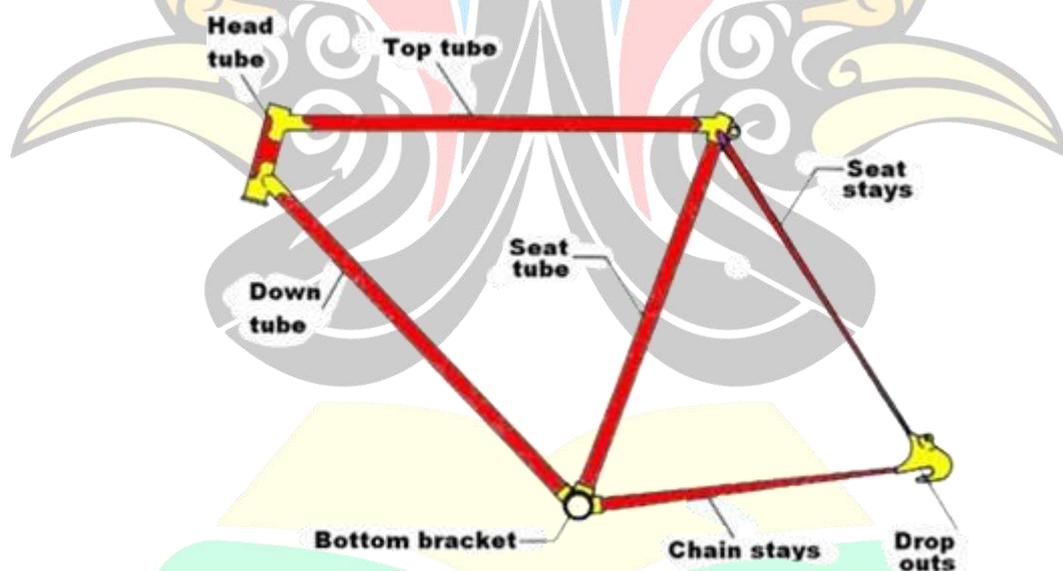


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Rangka

Salah satu unsur yang harus dipertimbangkan pada rangka selain pemilihan material adalah geometri desain sepeda. Geometri rangka sangat penting dalam desain rangka dengan tujuan sepeda dapat digunakan dengan nyaman sesuai dengan trek dan penggunaannya. Dengan begitu penting untuk mempertimbangkan ukuran desain rangka sepeda, ukuran panjang *part* rangka dan sudut akan menentukan geometri rangka seluruhnya. Berikut merupakan bagian-bagian pada rangka sepeda, dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut (Bernabe, 2016).



Gambar 2.1 Komponen Rangka Sepeda (Bernabe, 2016)

*Head tube* merupakan tempat penahan garpu depan sebagai tempat roda depan dipasang pada rangka dan sebagai penahan garpu depan supaya tetap pada kondisi sesungguhnya. *Head tube* memiliki sudut kemiringan yang bertujuan untuk menjaga keseimbangan dan kelincahan pada rangka sepeda. *Seat tube* merupakan tempat *seat post* yang memiliki *saddle* pada bagian tersebut yang dapat menaikkan dan menurunkan tempat duduk pengendara. *Seat tube* memiliki

lubang yang sesuai ukuran dan harus memiliki toleransi yang sesuai, supaya ukuran *seat post* sesuai dengan permukaan dalam *seat tube*. *Bottom bracket* merupakan tabung yang terletak secara horizontal dengan tegak lurus terhadap rangka. Pembuatan *bottom bracket* menggunakan mesin presisi dan diulir sebagai tempat engkol dan cincin rantai. Diameter *bottom bracket* memiliki perbedaan pada setiap jenis rangka sepeda, standar yang sering ditemukan adalah dengan diameter 1,3470 inci. *Bottom bracket* berfungsi juga untuk sebagai dudukan pada *as crankset* (Bernabe, 2016).

*Top tube* merupakan bagian yang menghubungkan *seat tube* dan *head tube* yang terletak pada bagian atas *down tube* pada rangka sepeda. *Down tube* adalah penyambung antara *head tube* dan *bottom bracket* yang terletak di bawah *top tube*. *Seat Stay* terletak pada komponen bagian belakang sepeda yang bertujuan sebagai penopang ban belakang dan batang *seat tube* (Hedapratama, 2016).

Penghubung antara *seat stay* dan *bottom bracket* yang letaknya dibagian bawah sepeda ialah *chain stay*. Ukuran panjang *chain stay* akan mempengaruhi tidak mudah terangkatnya rangka sepeda saat turun dari sebuah dataran yang lebih tinggi. Ketika *chain stay* memiliki ukuran pendek, sepeda akan mudah berbelok pada saat menghindari benda di depannya (Hedapratama, 2016).

## 2.2 Gerak Jatuh Bebas

Ketika benda jatuh dengan ketinggian tertentu dengan kecepatan awal sama dengan nol yang dikarenakan adanya sebuah gaya gravitasi bumi yang dianggap konstan disebut gerak jatuh bebas. Sehingga benda jatuh bergerak lurus berubah beraturan dengan lintasan vertikal dan gaya - gaya yang bukan gravitasi akan diabaikan (Yuningsih, 2020). Dengan begitu dalam melakukan analisis gaya pada benda jatuh maka akan menggunakan rumus hukum newton II. Gaya tersebut merupakan faktor luar pada rangka, besarnya suatu nilai gaya bergantung pada nilai massa dan percepatan benda (Walker, 2018).

Gaya dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$F = m \cdot g \quad (2.1)$$

WWW.itk.ac.id

## 2.3 Analisis Struktur Rangka

Dalam melakukan analisis suatu struktur rangka, salah satu tujuan yang akan diketahui adalah kekuatan dari rangka terhadap faktor luar seperti gaya yang terjadi pada rangka. Sangat penting untuk mengetahui gaya yang akan bekerja pada rangka akibat dari pembebanan dari luar, supaya rangka dapat menahan gaya yang terjadi dan mempertahankan bentuknya.

### 2.3.1 Tegangan

Mempertimbangkan gaya luar pada suatu struktur yang berasal dari pada benda yang akan menyebabkan struktur rangka akan mengalami suatu tegangan. Tegangan merupakan satuan gaya per satuan luas penampang dan dilambangkan dengan  $\sigma$  (Walker, 2018).

Gaya dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

### 2.3.2 Regangan

Suatu benda ketika diberi pembebanan atau gaya dari luar akan akan mengalami suatu regangan pada benda. Rumus regangan dapat dilambangkan dengan  $\varepsilon$  (Walker, 2018).

Regangan dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (2.3)$$

### 2.3.3 Displacement

Nilai dari perpindahan merupakan ukuran titik awal pembebanan hingga ke titik setelah diberi pembebanan (Abdullah, 2016). Suatu benda ketika diberi beban akan mengakibatkan benda tersebut akan mengalami suatu perubahan pada struktur (Walker, 2018).

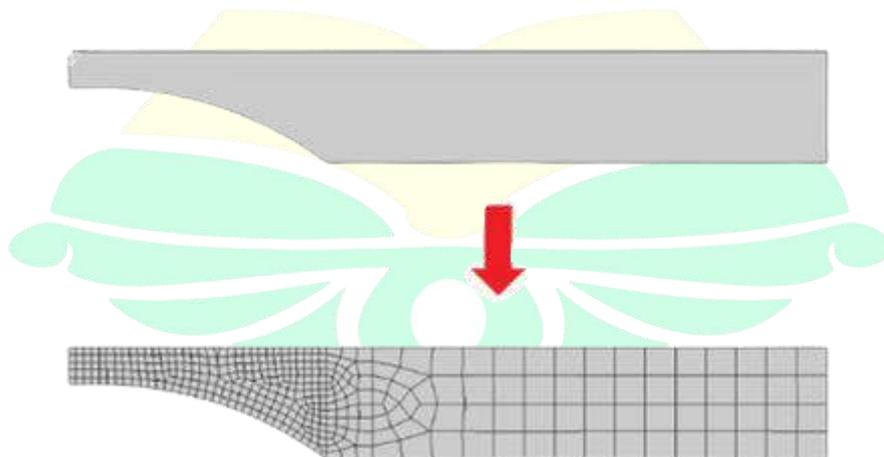
*Displacement* dapat diumuskan sebagai berikut,

$$\Delta L = \varepsilon \cdot L_0 \quad (2.4)$$

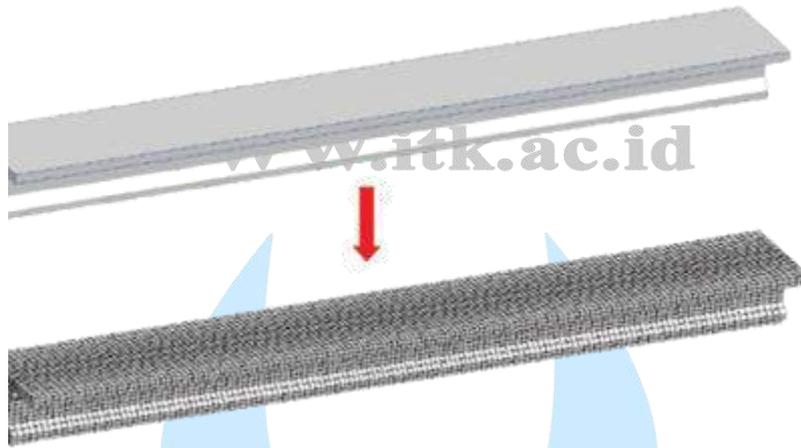
## 2.4 Metode *Finite Element Analysis* (FEA)

Metode *finite element analysis* merupakan suatu cara yang digunakan untuk menganalisis suatu struktur dan sebagai metode efektif di kalangan akademisi. Sejarah pengembangan pada metode *finite element analysis* ini dikembangkan pada akhir 1960. Metode ini menjadi lebih terkenal karena penelitian yang dilakukan oleh Taylor dan Wilson, penciptaan yang dilakukan Wilson ialah program elemen hingga untuk melakukan analisis struktur. Perusahaan industri yang memproduksi otomotif sangat beruntung karena adanya *finite element analysis*, karena menghemat pengeluaran dana (Koutromanos, 2018).

Kemampuan metode *finite element analysis* dapat mencatat skala yang sangat halus pada benda struktur atau menyelidiki secara *micromechanics*. Hasil simulasi dapat memperlihatkan bagian struktur yang dilihat secara *macroscopically*, pada akhirnya dapat rusak atau gagal dikarenakan beban. Proses pengerjaan pada *software* diawali dengan melakukan pembagian domain geometris menjadi potongan – potongan yang lebih kecil (*subdomains*) atau disebut *finite elements*. Pembagian elemen menjadi lebih kecil pada struktur atau batang terdapat dua jenis yaitu pada benda dua dimensi dan tiga dimensi. *Finite element analysis* memiliki keuntungan ketika desain dan geometri yang rumit dapat dibagi menjadi elemen – elemen yang lebih kecil dengan hasil yang akurat pada simulasi *software* (Koutromanos, 2018).



Gambar 2.2 Benda Dua Dimensi (Koutromanos, 2018).



Gambar 2.3 Benda Tiga Dimensi (Koutromanos, 2018).

Pengidentifikasi masalah pada struktur yang akan dianalisis harus dilakukan dengan perancangan model 3D terlebih dahulu pada *software* yang dikenal sebagai tahap *Processing* dengan melanjutkan melakukan *meshing*. Permodelan *meshing* membagi bagian menjadi elemen kecil pada rangka, elemen akan dihubungkan pada titik node dan melakukan pengidentifikasi material yang akan digunakan. Pada bagian node tertentu sebagian ada yang didefinisikan bagian tumpuan (*fixture*) dan pada node lain ada yang didefinisikan dikenai beban (*load*). *Analysis* merupakan tahap dalam perhitungan simulasi dengan cara persamaan matematika yaitu perhitungan numerik. *Post-Processing* ialah tahap akhir yang merupakan tampilan hasil data seperti *stress*, *displacement*, dan *safety factor* (Yusup & Djafar, 2019).

## 2.5 Safety Factor

Pada suatu elemen atau komponen yang akan dirancang, gagalnya suatu struktur rangka dapat diatasi dengan nilai *safety factor* yang baik. Beban yang ditahan oleh struktur harus lebih besar dari beban yang terjadi, kemampuan struktur menahan beban disebut kekuatan (Gere, 2004).

*Safety Factor* dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma} \quad (2.4)$$

Berikut merupakan Tabel *Safety Factor*,

Tabel 2.1 Faktor keamanan dalam perancangan

No	Faktor Keamanan Yang Disarankan	Hasil
1.	$N = 1.25 - 1.5$	Data material akurat dan jenis pembebanan pasti, metode perhitungan tegangan yang akurat.
2.	$N = 1.50 - 2$	Data material yang cukup baik, kondisi lingkungan yang stabil dan beban serta tegangan yang terjadi dapat dihitung dengan baik.
3.	$N = 2.00 - 2.50$	Material rata-rata, komponen dioperasikan pada lingkungan normal, beban dan tegangan dapat dihitung dengan normal.
4.	$N = 2.50 - 3.00$	Untuk material yang datanya kurang baik, atau material getas dengan pembebanan dan lingkungan rata-rata.
5.	$N = 3.00 - 4.00$	Untuk material yang belum teruji, dengan pembebanan dan lingkungan rata-rata. Angka ini juga disarankan untuk material yang teruji dengan baik, tetapi kondisi lingkungan dan pembebanan tidak dapat ditentukan dengan pasti.
6.		Beban berulang-ulang (bolak-balik): angka-angka yang disarankan di atas dapat digunakan tetapi dengan <i>endurance limit</i> sebagai " <i>significant strength</i> ".
7.		Beban impact: angka-angka yang disarankan di atas dapat digunakan tetapi faktor impact harus dimasukkan.
8.		Material getas: angka-angka disarankan di atas dikalikan dua untuk material getas, faktor keamanan dihitung terhadap <i>ultimate strength</i> .

\*) (Deutschman, 1975)

## 2.6 *Falling Mass*

Rangka sebuah sepeda harus melewati sebuah pengujian sebelum dilakukan pemasaran kepada masyarakat. Sebuah standar pengujian dilakukan untuk memastikan dan mengetahui keamanan pada sebuah rangka sepeda. Pengujian menggunakan standar TBIS 4210-6 :2019, salah satu pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah *falling mass*. Pengujian *falling mass* tersebut digunakan untuk mengetahui kelayakan sebuah rangka sepeda sebelum dilakukan pengujian selanjutnya. Ketika melakukan pengujian *falling mass* dilakukan dengan cara yaitu benda yang dijatuhkan bebas, terdapat sebuah gaya gravitasi yang terjadi pada benda yang mengakibatkan benda tersebut jatuh. *Striker* bermassa 22,5 kg memiliki kecepatan dengan gerak jatuh bebas yang tidak memiliki kecepatan awal (TBIS, 2019).

Kecepatan gerak jatuh bebas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$V = \sqrt{2gh} \quad (2.5)$$

Rangka akan lolos pengujian ketika deformasi permanen antara sumbu – sumbu roda tidak melebihi nilai 15 mm dimana garpu asli dipasang. Ketika menggunakan garpu tiruan dipasang ditempat garpu aslinya, nilai deformasi dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 nilai dari ketinggian jatuh pemberat sebagai berikut.

Tabel 2.2 Nilai deformasi pada jenis sepeda

<b>Tipe Sepeda</b>	<b>Sepeda Kota dan Trekking</b>	<b>Sepeda Young Adult</b>	<b>Sepeda Gunung</b>	<b>Sepeda Balap</b>
Deformasi Permanen (mm)	10	10	10	15

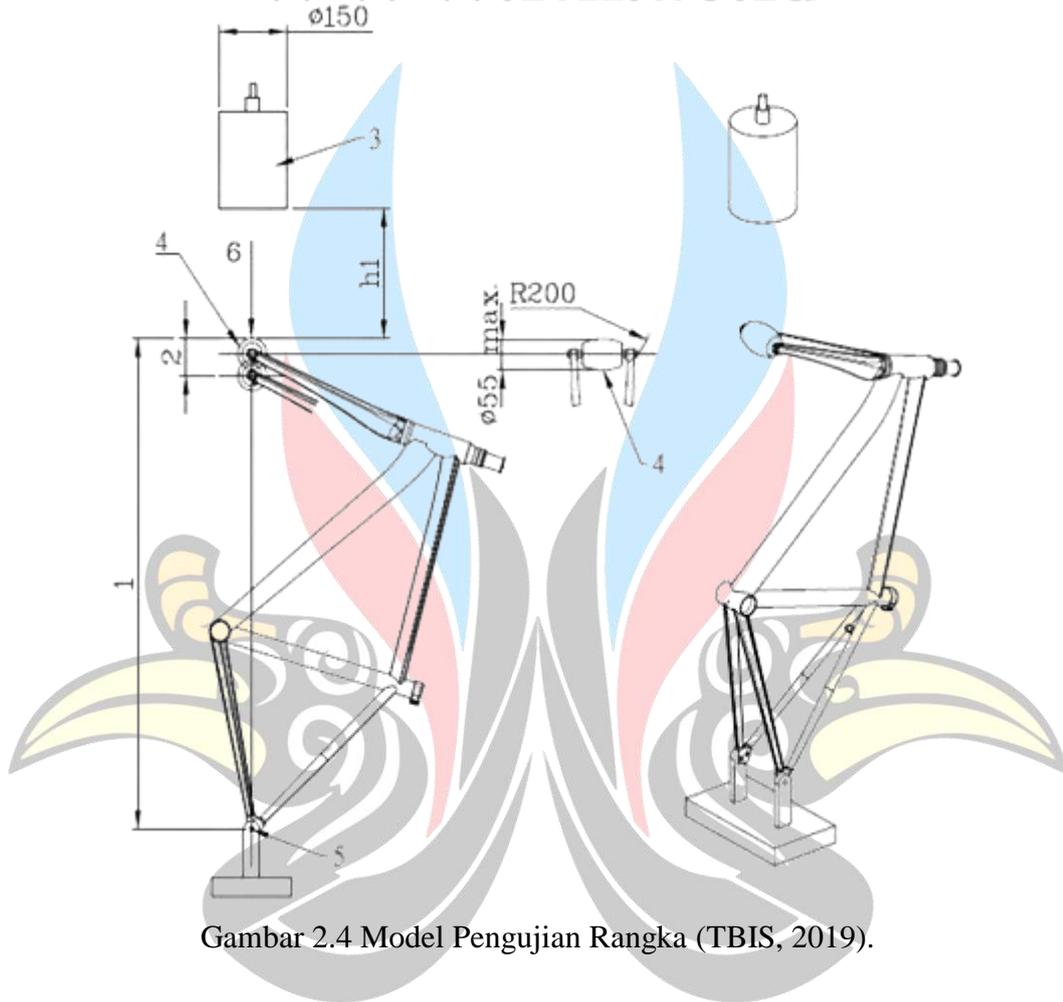
\*) (TBIS, 2019)

Tabel 2.3 Nilai ketinggian jatuh beban

<b>Tipe Sepeda</b>	<b>Sepeda Kota dan Trekking</b>	<b>Sepeda Young Adult</b>	<b>Sepeda Gunung</b>	<b>Sepeda Balap</b>
Ketinggian Jatuh, $h_1$ (mm)	180	180	360	212

\*) (TBIS, 2019)

Garpu uji yaitu garpu tiruan yang akan digunakan akan dipasang dengan cara pemasangan yang mirip dengan garpu asli. Garpu akan berada pada posisi horizontal yang ditahan oleh tabung kemudi.



Gambar 2.4 Model Pengujian Rangka (TBIS, 2019).

Keterangan :

1. Jarak roda
2. Deformasi Permanen
3. Pemberat 22.5 kg
4. *Roller* bermassa
5. Pemasangan titik poros belakang
6. Arah benturan ke bawah

## 2.7 Material Rangka

Material yang digunakan pada rangka sepeda pada umumnya adalah aluminium, *steel*, titanium, *carbon fiber*. Karakteristik yang diinginkan pada sebuah rangka sepeda ialah kenyamanan dan keamanan yang baik, dengan begitu pada pemilihan material sangat mempengaruhi dari sebuah rangka sepeda.

Pada buku yang berjudul “*The Feasibility of Wood and its Derivatives as a Bicycle Frame Building Material*” memberi informasi bahwa material pada rangka yang digunakan pada sepeda pada umumnya adalah aluminium, *steel*, titanium, dan *carbon fiber*. Untuk itu pada penelitian ini memilih menggunakan material aluminium *alloy* 6061. Berikut merupakan *mechanical properties* dari aluminium *alloy* 6061.

Tabel 2.4 Spesifikasi material aluminium

<i>Modulus elasticity</i> (E)	<i>Density</i> ( $\rho$ )	Kekuatan Luluh ( $\sigma_y$ )
$68,9 \times 10^9 \text{ N/mm}^2$	$2700 \text{ kg/m}^3$	$5,5 \times 10^7 \text{ N/mm}^2$

\*) (Nunes, 1992)

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Pada pelaksanaan penelitian, perlu dilakukan pengkajian terhadap penelitian yang dilakukan sebelumnya, bertujuan untuk mendapatkan referensi dan variabel yang dapat digunakan pada penelitian ini. Pada penelitian sebelumnya membaca referensi penelitian terdahulu pada jurnal milik Chang, dkk 2014 dengan judul “*Uniform Design and Dynamic Finite Element Analysis for Permanent Deformation Improvement of an On-Road Bicycle Frame Undergoing the Drop-Mass Impact Test*”. *Road bike* merupakan benda yang akan diuji pada penelitian ini dengan variasi pada sudut *head tube*, sudut *top tube*, ketebalan *top tube*, dan ketebalan *down tube*. Pengujian dilakukan secara simulasi, pengujian dilakukan berdasarkan EN-14781 dengan pemilihan pengujian pada “*Drop Mass Impact Test*” dengan metode *Explicit Element Element Analysis*. Pada penelitian ini melakukan perubahan nilai sudut dan ketebalan untuk mencapai nilai deformasi yang paling kecil dari nilai sudut dan ketebalan yang sebenarnya. Penelitian dilakukan dengan 16 variasi pada sudut *head tube*, sudut *top tube*, ketebalan *top tube*, dan ketebalan *down tube*. Hasil pada desain asli rangka sepeda memiliki

hasil deformasi permanen yang bernilai 8,458 mm ketika rangka sepeda telah disimulasikan pada *computer simulation*. Setelah melakukan 16 variasi ukuran desain, deformasi permanen turun menjadi 7,467 mm, menunjukkan desain dapat mengurangi deformasi pada rangka.

Pada penelitian Alonzo, 2015 dengan judul “*Finite Element Analysis of an Aluminium Bike Frame*”. Rangka menggunakan tipe sepeda di jalan raya yaitu *road bike* menggunakan material *aluminium alloy*. Melakukan simulasi menggunakan *computer simulation* berdasarkan ASTM (F2711-080) dengan pengujian statis yaitu *impact strength test*. Penelitian awalnya Mencari nilai gaya terlebih dahulu dengan mengasumsikan nilai pada defomasi sebesar 40 mm, 25 mm, 20 mm, dan 20,1 mm yang akan dimasukkan ke rumus gaya dan didapatkan nilai gaya yang akan diterapkan pada pengujian tersebut. Hasil yang didapatkan bahwa rangka tidak lolos pengujian, *safety factor* yang terjadi dibawah nilai 1, dengan nilai tegangan maksimum lebih besar dari pada tegangan luluh. Nilai deformasi yang terjadi pada penelitian ini yaitu dengan nilai deformasi sebesar 20,1mm .

Penelitian dari (Wei-Siang Sun, dkk, 2017) dengan judul “*Application of Uniform Design in Deformation and Mass Improvement of an OnRoad Bicycle Frame*”. Penelitian menggunakan sepeda *road bike* dengan menggunakan dua pengujian yaitu *drop mass* dan *drop frame* berdasarkan standar ISO 4210. Penelitian ini menggunakan material *aluminum alloy* pada rangka, *cast alloy steel* pada *front fork* dan *strike*, dan *stainless steel* pada pemberat dengan variasi ukuran dilakukan di bagian panjang dan ketebalan pada *top tube* dan *down tube*. Hasil yang ditemukan bahwa perubahan ukuran pada *top tube* dan *down tube* dapat mempengaruhi nilai deformasi dan massa yang hasilnya akan semakin menurun dari ukuran desain yang asli. Nilai uji *drop mass* dan *drop frame* menghasilkan nilai deformasi 11,55 mm dan 28,87 mm pada ukuran rangka asli, sedangkan pada perbaikan desain defomasi turun menjadi 10,54 mm dan 27,88 mm. Pada massa rangka sepeda dapat dilihat juga bahwa perubahan ukuran ketebalan dan panjang pada *top tube* dan *down tube* mengakibatkan penurunan massa pada ukuran asli sebesar 1148,87 gram menjadi 1142,19 gram.

Penelitian Wiranata dkk, 2019 dengan judul “Studi Pengaruh Perubahan Sudut *Head Tube* dan *Top Tube* Pada Rangka Sepeda Balap terhadap Defleksi pada *Fork* dengan Metode *Explicit Dynamics* Elemen Hingga”. Menggunakan pengujian *drop mass* berdasarkan standar EN 1481 untuk mengetahui nilai tegangan dan defleksi pada rangka. Penelitian ini menggunakan variasi derajat pada sudut *head tube* dan sudut *top tube* dengan nilai sudut sebesar (69°, 70.4°, 71.8°, 73.2°, 74.6°, 76° dan 70°, 73.2°, 76.4°, 79.6°, 82.8°, 86°). Penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh nilai pada perubahan sudut *head tube* dan *top tube* pada rangka sepeda. Hasil variasi sudut ternyata tidak berpengaruh besar pada defleksi *fork* dengan *range* sudut *head tube* dan sudut *top tube* sebesar 20° dan tidak berpengaruh pada keamanan rangka.

Sehingga empat jurnal diatas terangkum pada tabel 2.5 sebagai berikut.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1.	(Chang dkk, 2014)	Metode : Proses dilakukan dengan uji <i>drop mass</i> dengan metode <i>Finite Element Analysis</i> . Hasil : Perubahan desain pada sudut <i>head tube</i> , sudut <i>top tube</i> , ketebalan <i>top tube</i> dan ketebalan <i>down tube</i> sebanyak enam belas. Menunjukkan perubahan desain dapat mengurangi deformasi pada rangka dari desain asli.
2.	(Alonzo, 2015)	Metode : Menggunakan pengujian <i>drop mass</i> dengan metode <i>Finite Element Analysis</i> . Hasil : Memperlihatkan rangka aluminium tidak aman karena mengalami deformasi plastis pada bagian atas garpu namun tidak mengalami patah atau retak.
3.	(Siang dkk, 2017)	Metode : Menggunakan pengujian <i>drop mass</i> dan <i>drop frame</i> dengan metode <i>Finite Element Analysis</i> Hasil : Ukuran panjang <i>top tube</i> dan <i>down tube</i> yang telah divariasikan dengan desain yang sama dapat menurunkan nilai deformasi dan massa rangka dari pegujian <i>drop mass</i> dan <i>drop frame</i>
4.	(Wiranata dkk, 2019)	Metode : Uji <i>drop mass</i> dengan Metode <i>Explicit Elemen Hingga</i> Hasil : Variasi jarak sudut <i>top tube</i> dan <i>head tube</i> sebesar 20°, tidak mempengaruhi keamanan rangka sepeda dan perubahan sudut pada <i>head tube</i> tidak mempengaruhi signifikan pada nilai defleksi <i>fork</i> .