

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode simulasi dengan *software* berbasis *Finite Elemen Method* (FEM). Simulasi dilakukan untuk mengurangi *trial and error* bila akan dilakukan eksperimen. Penelitian ini menggunakan studi literatur berupa buku, jurnal penelitian, skripsi, dan internet sebagai sumber informasi dan dasar teori.

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Studio Perancangan dan Rekayasa Sistem, Teknik Mesin, Universitas Brawijaya pada Bulan April 2016 hingga selesai.

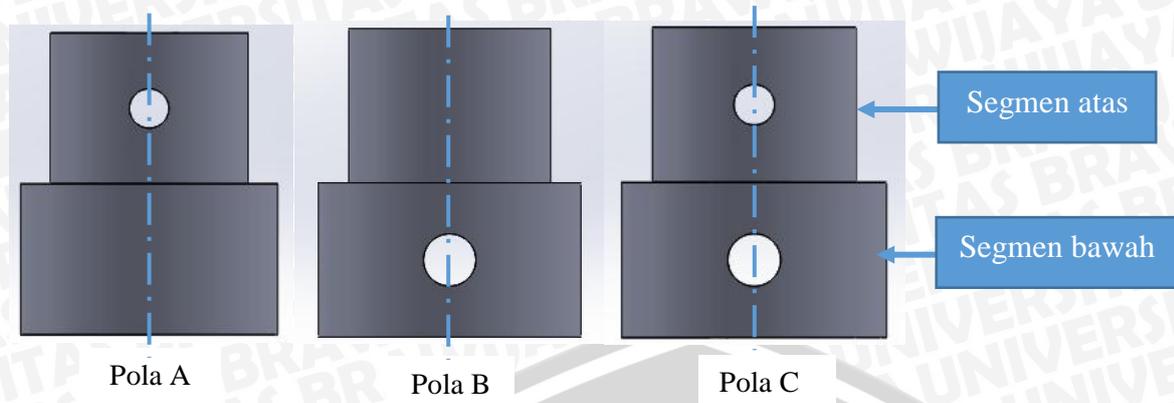
### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian antara lain:

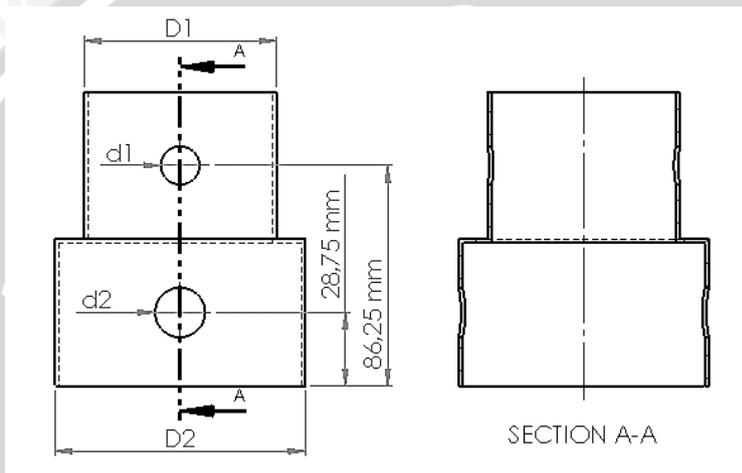
#### a. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu berdasarkan pola peletakan lubang dan rasio diameter lubang. Variabel bebas inilah yang akan diamati pengaruhnya terhadap variabel terkontrol. Berikut adalah rincian variabel bebas yang digunakan:

1. Pola peletakan lubang dikelompokkan sebagai Pola A, Pola B dan Pola C sesuai Gambar 3.1 dan jarak pusat lubang dari tumpuan dapat dilihat pada Gambar 3.2. Adapun rincian pola peletakan lubang adalah sebagai berikut:
  - Pola A: penempatan lubang pada segmen atas dengan jarak pusat lubang dari tumpuan sebesar 86,25 mm.
  - Pola B: penempatan lubang pada segmen bawah dengan jarak pusat lubang dengan tumpuan sebesar 28,75 mm.
  - Pola C: penempatan lubang pada segmen atas dan segmen bawah dengan jarak pusat dari tumpuan berturut-turut adalah 86,25 mm dan 28,75 mm.



Gambar 3.1 Pola Peletakan lubang pada *crash box*



Gambar 3.2 jarak peletakan lubang dari dasar *crash box*

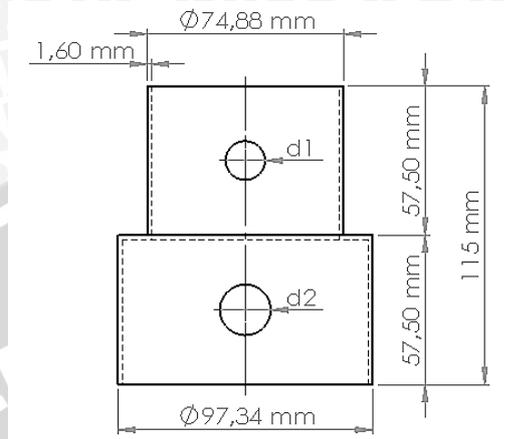
2. Rasio diameter lubang

Besarnya diameter lubang merupakan rasio dari diameter lubang terhadap diameter penampang *crash box*. Rasio diameter lubang diadopsi dari penelitian yang dilakukan oleh Sahril Efendi Sitompul (2013). Jika  $d$  adalah diameter lubang,  $D$  adalah diameter penampang *crash box*,  $d_1$  adalah diameter lubang pada segmen atas, dan  $d_2$  adalah diameter lubang pada segmen bawah seperti yang terlihat pada Gambar 3.2, maka perbandingan  $d/D$  yang dipilih adalah 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3. Secara lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Rasio diameter lubang pada *initial fold crash box*.

$d/D$	$d_1$	$d_2$
0,1	7,488 mm	9,734 mm
0,15	11,23 mm	14,60 mm
0,2	14,98 mm	19,46 mm
0,25	18,72 mm	24,34 mm
0,3	22,46 mm	29,20 mm

Adapun dimensi *initial fold crash box* dengan pola peletakan lubang dan diameter lubang dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan variasi desain yang akan diteliti dapat dilihat pada Tabel 3.2



Gambar 3.3 Dimensi *crash box*

Tabel 3.2 Variasi desain *initial fold crash box* dengan lubang

No.	Jenis Pola	Diameter lubang			Keterangan	
		Desain	peletakan lubang	$d/D$		$d_1$
1	A		0,1	7,488 mm	-	<i>Initial Fold Crash Box</i>
2	A		0,15	11,23 mm	-	dengan Lubang pada
3	A		0,2	14,98 mm	-	Segmen Atas
4	A		0,25	18,72 mm	-	
5	A		0,3	22,46 mm	-	
6	B		0,1	-	9,734 mm	<i>Initial Fold Crash Box</i>
7	B		0,15	-	14,60 mm	dengan Lubang pada
8	B		0,2	-	19,46 mm	Segmen Bawah
9	B		0,25	-	24,34 mm	
10	B		0,3	-	29,20 mm	
11	C		0,1	7,488 mm	9,734 mm	<i>Initial Fold Crash Box</i>
12	C		0,15	11,23 mm	14,60 mm	dengan Lubang pada
13	C		0,2	14,98 mm	19,46 mm	Segmen Atas dan Bawah
14	C		0,25	18,72 mm	24,34 mm	
15	C		0,3	22,46 mm	29,20 mm	

### 3. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas yang nilainya diperoleh setelah dilakukan penelitian. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah penyerapan energi dan *crash force efficiency* (CFE) pada *initial fold crash box* dengan lubang.

### 4. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dijaga selama penelitian, antara lain:

- Kecepatan tumbukan 7,67 m/s berdasarkan penelitian Velmurugan.
- Dimensi *initial fold crash box* mengacu pada penelitian Ilman Fauza.
- Ketebalan dan ketinggian *crash box* sebesar 1,6 mm dan 115 mm.
- Tidak memperhatikan pengaruh lingkungan.

## 3.4 Properties Material

Material yang digunakan *initial fold crash box* pada penelitian ini diadopsi dari penelitian sebelumnya oleh Velmurugan (2009), yaitu *mild steel* ASTM E-04, dan *structural steel* untuk *impactor* dengan massa 103 kg, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

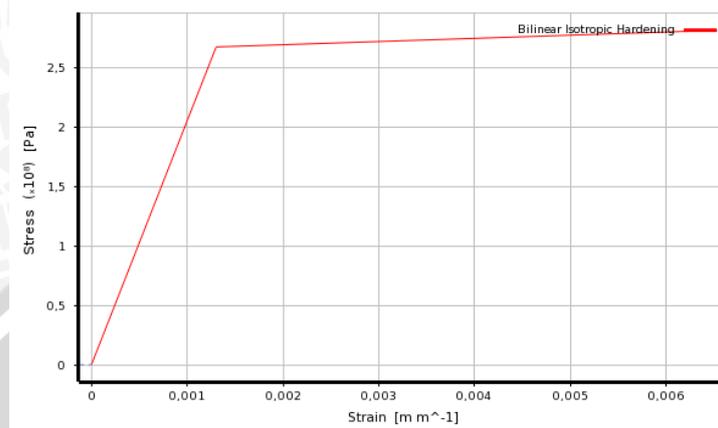
Tabel 3.3 Properti Material *Crash Box*

Material	<i>Crash Box</i>
$E$ (MPa)	$2,05 \times 10^5$
$\nu$	$2,9 \times 10^{-1}$
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$8,077 \times 10^3$
$\sigma_y$ (MPa)	$2,6694 \times 10^2$
$\sigma_T$ (MPa)	$2,6667 \times 10^3$

Tabel 3.4 Properti Material *Impactor*

Material	<i>Impactor</i>
$E$ (MPa)	$2 \times 10^9$
$\nu$	$3 \times 10^{-1}$
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$7,85 \times 10^3$

Pada simulasi menggunakan ANSYS Workbench 14.5 material *mild steel* ASTM E-04 diasumsikan *bilinear isotropic hardening*. Dengan grafik tegangan-regangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.

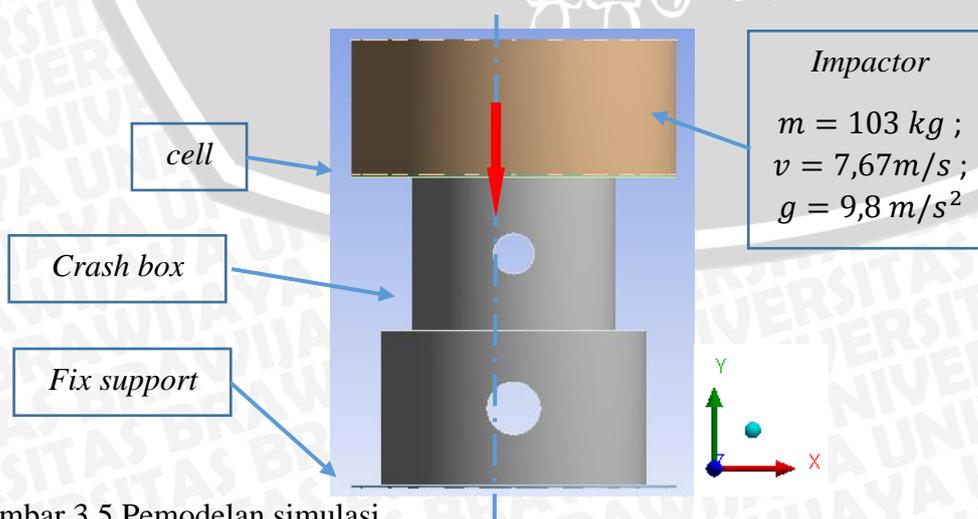


Gambar 3.4 Grafik Pemodelan Material *Bilinear Isotropic Hardening*

### 3.5 Pemodelan Pembebanan

komponen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *initial fold crash box* dengan lubang, *cell*, dan *impactor*. *Initial fold crash box* dibuat tidak terpisah dengan *cell* dan *impactor*. Pada bagian bawah *initial fold crash box* juga terdapat *cell* yang digunakan sebagai *fix support*.

Simulasi dilakukan dengan uji *frontal crash*, dimana *impactor* bermassa 103 kg ditekan terhadap crash box dengan kecepatan 7,67 m/s searah sumbu -Y dalam waktu 0,01125s. Adapun pemodelan *initial fold crash box* dengan lubang dapat dilihat pada gambar 3.5.



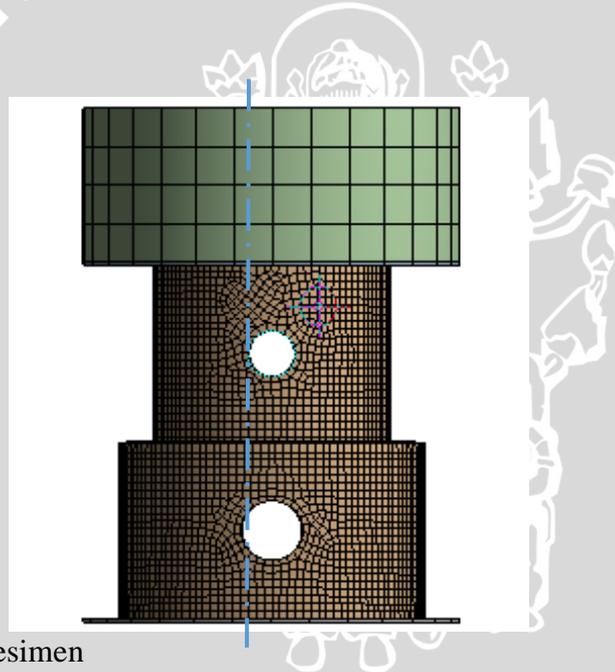
Gambar 3.5 Pemodelan simulasi

### 3.6 Meshing

*Meshing* merupakan proses diskritisasi daerah domain perhitungan dari yang semula berupa elemen tak terhingga (*infinite element*) menjadi elemen yang berhingga (*finite element*) sehingga dapat dihitung. Setiap elemen akan saling terhubung dan membentuk *nodes*, pada *nodes* inilah perhitungan dilakukan. Semakin banyak pembagian elemen maka *nodes* yang terbentuk akan semakin banyak pula, sehingga perhitungan akan semakin akurat. Selain itu, obyek yang *dimeshing* juga akan semakin mendekati bentuk aslinya.

*Meshing* pada ANSYS Workbench 14.5 dapat dilakukan secara otomatis dan manual. *Meshing* otomatis berarti menggunakan *meshing default* dari program, sedangkan *meshing* manual yaitu dengan melakukan *size control* pada pada elemen.

Pada penelitian ini *impactor*, *cell*, dan *support* menggunakan *meshing default*, sedangkan untuk *crash box* menggunakan *meshing* manual. Ukuran *mesh* pada *crash box* yaitu sebesar 1 mm.



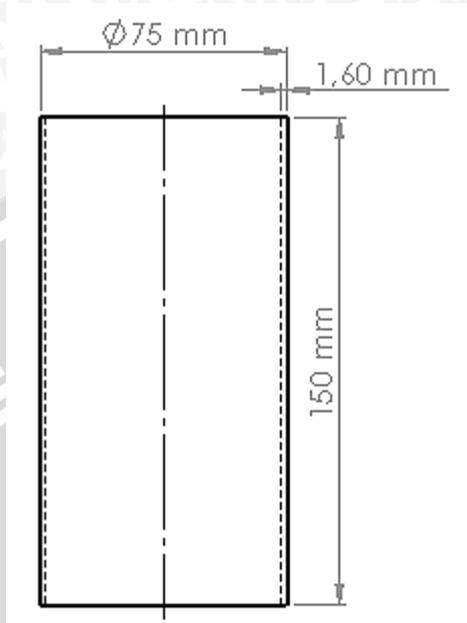
Gambar 3.6 *Meshing* Spesimen

### 3.7 Validasi Penelitian

Validasi dilakukan untuk menunjukkan bahwa metode *meshing* dan pemodelan material pada simulasi telah sesuai dengan hasil penelitian eksperimental. Jika hasil simulasi memiliki *error* yang kecil terhadap hasil eksperimen, maka prosedur setting pada simulasi dapat dinyatakan sesuai dan dapat dilanjutkan dengan simulasi *Initial Fold Crash Box* dengan lubang.

Validasi dilakukan dengan melakukan simulasi terhadap model *crash box* Velmurugan. *Crash box* ditumbuk dengan *impactor* bermassa 103 kg dengan kecepatan

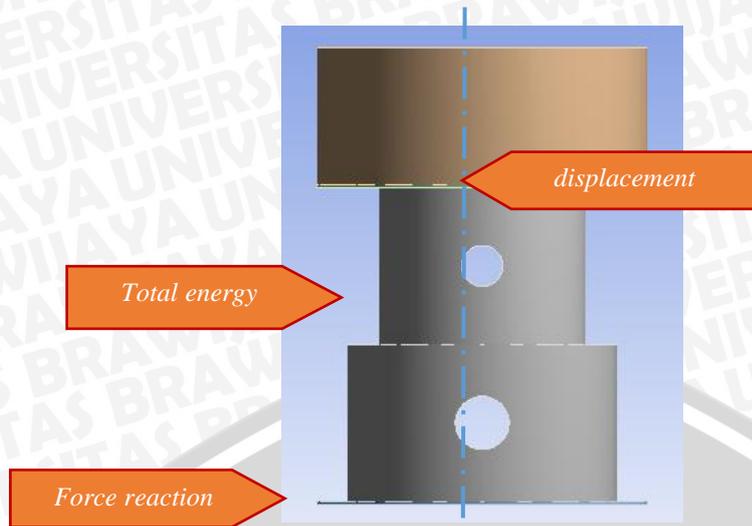
7,67 m/s arah *frontal*. Material yang digunakan adalah ASTM E-04 dengan rincian properties material seperti pada Tabel 3.3. Adapun dimensi crash box untuk validasi dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Dimensi *crash box* Velmurugan

### 3.8 Prosedur Penelitian

1. Penelitian dimulai dengan mencari literatur dan jurnal penelitian sebagai penelitian ini.
2. Penelitian dilakukan dengan simulasi menggunakan *software* berbasis *Finite element method* (FEM), dimana sistem analisis yang digunakan adalah *explicit dynamic*.
3. Simulasi dimulai dengan melakukan validasi terhadap *crash box* Velmurugan (2009). Setelah membuat geometri, mengatur *boundary condition* dan melakukan *meshing*, maka dilakukan proses *solving*.
4. Jika besarnya nilai *energy absorption* dan *displacement* hasil validasi memiliki *trendline* data yang sama dengan penelitian yang dilakukan Velmurugan (2009), maka dapat dikatakan bahwa prosedur simulasi yang digunakan telah sesuai dan valid. Sehingga, dapat dilanjutkan dengan simulasi pada model *initial fold crash box* dengan lubang dari desain 1 hingga 9.
5. Lokasi pengambilan data *displacement* dilakukan pada titik (0, 115mm, 0), *total energy* pada *crash box*, dan *force reaction* pada *fix support*. Lokasi pengambilan data *displacement*, *force reaction*, dan *total energy* dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.8 lokasi pengambilan data *displacement*, *force reaction*, dan *total energy*

6. Data hasil simulasi akan diolah dengan software Ms. Excel.
7. Analisis dan pembahasan hasil pengujian dari masing-masing model.
8. Penarikan kesimpulan.



3.9 Flowchart

