

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan menggunakan simulasi *software* berbasis Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*). Tujuan dari simulasi *software* adalah untuk memprediksi hasil percobaan yang terjadi dan selanjutnya menjadi sumber referensi dalam menjalankan eksperimental nyata. Informasi lain seperti cara pengujian, sifat-sifat material, dan lain-lain didapatkan dari studi pustaka seperti buku referensi, jurnal penelitian, dan internet.

#### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian bertempat di Studio Perancangan dan Rekayasa Sistem Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang pada bulan Maret-Mei tahun 2016.

#### 3.3 Variabel Penelitian

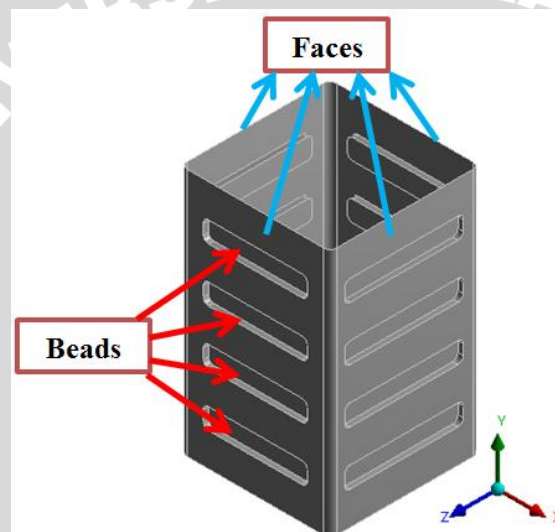
Variabel Penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya sudah ditentukan sebelumnya oleh peneliti. Variabel bebas adalah parameter yang dapat dirubah untuk mendapatkan hasil dari objek penelitian yaitu variabel terikat, sehingga didapatkan referensi berupa hubungan antara perubahan dari nilai variabel bebas terhadap nilai variabel terikat. Pada penelitian kali ini variabel bebas yang digunakan adalah konfigurasi peletakan beads pada sisi (*face*) *Crash Box* dan jumlah *beads* pada *Crash Box*.

Tabel 3.1 Variasi Permodelan *Crash Box*

Model ke-n	Konfigurasi Peletakan	Jumlah Beads
1	0	0
2	2	3
3	2	4
4	2	5
5	4	3
6	4	4
7	4	5



Gambar 3.1 : Permodelan Variabel Penelitian

b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya bergantung dari variabel bebas yang nilainya sudah ditentukan oleh peneliti. Nilai dari variabel bebas sendiri didapatkan setelah pengujian penelitian. Pada penelitian kali ini, yang menjadi variabel terikat adalah pola deformasi dan penyerapan energi pada *Crash Box*.

c. Variabel Terkontrol

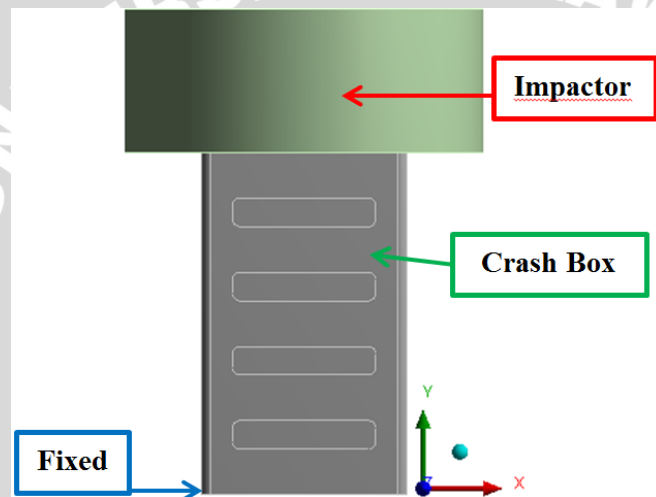
Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya sudah ditetapkan dari awal dan konstan. Variabel terkontrol pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

- Kecepatan dari *Impactor* sebesar 7,67 m/s berdasarkan pengujian *Instrumented Drop Mass Setup* yang dilakukan Velmurugan (2009).
- Dimensi Geometri *Crash Box* yaitu:
  - Panjang *Crash Box* 4,8 inci.

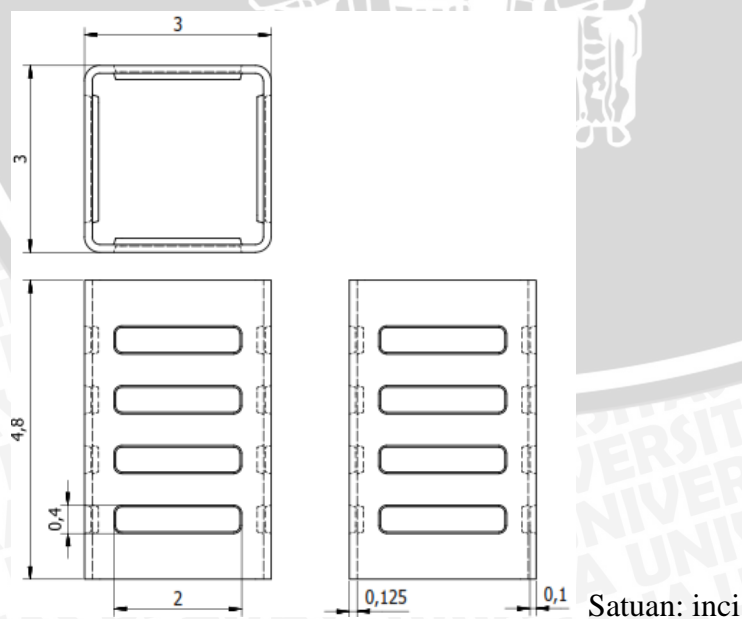
- Diameter luar dan dalam *Crash Box* sebesar 3 inci dan 2,75 inci.
- Ketebalan *Crash Box* sebesar 0,125 inci.

### 3.4 Permodelan Penelitian

Model yang digunakan pada penelitian ini adalah *Crash Box Beads (CBB)* di mana permodelan dilakukan dengan *software CAD* dan *Impactor* yang dimodelkan secara langsung pada sub-program Ansys 14.5 *Explicit Dynamics* yaitu *Design Modeler*. *Beads* adalah *crush initiator* berbentuk lekukan pada permukaan sisi *Crash Box* dengan tujuan meningkatkan *crashworthiness* sebuah *Crash Box* pada uji statis (*compression*) maupun uji dinamis (*drop weight*)

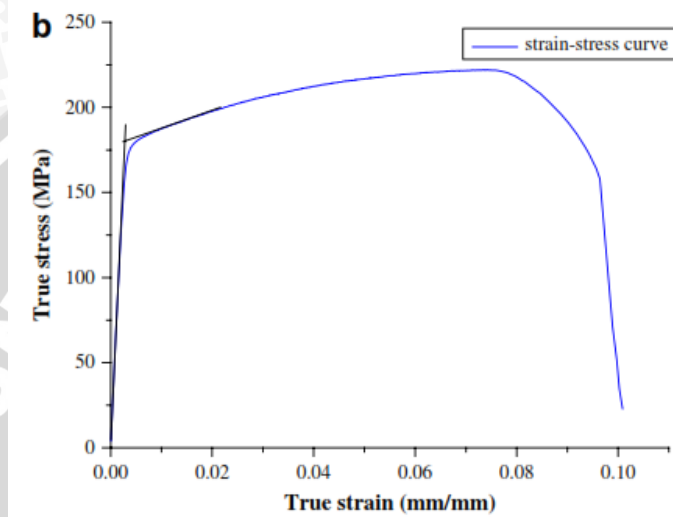


Gambar 3.2 : Permodelan *Crash Box*



Gambar 3.3 : Dimensi dari *Crash Box*

Dalam penelitian ini digunakan satu buah unit komputer dan *software* berbasis Metode Elemen Hingga yaitu Ansys 14.5. Permodelan material *Crash Box* menggunakan material Aluminium 6063-T5 berdasarkan dari karakteristik material yang umumnya digunakan pada manufaktur rangka mobil. Selain itu, *Crash Box* diasumsikan *deformable body* sedangkan *Impactor* dengan massa 103 kg diasumsikan *rigid body*.

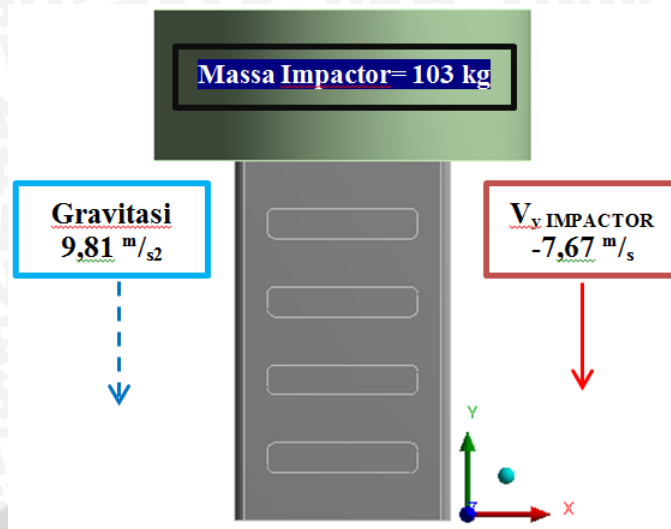


Gambar 3.4 : Grafik Tegangan-Regangan Material Aluminium 6063-T5

Tabel 3.2 Properti Material *Crash Box*

<b>Material <i>Crash Box</i></b>	
Massa Jenis ( $\text{kg/m}^3$ )	2770
Modulus Elastisitas (MPa)	69000
<i>Poisson Ratio</i>	0,33
<i>Yield Strength</i> (MPa)	180
<i>Tangent Modulus</i> (MPa)	580

Mode pembebanan pada penelitian ini berdasarkan referensi jurnal penelitian yaitu menggunakan *Instrumented Drop Mass Setup*. Pada permodelan ini, posisi *Impactor* tidak memiliki jarak dengan *Crash Box* atau *Impactor* tepat akan menabrak *Crash Box* dengan kecepatan akhir sebesar 7,67 m/s dalam waktu 0,00953 detik.



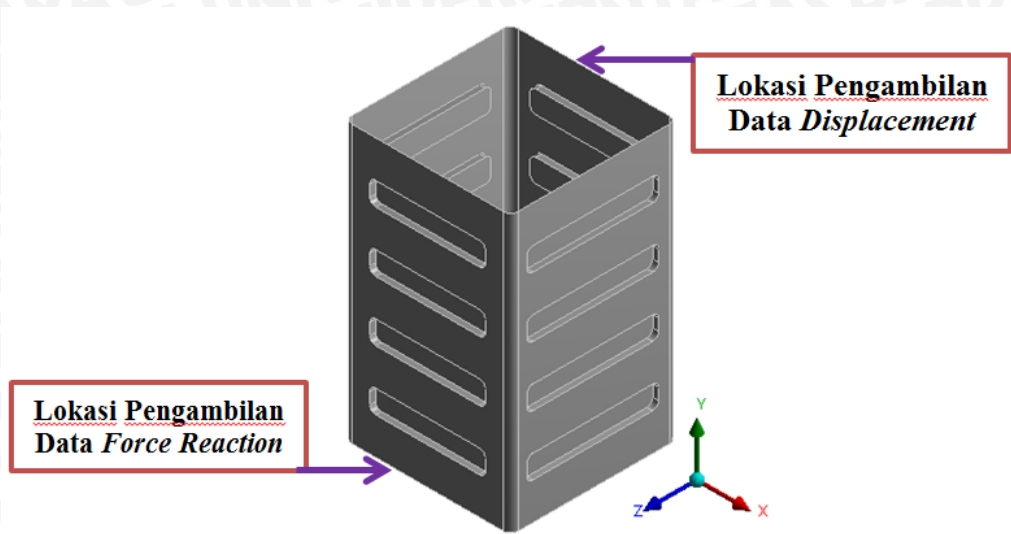
Gambar 3.5 : Permodelan Simulasi *Crash Box*

### 3.5 Tahapan dalam Penelitian

Tahapan pada penelitian yang dilaksanakan memiliki alur sebagai berikut:

1. Pelaksanaan uji eksperimental semu menggunakan *software* berbasis Metode Elemen Hingga yaitu Ansys 14.5 *Explicit Dynamics*. Karakteristik dan sifat material tiap *part* sesuai pada tabel 3.2 dan tabel 3.3. Pembuatan geometri sesuai jurnal penelitian Velmurugan untuk verifikasi. Selanjutnya dilakukan *meshing* (diskritisasi elemen) pada seluruh *part* dan *setting Boundary Conditions* menyesuaikan dengan jurnal penelitian. Jika seluruh prosedur sudah dilakukan, maka dilanjutkan pada proses perhitungan numerik pada Ansys 14.5.
2. Hasil verifikasi yaitu berupa nilai penyerapan energi dan deformasi divalidasi dengan jurnal penelitian Velmurugan. Jika data hasil simulasi *software* Ansys 14.5 sama dengan hasil yang terdapat pada jurnal penelitian, maka pengujian pada model selanjutnya dapat dilakukan.
3. Hasil pengujian simulasi berupa data *force reaction* dan *displacement* di mana koordinat pengambilan data sudah diatur seperti pada gambar 3.5 diolah pada *software* statistika agar dapat dilakukan *list result* berupa grafik hubungan antara *Force Reaction* dengan *Displacement* masing-masing model. Selanjutnya perhitungan nilai penyerapan energi *Crash Box* dengan menghitung luasan di bawah kurva grafik hubungan *Force Reaction* dengan *Displacement*. *Plot result* hasil simulasi dapat dilihat dalam bentuk grafis di mana kontur dari deformasi *Crash Box* dapat dilihat dalam bentuk potongan melintang.
4. Analisis dan pembahasan hasil simulasi masing-masing model.

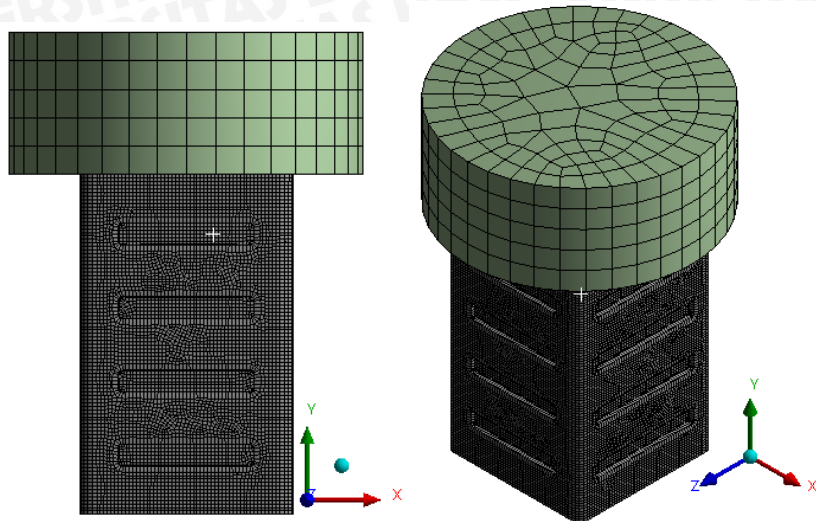
5. Hasil analisa dan pembahasan digunakan sebagai acuan untuk menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan.



Gambar 3.6 : Lokasi pengambilan data *Force Reaction* dan *Displacement*

### 3.6 Meshing

*Meshing* adalah proses diskritisasi elemen suatu benda yang awalnya dalam bentuk elemen tak terhingga menjadi sebuah model yang tersusun dari elemen-elemen kecil. Setiap elemen pada meshing memiliki dua komponen yaitu *node* dan *joint*. *Node* adalah titik-titik penyusun pada suatu model yang saling dihubungkan dengan sebuah *joint*. Proses perhitungan numerikal terjadi pada setiap *node-node* tersebut, jika diskritisasi elemen diatur semakin banyak maka jumlah *node* pun akan meningkat yang mengakibatkan nilai *error* hasil simulasi semakin kecil namun kinerja komputer akan membutuhkan waktu yang cukup lama. Pada penelitian kali ini digunakan *mesh* sebesar 1,3 mm pada *Crash Box*.



Gambar 3.7 : Tampilan Hasil *Meshing* Permodelan *Crash Box*

### 3.7 Tahapan Simulasi Pada Software Berbasis Metode Elemen Hingga

#### 3.7.1 Pra Penyelesaian Penelitian

1. Penentuan prosedur penyelesaian penelitian menggunakan Ansys 14.5 *Explicit Dynamics*.
2. Setting *properties* material untuk part *Crash Box* dan *Impactor*.
3. Menggambar geometri sesuai dengan variasi model yang sudah ditentukan.
4. *Meshing* pada setiap *part* masing-masing variasi model.
5. Setting *Boundary Conditions* sesuai dengan yang telah ditentukan

#### 3.7.2 Proses Solusi Penelitian

Seluruh data dan pengaturan (*Boundary Conditions*) yang telah dimasukkan akan diolah oleh Ansys 14.5 melalui proses perhitungan numerikal komputer. Selama proses ini dapat diketahui perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu perhitungan variasi model.

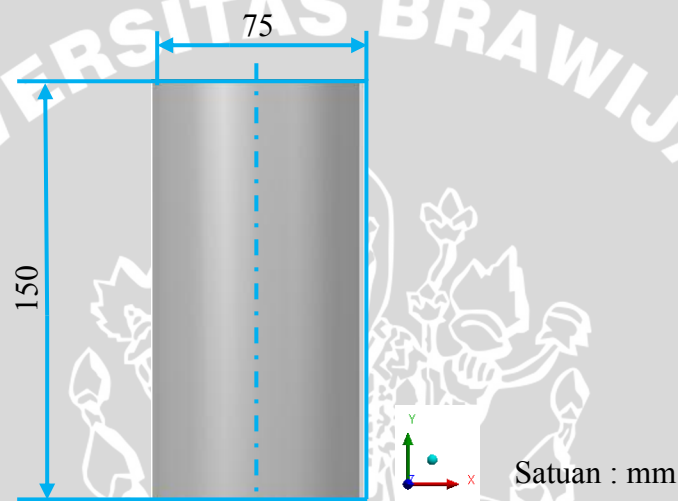
#### 3.7.3 Pasca Penyelesaian Penelitian

Setelah proses solusi dilakukan didapatkan hasil berupa plot grafis dan *list* data. *Plot result* menampilkan mode akhir deformasi dan distribusi tegangan pada *Crash Box*, *list* data menampilkan data hasil pengujian baik itu nilai *displacement*, *force reaction*, dan penyerapan energi.

### 3.8 Verifikasi Penelitian

Verifikasi penelitian dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian simulasi dengan hasil penelitian eksperimental yang dilakukan oleh Velmurugan (2009) di mana *Crash Box* yang digunakan memiliki dimensi:

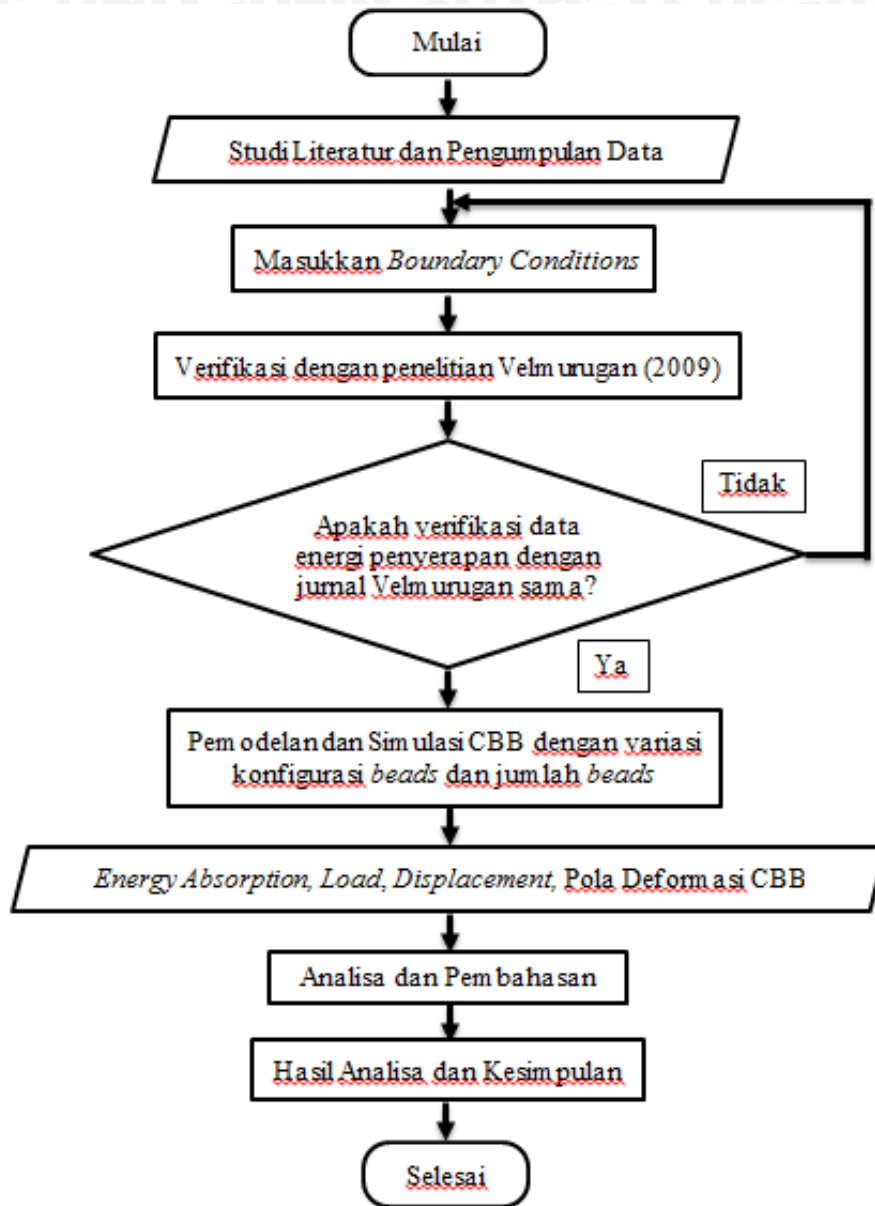
Panjang	= 150 mm
Diameter	= 75 mm
Tebal	= 1,6 mm
Massa	= 0,45 kg
Material	= <i>Mild steel</i>



Gambar 3.8 : Geometri Verifikasi Penelitian Velmurugan



### 3.9 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.9 : Diagram Alir Penelitian