apabila material dari elemen mesin tersebut sudah patah atau terpisah menjadi dua bagian atau lebih. Untuk tipe kegagalan ini dipergunakan

batas harga tegangan maksimum (tarik maupun tekan) yang diijinkan pada material. Untuk pembebanan dinamik atau beban siklik kriteria kegagalan untuk pembebanan statik dapat dipergunakan, sedangkan pada prediksi keadaan tegangan dikombinasikan dengan fatigue limitnya.

### 2.6.1 Teori- Teori Kegagalan Statik

Teori- teori kegagalan statik adalah suatu teori yang menjelaskan kegagalan pada suatu spesimen tes standar. Jika luluh terjadi, maka ini mungkin disebabkan oleh beban yang melebihi kapasitas kemampuan dari materialnya, yang terdiri dari masing-masing kapasitas bertahan terhadap tegangan normal, tegangan geser, regangan normal, regangan geser, kapasitas menyerap energi regangan dan kapasitas untuk menyerap distorsi energi. Jadi, jika dari tes tarik standar diketahui suatu material mempunyai kekuatan luluh misalnya 100 ksi, maka asumsi harus selalu diambil bahwa material tersebut akan luluh bila menerima sembarang kombinasi-kombinasi pembebanan statik yang mana bisa salah satu dari kondisi berikut, jika:

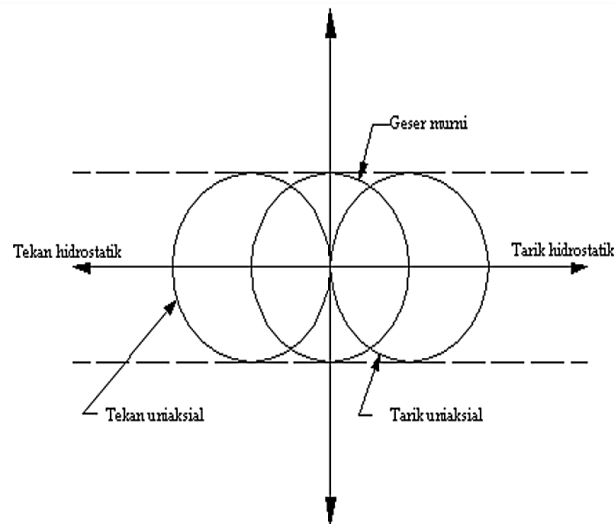
- a. Tegangan normal maksimum melebihi 100 ksi tegangan geser maksimum melebihi 50 ksi.
- b. Regangan normal maksimum melebihi harga maksimum yang dimiliki material.
- c. Energi regangan total maksimum melebihi harga yang dimiliki material.
- d. Distorsi energi maksimum melebihi harga yang dimiliki material.

### 2.6.2 Teori Kegagalan Tegangan Geser Maksimum

Ide tentang tegangan geser yang berperan dalam menimbulkan kegagalan pertama kali diperankan oleh ilmuwan Perancis, Coulomb (1376-1806). Formula kriteria tegangan geser maksimum dipublikasikan oleh Tresca (1864) dan Guest (1900) membuktikan lewat eksperimen. Sehingga teori ini sering disebut teori Tresca atau Guest law. Teori ini khusus untuk material yang ulet dengan dasar bahwa kegagalan terjadi bila tegangan geser maksimum yang terjadi, melewati harga tegangan geser yang diijinkan pada material.

$$\tau_{\max} \leq \frac{\tau_{ys}}{N} \quad \text{atau} \quad \tau_{\max} \leq \frac{\tau_{us}}{N} \quad (\text{Yudistira Seotika Putra 2015})$$

Dimana:  $\tau_{max}$  : tegangan maksimum yang terjadi  
 $\tau_{ys}$  : tegangan yield  
 $\tau_{us}$  : tegangan ultimate  
 $N$  : faktor keaman



Gambar 2.3 Lingkaran Mohr Prinsipal  
(sumber: Agung Yudistira Soetikno Putra, 2015)

Gambar diatas menunjukkan kondisi tegangan dengan metode grafis lingkaran mohr. Batas-batas dari semua lingkaran Mohr principal tidak menunjukkan kegagalan pada arah garis horizontal  $\pm \tau_{ys}$  ataupun  $\pm \tau_{us}$ . Teori ini memprediksi bahwa kegagalan tidak terjadi oleh tegangan hidrostatik murni.

## 2.7 Faktor Keamanan (Safety Factor)

Faktor keamanan merupakan rasio dari tegangan maksimum dengan tegangan kerja atau desain, yang secara matematis dapat dituliskan pada persamaan berikut:

$$n = \frac{S}{\sigma} \quad (\text{Jamaludin 2019})$$

Dimana:  $n$  = Angka keamanan

$S$  = Strength (kekuatan bahan) (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Tegangan (N/mm<sup>2</sup>)

$$\text{FaktorKeamanan} = \frac{\text{Tegangan Maksimum}}{\text{Tegangan Kerja atau Desain}}$$

Pada kasus material yang ulet misalnya baja lunak dimana tegangan luluhnya telah diketahui maka, faktor keamanan adalah:

$$FaktorKeamanan = \frac{Tegangan\ Luluh}{Tegangan\ Kerja\ atau\ Desain}$$

Sedangkan pada material yang getas misalnya besi tuang, dimana tegangan luluhnya sulit diprediksi maka, faktor keamanannya diambil dari tegangan maksimum (Ultimate Strength) material sebagai berikut:

$$FaktorKeamanan = \frac{Ultimate\ Strength}{Tegangan\ Kerja\ atau\ Desain}$$

Yang perlu diperhatikan adalah bahwa seluruh persamaan tersebut diatas hanya berlaku pada pembebanan statis (Yudistira Seotika Putra 2015).

### 2.7.1 Penentuan Faktor Keamanan

Berikut merupakan faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam penentuan faktor keamanan yaitu:

1. Ketahanan sifat-sifat pada material selama proses pembebanan.
2. Keandalan pada saat menerima pembebanan.
3. Tingkat pembebanan.
4. Tingkat kurangnya umur komponen saat terjadi kegagalan.
5. Kerugian material bila terjadi kegagalan.

### 2.8 Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*)

Pada tahun 1950 *Finite Element Method* (FEM) atau biasanya disebut *Finite Element Analysis* (FEA) pertama kali diperkenalkan dan mengalami banyak perkembangan hingga saat ini. FEM adalah prosedur numeris yang bisa digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam bidang rekayasa (*engineering*), seperti analisa tegangan pada struktur, perpindahan panas, dan aliran fluida.

Perkembangan metode elemen hingga yang saat ini dapat dilihat salah satu contohnya ada dalam industri sepeda motor. Dengan dibantu metode elemen hingga, proses analisis dan evaluasi yang mencakup keseluruhan aspek termasuk unjuk kerja desain dari sepeda motor baru tersebut dapat dilakukan bertahun-tahun sebelum produk sepeda motor tersebut dijual ke pasaran. Metode ini dapat menganalisa kekuatan dari seluruh komponen-komponen sepeda motor, sifat dan ketahanan *fatigue* dan juga tegangan yang dapat timbul dari frame sepeda motor.

Metode ini digunakan ketika masalah-masalah rekayasa dimana *exact solution/analytical solution* tidak dapat diselesaikan. Pada intinya, FEM membagi suatu



benda yang akan dianalisa menjadi bagian-bagian kecil dengan jumlah hingga (*finite*). Bagian-bagian ini disebut elemen, dan tiap elemen yang satu dengan lainnya dihubungkan dengan nodal (node) lalu dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda menjadi beberapa bagian disebut *meshing*.

FEM memakai prosedur numerik untuk menyelesaikan masalah yang diatur menggunakan persamaan differensial. Yang membedakan karakteristik FEM dengan prosedur numerik lain yaitu:

1. FEM memakai pers integral sebagai penyelesaiannya untuk menghasilkan sistem persamaan aljabar.
2. FEM juga memakai fungsi kontinu untuk mendeteksi kuantitas yang tidak diketahui.

Ada lima langkah dasar dalam FEM, yaitu:

1. Mendeskripsikan daerah-daerah yang meliputi penempatan, penomoran, dan juga penentuan koordinat dari titik-titik nodal.
2. Menentukan derajat ataupun orde persamaan dengan pendekatan linear atau kuadratik. Persamaan dinyatakan sebagai fungsi nodal.
3. Penyusunan sistem persamaan-persamaan.
4. Penyelesaian sistem persamaan-persamaan.
5. Penghitungan kuantitas yang dicari, kuantitas dapat berupa komponen tegangan dan lain-lain.

Pada umumnya FEM memakai metode matriks dalam penyelesaiannya sehingga membutuhkan proses perhitungan yang banyak dan berulang-ulang dengan persamaan yang sama, karena itu digunakan media berupa komputer dengan bahasa pemrogramannya.

Saat ini banyak sekali perangkat lunak (*software*) yang berfungsi untuk menganalisa dengan metode elemen hingga (*finite element*) salah satunya adalah SolidWorks dan ANSYS. *Software* ini juga dapat membantu analis dan melakukan tugas dalam hal:

- Membuat model 3D atau mentransfer file CAD (*Computer Aided Design*) dari sebuah produk, komponen, struktur maupun sistem.
- Melakukan tes dari *prototype* yang berkerja dalam lingkungan yang kurang memungkinkan. Seperti: pengeboran, alat medis, dan lain-lain.

- Mengaplikasikan beban sesuai dengan kenyataan dan juga kondisi parameter desain lainnya.
- Mengoptimalkan desain awal dari model dalam usaha agar performa model dapat diperbaiki dan juga untuk pengurangan biaya produksi.
- Mempelajari respon fisik model sebagai akibat dari pembebanan yang terjadi, seperti tingkat tegangan (*stress level*), distribusi temperatur, dan atau pengaruh medan elektromagnetik.

## 2.9 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 kontruksi, ataupun keperluan teknik lain.

SolidWorks dilengkapi dengan tool yang digunakan untuk menghitung dan analisis hasil desain seperti tegangan, regangan, maupun pengaruh suhu, angin, dll. Solidworks adalah program pemodelan yang berbasis fitur parametrik, maksudnya semua objek dan hubungan antar geometrik dapat dimodifikasi kembali meskipun geometriknya sudah jadi tanpa perlu mengulang lagi dari awal. Dengan metode ini sangat memudahkan dalam proses desain suatu produk atau rancangan. (Sinaga 2019)

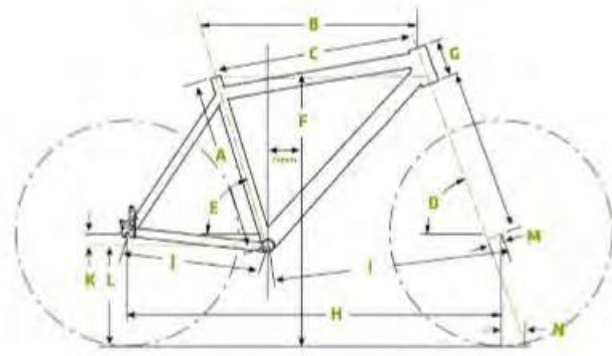
## 2.10 ANSYS

ANSYS adalah program yang dapat memodelkan elemen hingga untuk menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan mekanika, termasuk di dalamnya masalah statik, dinamik, analisis struktural (baik linier maupun nonlinier), masalah perpindahan panas, masalah fluida dan sebagainya.

ANSYS Workbench adalah salah satu perangkat lunak berbasis metode elemen hingga yang dipakai untuk menganalisa masalah-masalah rekayasa (engineering). ANSYS Workbench menyediakan fasilitas untuk berinteraksi antar solvers famili ANSYS. ANSYS Workbench juga dapat berintegrasi dengan perangkat lunak CAD sehingga memudahkan pengguna dalam membangun model geometri dengan berbagai perangkat lunak CAD. (Muhammad Firdaus and Ikhwansyah Isranuri 2020)

### 2.10.1 Geometri Rangka

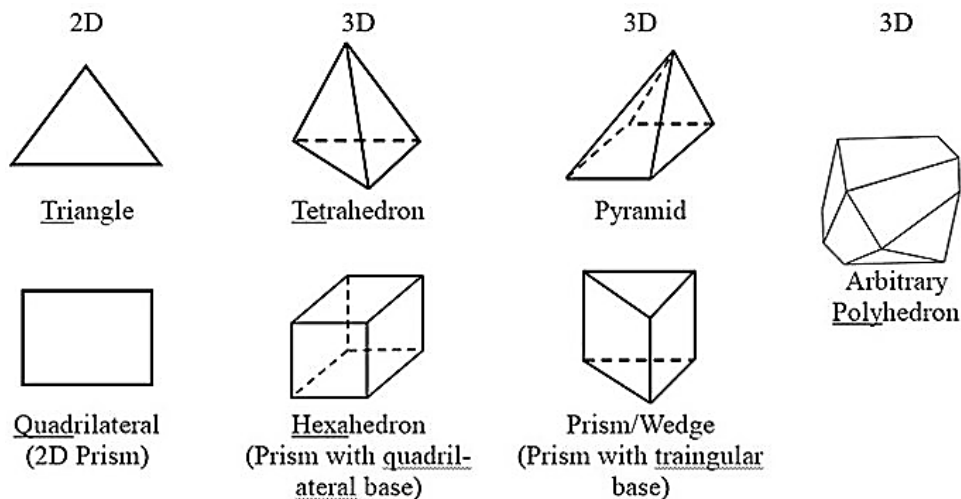
Pembuatan mesh atau yg lebih dikenal dengan istilah meshing, merupakan salah satu langkah dalam pre-processing sebuah simulasi. Mesh ini sendiri berguna untuk membagi geometri dari model menjadi banyak elemen yg nantinya digunakan oleh solver untuk membangun volume kontrol.



Gambar 2.4 Geometri Rangka

(sumber:<https://www.arcbikes.com>)

Adapun geometri yang akan kita analisa terkadang memiliki bentuk-bentuk yang tidak reguler atau bahkan ekstrim yang tidak dapat dibentuk dengan bentuk-bentuk mesh yang sederhana.



Gambar 2.5 Jenis-jenis Meshing

(sumber:<https://www.manchestercfd.co.uk/post/all-there-is-to-know-about-different-mesh-types-in-cfd>)

### 2.11 Aluminium

Aluminium merupakan unsur kimia golongan IIIA dalam sistim periodik unsur, dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol. Struktur kristal aluminium

adalah struktur kristal FCC, sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Keuletan yang tinggi dari aluminium menyebabkan logam tersebut mudah dibentuk atau mempunyai sifat mampu bentuk yang baik . Aluminium memiliki beberapa kekurangan yaitu kekuatan dan kekerasan yang rendah bila dibanding dengan logam lain seperti besi dan baja. Aluminium memiliki karakteristik sebagai logam ringan dengan densitas 2,7 g/cm<sup>3</sup>.(Syakuura 2011)

### 2.11.1 Aluminium 6061 dan Paduannya

Aluminium 6061 adalah salah satu paduan aluminium yang paling umum digunakan untuk keperluan teknik yang beragam. Material ini dapat dikeraskan dengan presipitasi dan mengandung silikon dan magnesium sebagai elemen paduan utamanya. Ini menunjukkan karakteristik mekanik yang baik, kemampuan las yang baik dan biasanya diekstrusi. Paduan Al 6061 memiliki densitas 2,7 g/cm<sup>3</sup> dan resistivitas volume berkisar antara 32,5 - 39,2 nOhm.m.(Terbuka, Samuel, and Rr 2021)

Tabel 2.2 Komposisi unsur kimia aluminium 6061

Material	Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Cr %	Zn %	Ti %	Unsur lain
Al 6061	0,4- 0,8	≤0,7	0,15- 0,4	≤0,15	0,8- 1,2	0,04- 0,35	≤0,25	≤0,15	≤0,15

(sumber: SHANGHAI MIANDI METAL GROUP CO.,LTD.)

## 2.12 Baja

Baja merupakan salah satu jenis logam ferro dengan unsur carbon (C) sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh prosentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbit yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu baja. Perbedaan presentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara menjabarkan kandungan pada baja.

### 2.12.1 Baja AISI 1020

Baja paduan rendah AISI 1020 merupakan jenis baja yang banyak digunakan sebagai bahan teknik antara lain sebagai komponen mesin. Bahan ini sangat cocok untuk ditingkatkan atau diatur sifat-sifatnya dengan perlakuan panas. Komposisi kimia baja AISI 1020 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Komposisi Baja AISI 1020

Material	C %	Si %	Mn %	P %	S %
1020	0,15-0,2	0,2-0,24	0,85-1,06	0,016-0,025	0,021-0,024

(Sumber : MILL CERTIFICATE SeAH Besteel Corp)

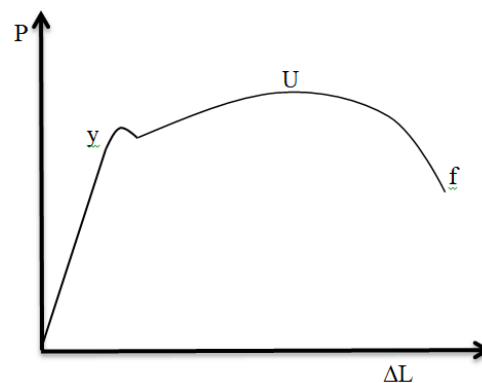
Baja ini adalah baja paduan rendah yang mempunyai kekuatan yang bagus, ketangguhan yang bagus.

### 2.13 Uji Tarik

Prinsip pengujian tarik adalah pengujian penarikan spesimen dengan cara pemberian gaya uniaxial (satu sumbu) sehingga spesimen atau bahan akan mengalami deformasi atau bertambah panjang, sampai spesimen rusak/putus. Pertambahan gaya dan pertambahan perpanjangan diamati dan menjadi keluaran data awal dari pengujian tarik. Sehingga akan diperoleh grafik hasil pengeplotan data gaya dan pertambahan panjang spesimen sampai spesimen rusak.

Tensile stress test (pengujian tarik) dilakukan untuk mendapat sifat mekanik bahan seperti kekuatan tarik, kekuatan luluh dan keuletan. Sifat mekanik bahan pada pengujian tarik didapat dari grafik tegangan dan regangan hasil uji tarik. Dengan grafik dan dimensi spesimen uji, maka dapat diperkirakan harga Tensile Strength, Yield Srength, Modulus Elastisitas, Elongation, Reduksi Area, Modulus Ketangguhan, Konstanta Penguatan (K), Pengeras Regang Eksponensial (n) dan sebagainya.

Data yang diperoleh dari mesin tarik adalah grafik dalam bentuk pertambahan gaya tarik melawan pertambahan panjang/grafik P- $\Delta$ L. Grafik ini masih belum banyak gunanya karena hanya menggambarkan kemampuan batang uji (bukan kemampuan bahan) untuk menerima beban. Sehingga dari grafik P- $\Delta$ L diubah menjadi diagram tegangan-regangan teknik, selanjutnya diubah menjadi grafik tegangan sebenarnya regangan sebenarnya.



Gambar 2.6 Grafik P- $\Delta$ L

(sumber: (Tarik, Machine, and Cad n.d.))

Tegangan dan regangan yang bekerja pada saat batang uji menerima beban P (kg) dan batang uji akan mengalami perpanjangan  $\Delta L$  (mm), adalah :

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad \text{dan} \quad \varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0}$$

Dimana: P = Beban (kg)

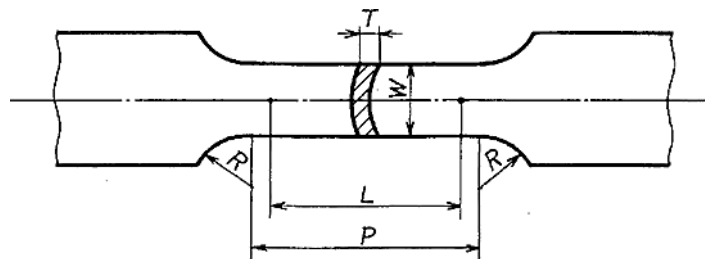
$A_0$  = Luas penampang uji mula ( $\text{mm}^2$ )

$L_0$  = Panjang batang uji mula (mm)

L = Panjang batang uji saat menerima beban (mm) (Tarik et al. n.d.)

### 2.13.1 Standar Pengujian Tarik

Untuk standar pengujian yang dipakai yaitu menggunakan standar pengujian tarik JIS Z 2201 (1998) dengan tipe benda uji nomor 12B. Bentuk dan dimensi dari benda uji nomor 12 harus sesuai dengan gambar berikut:



Gambar 2.7 Benda uji JIS Z 2201 no. 12

(sumber: JIS Z 2201 1998 (E))

Tabel 2.4 Dimensi benda uji tarik JIS Z 2201 no.12

Tipe benda uji	Lebar (W)	Ukuran panjang (L)	Panjang Paralel (P)	Jari-jari Fillet (R)	Ketebalan (T)
12A	19	00	60 kira-kira.	15 min.	Ketebalan pipa
12B	25	50	60 kira-kira.	15 min.	Ketebalan pipa
12C	38	50	60 kira-kira.	15 min.	Ketebalan pipa

Unit : mm

Keterangan: Penampang melintang dari paralel bagian dari benda uji nomor 12 harus berbentuk busur sebagai pemotongan dari bahan tabung. Namun untuk ujung benda uji yang dicengkeram mungkin dapat dipalu rata disuhu ruangan(JIS JAPAN E S E INDUSTRIAL STANDARD 1998).