

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian Eksperimental-Semu (*Quasi-Experimental Research*) yaitu metode untuk memperoleh informasi yang merupakan perkiraan bagi informasi yang dapat diperoleh dengan eksperimen sebenarnya. Dimana dalam hal ini peneliti berusaha untuk melakukan pendekatan sedekat mungkin terhadap kondisi sebenarnya untuk menghasilkan hasil eksperimen yang mendekati kenyataan.

### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Variabel bebas:
  - Kedalaman potong : 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5 mm
2. Variabel terikat :
  - Kekasaran permukaan ( $R_a$ )
3. Variabel kendali :
  - Kecepatan potong : 300 m/min
  - *Rake angle* :  $0^\circ$
  - *Clearance angle* :  $7^\circ$
  - *Tool overhang* : 30 mm

### 3.3 Spesifikasi Material Benda Kerja, Pahat, dan Tool Holder

1. Benda kerja :
  - Jenis benda kerja : S45C / AISI 1045
  - Komposisi : C (0,42 – 0,48 %), Fe (98,53 – 98,98 %), Mn (0,6 – 0,9 %), P (maks. 0,04 %), S (maks. 0,05 %)
  - Densitas :  $7850 \text{ kg/m}^3$
  - Modulus elastisitas :  $2,05 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$
  - *Ultimate Tensile strength* :  $6,25 \cdot 10^8 \text{ Pa}$

- *Yield strength* :  $5,30 \cdot 10^8$  Pa
- *Poisson's ratio* : 0,29
- Perpanjangan saat patah : 20 %

## 2. Pahat :

- Jenis pahat : Pahat insert karbida
- Tipe pahat : DCMT 11T308-C25
- Modulus elastisitas :  $8,10^{11}$  Pa
- *Poisson's ratio* : 0,2
- Densitas :  $15000 \text{ kg/m}^3$

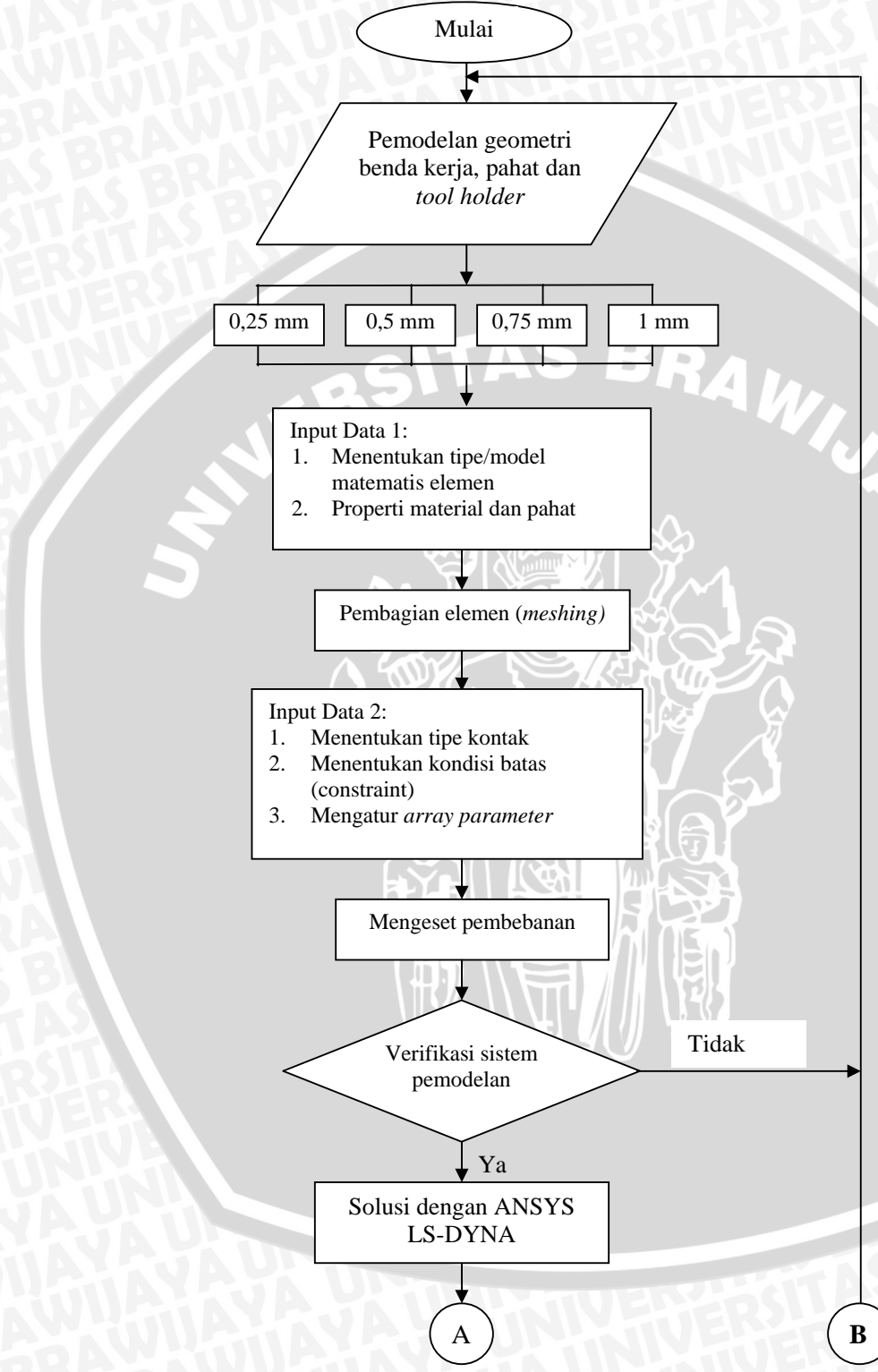
## 3. *Tool holder* :

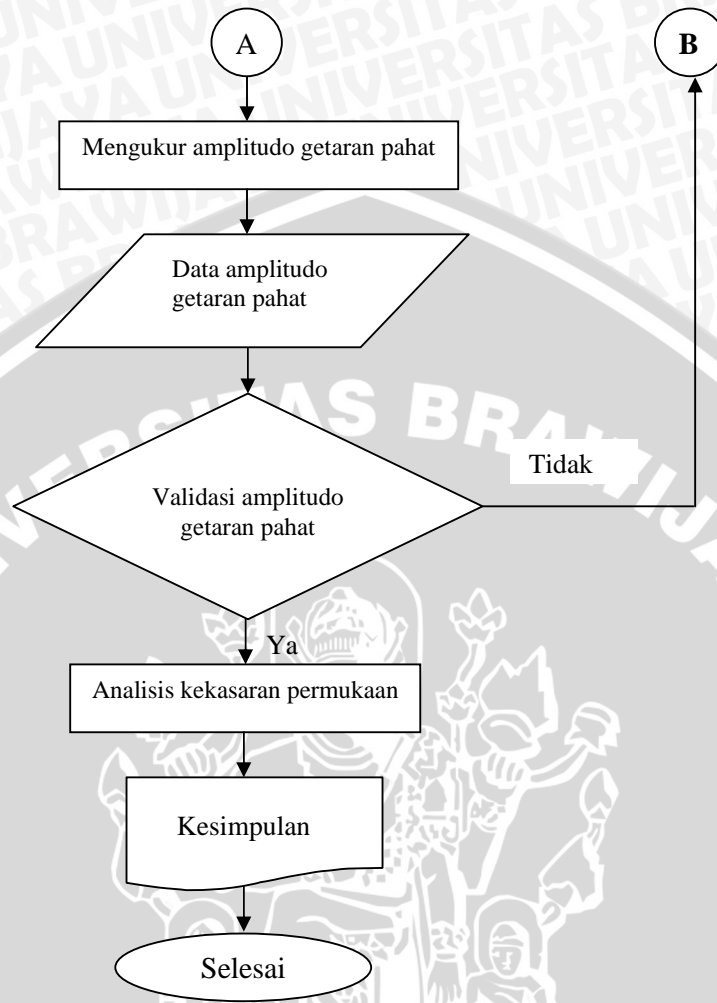
- *Material tool holder* : AISI 4140
- *Tipe tool holder* : SDNCN 2020-K11
- Densitas :  $7850 \text{ kg/m}^3$
- Modulus elastisitas :  $2,05 \cdot 10^{11}$  Pa
- *Ultimate Tensile strength* :  $1,795 \cdot 10^9$  Pa
- *Yield strength* :  $1,515 \cdot 10^9$  Pa
- *Poisson's ratio* : 0,29
- Perpanjangan saat patah : 8 %

## 3.4 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian kali ini digunakan dua macam diagram alir. Diagram alir yang pertama yaitu untuk simulasi pemotongan dengan kedalaman potong 0,25, 0,5, 0,75, dan 1 mm, dimana pada penelitian ini peneliti melakukan verifikasi terhadap sistem pemodelan yang digunakan serta validasi terhadap hasil simulasi. Sebagai bahan pembanding digunakan hasil penelitian eksperimen yang telah dilakukan oleh Wahyu Wibowo (2000). Apabila hasil verifikasi dan validasi dari simulasi sudah cukup mendekati hasil eksperimen aktual, pemodelan yang telah dikembangkan digunakan pada simulasi pemotongan dengan kedalaman potong 1,25 dan 1,5 mm.

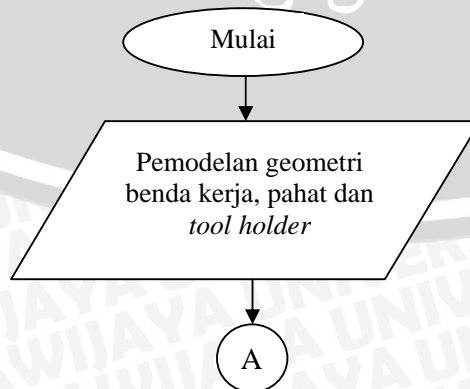
1. Kedalaman pemotongan = 0,25 mm; 0,5 mm; 0,75 mm; 1 mm.

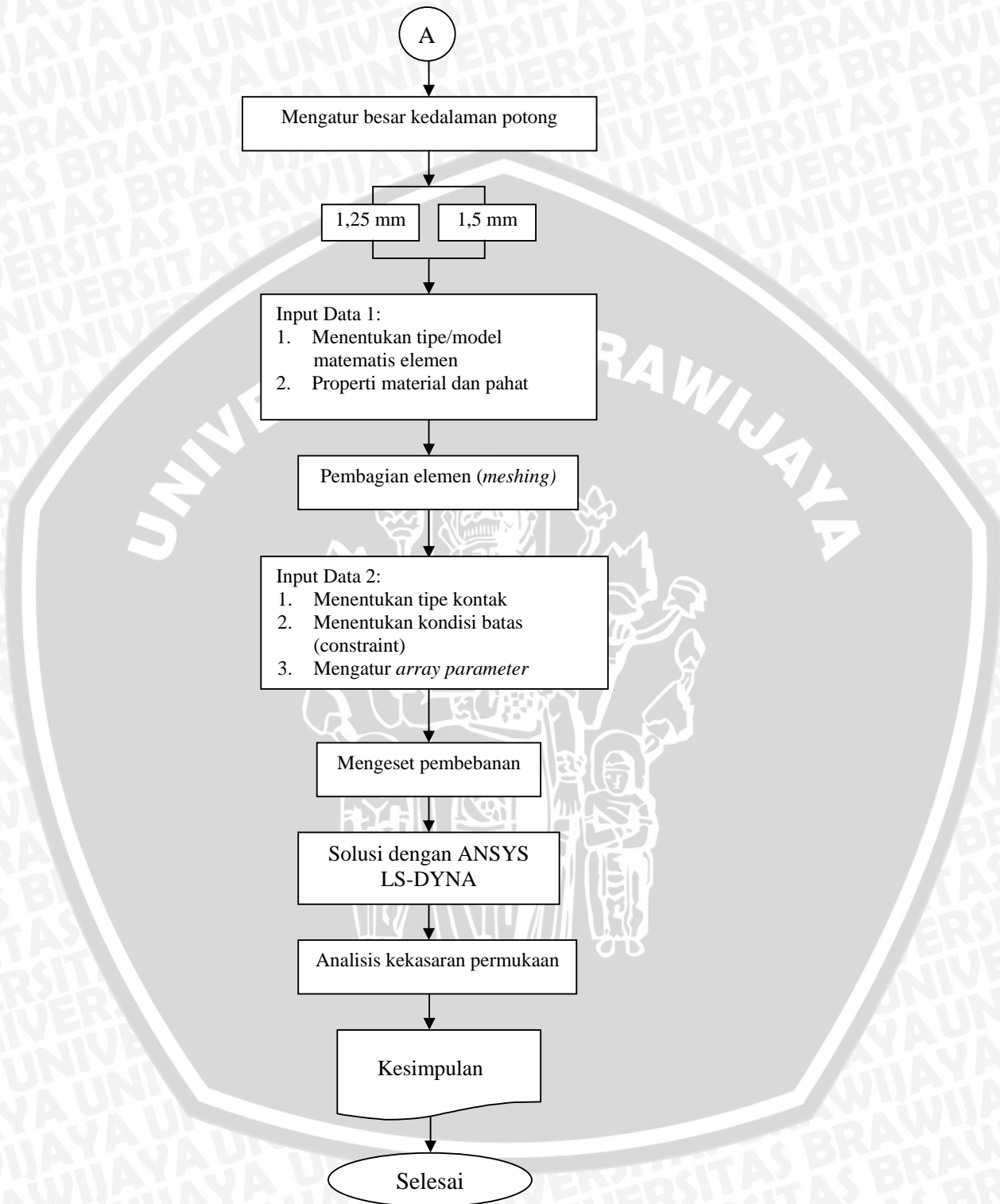




Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian untuk kedalaman potong 0,25 mm; 0,5 mm; 0,75 mm; 1 mm

2. Kedalaman pemotongan = 1,25 mm; 1,5 mm.



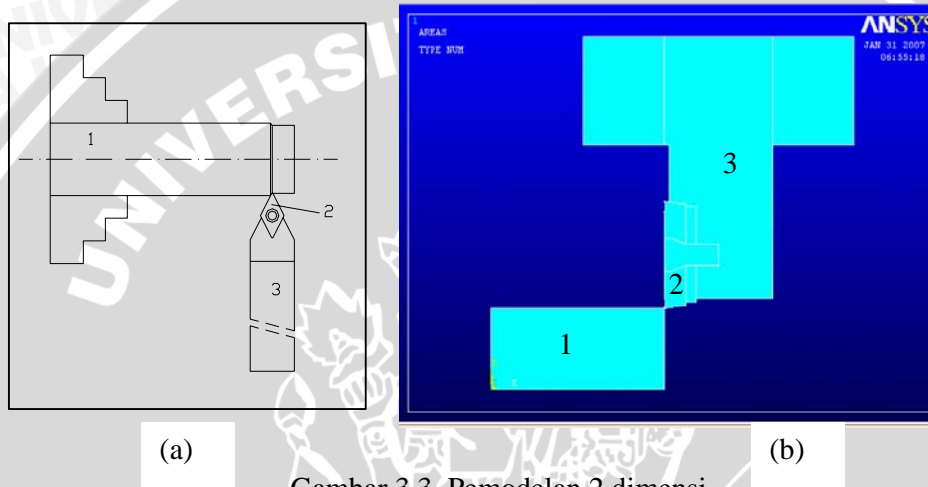


Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian untuk kedalaman potong 1,25 mm dan 1,5 mm

### 3.5 Langkah-langkah Penelitian

#### 3.5.1 Pemodelan Geometri

Benda kerja dan pahat dimodelkan dalam bentuk 2 dimensi. Pemodelan pada sistem pemotongan *orthogonal* dibuat seperti pada gambar 3.3, dimana benda kerja yang berbentuk silinder seolah-olah dibentangkan, menjadi seperti pada gambar 3.3 (b). Sedangkan untuk pahat dan *tool holder* dimodelkan dengan jalan menampilkan bentuk penampang dari keduanya. Hal ini dilakukan untuk lebih menyederhanakan model tanpa meninggalkan prinsip-prinsip yang ada.

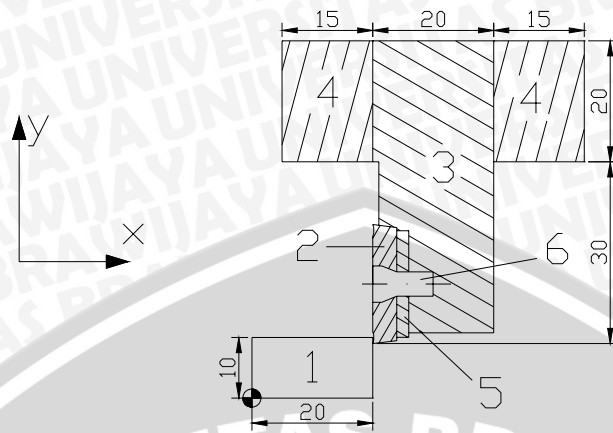


Gambar 3.3. Pemodelan 2 dimensi

- (a) Proses pembubutan  
 (b) Pemodelan 2 dimensi, dimana :
- 1) Benda kerja
  - 2) Pahat
  - 3) *Tool holder*

Pemodelan dari pahat dan *tool holder* dilakukan sesuai dengan spesifikasi dari keduanya dengan berdasarkan pada standar ISO (terlampir). Sedangkan untuk pemodelan benda kerja digunakan spesifikasi geometri sebagai berikut :

- Panjang benda kerja pemodelan : 20 mm
- Tinggi benda kerja pemodelan : 10 mm



Gambar 3.4. Sketsa Pemodelan

- |                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| 1) Benda kerja        | 4) <i>Toolpost</i> |
| 2) Pahat              | 5) <i>Shim</i>     |
| 3) <i>Tool holder</i> | 6) Baut            |

Pada proses ini kita membuat model (menggambar) sistem dengan ukuran sesuai dengan desain yang telah dibuat. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu :

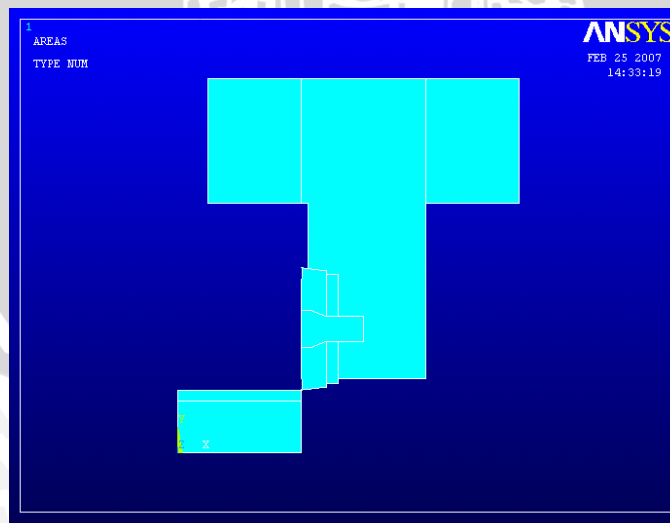
1. Memasukkan koordinat-koordinat utama untuk membentuk gambar sistem dengan membuat *keypoint*. Pada penelitian ini koordinat yang dimasukkan adalah koordinat tiap pojok pahat, *tool holder*, baut, *shim*, dan benda kerja. Menu utama pada ANSYS yang digunakan yaitu **Preprocessor > Modelling > Create > Keypoints > In Active CS**. Koordinat-koordinat yang dimasukkan yaitu :

Tabel 3.1. Koordinat *keypoint* pemodelan

No.	Sumbu X	Sumbu Y	No.	Sumbu X	Sumbu Y
1	0	0	10	0,032	0,013
2	0,032	0	11	0,032	0,03271
3	0,032	0,015	12	0,03217	0,03318
4	0	0,015	13	0,03217	0,03418
5	0,032	0,015	14	0,032	0,03465
6	0,03217	0,023	15	0,033	0,03452
7	0,03217	0,035	16	0,03597	0,03416
8	0,032	0,035	17	0,03597	0,03362
9	0,032	0,023	18	0,03597	0,02682

No.	Sumbu X	Sumbu Y	No.	Sumbu X	Sumbu Y
19	0,03597	0,02282	30	0,03797	0,01677
20	0,03597	0,01602	31	0,052	0,01677
21	0,03597	0,01549	32	0,052	0,045
22	0,0335	0,02182	33	0,067	0,045
23	0,0335	0,02782	34	0,067	0,065
24	0,03797	0,02282	35	0,052	0,065
25	0,03797	0,02682	36	0,032	0,065
26	0,042	0,02282	37	0,017	0,065
27	0,042	0,02682	38	0,017	0,045
28	0,03797	0,01602	39	0,032	0,045
29	0,03797	0,03362	40	0,033	0,045

- Menghubungkan tiap *keypoint* untuk membentuk garis dengan menggunakan menu pada ANSYS yaitu **Preprocessor > Modelling > Create > Lines > Lines > Straight Line**.
- Membuat area menggunakan menu **Preprocessor > Modelling > Create > Areas > Arbitrary > By Lines**. Sehingga pada tahap ini tampilan pada ANSYS GUI seperti pada gambar 3.5 berikut.



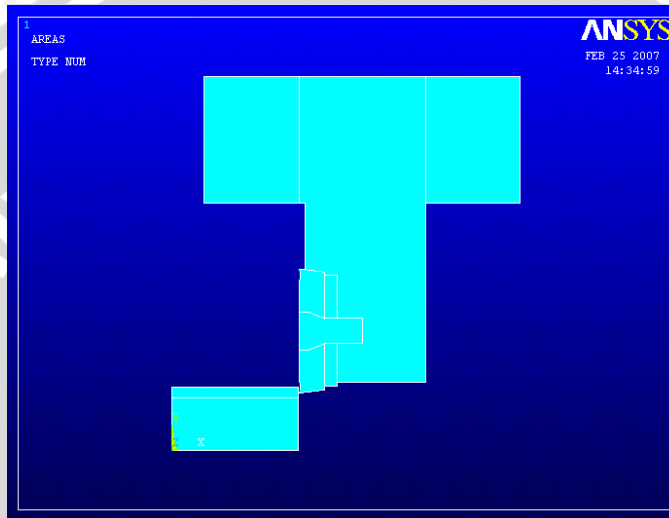
Gambar 3.5. Pemodelan Geometri



### 3.5.2 Mengatur Kedalaman Potong

Pada tahap ini kita menggeser area pahat dan *tool holder* searah sumbu Y negatif sejauh kedalaman pemotongan yang diinginkan. Menu pada ANSYS yang digunakan pada tahap ini yaitu **Preprocessor > Modelling > Move/Modify > Areas > Areas**.

Melalui tahap ini tampilan pemodelan pada ANSYS GUI menjadi seperti gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6. Pemodelan setelah memasukkan nilai kedalaman potong

### 3.5.3 Input Data 1

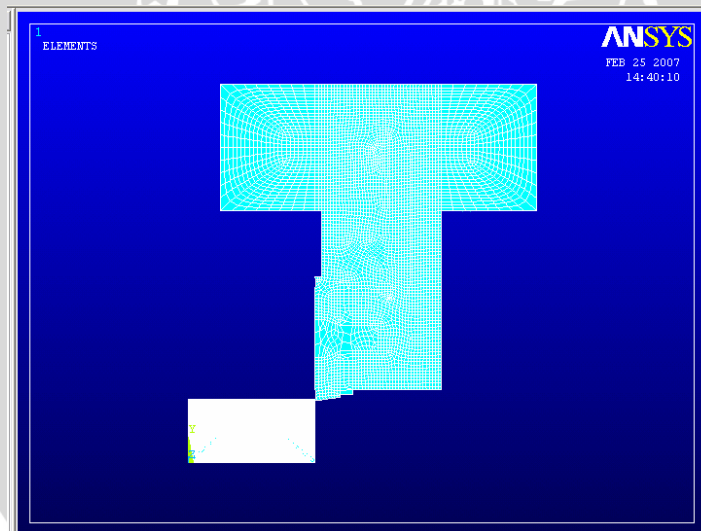
Langkah-langkah yang kita lakukan pada tahap ini yaitu:

1. Menentukan tipe elemen yang akan digunakan, yaitu elemen *plane 2* dimensi. Pada menu ANSYS kita pilih **Preprocessor > Element Type > Add/Edit/Delete** dan selanjutnya kita pilih tipe elemen dengan nama **2D Solid 162**.
2. Selanjutnya kita menentukan pemodelan material benda kerja, pahat, *tool holder*, baut serta *shim*, dan memasukkan properti dari tiap-tiap material. Dimana pada langkah ini kita menggunakan model material *piecewise linear plasticity* untuk material benda kerja, pahat, dan *tool holder* dan model material *rigid* untuk baut dan *shim*. Menu yang kita pilih untuk model material *piecewise linear plasticity* yaitu **Preprocessor > Material Props > Material Models > LS-DYNA > Non linear > Inelastic > Rate**

**Dependent Plasticity > Piecewise Linear > Standard.** Sedangkan untuk material *rigid* kita pilih menu **Preprocessor > Material Props > Material Models > LS-DYNA > Rigid Material.** Untuk material benda kerja, peneliti mendapatkan data berupa grafik tegangan regangan. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang lebih mendekati, kami menghitung nilai konstanta  $P$  dan  $C$  dari persamaan *Cowper-Symonds* untuk material S45C.

### 3.5.4 Pembagian Elemen (*meshing*)

Selanjutnya masing-masing bagian pemodelan kita bagi menjadi elemen-elemen kecil. Benda kerja kita *mesh* dengan ukuran 0,05 mm, sedangkan untuk pahat dan *tool holder* kita *mesh* dengan ukuran 0,5 mm, dan untuk baut serta *shim* kita *mesh* dengan ukuran 1 mm, sedangkan *toolpost* kita *mesh* dengan ukuran 2 mm. Menu ANSYS yang digunakan yaitu **Preprocessor > Meshing > Mesh Tool.** Selanjutnya tampilan pada ANSYS GUI menjadi seperti pada gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7. Pembagian area menjadi elemen-elemen kecil

### 3.5.5 Input Data 2

Pada tahap input data yang kedua kali ini, langkah-langkah yang dilakukan yaitu :

1. Menentukan tipe kontak elemen dengan memilih menu pada ANSYS **Preprocessor > LS-DYNA Options > Contact > Define Contact**. Selanjutnya kita pilih tipe kontak Auto2D (ASS2D), dan kita masukkan nilai koefisien gesek statis ( $\mu_s$ ) dan kinetis ( $\mu_k$ ). Dimana untuk kasus kontak antara 2 baja  $\mu_s = 0,78$  dan  $\mu_k = 0,42$ .
2. Memberikan kondisi batas (*constraint*) pada nodal-nodal tertentu pada benda kerja. Pada nodal-nodal benda kerja yang paling bawah kita *constraint* untuk semua derajat kebebasan. Menu pada ANSYS yang digunakan yaitu **Preprocessor > LS-DYNA Options > Constraints > Apply > On Nodes**.
3. Mengatur *Array Parameter* yang berfungsi untuk mengatur kecepatan potong yang digunakan pada penelitian ini. Dimana menu yang digunakan yaitu **Utility Menu > Parameters > Array Parameters > Define/Edit**. Nilai-nilai yang kita masukkan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2. Pengaturan *Array Parameter*

Parameter	Waktu (s)	Kecepatan Potong (m/s)
Nilai	0	-5
	0,00155	-5
	0,0031	-5
	0,00465	-5
	0,0062	-5

### 3.5.6 Mengeset Pembebanan

Pada tahap ini kita pilih menu **Preprocessor > LS-DYNA Options > Loading Options > Specify Loads**. Selanjutnya pada *toolbox* kita pilih opsi beban RBVX untuk memberi beban pada *toolpost* sesuai dengan *array parameter* yang telah diset.

### 3.5.7 Verifikasi Sistem Pemodelan

Sebelum masuk ke tahap solusi, perlu untuk dilakukan proses verifikasi sistem pemodelan untuk mencari kesalahan pemodelan yang mungkin terjadi. Hal ini dilakukan dengan jalan membandingkan kembali sistem pemodelan yang digunakan dengan kondisi eksperimen nyata, dengan tujuan agar pendekatan simulasi yang dilakukan dapat menghasilkan output yang maksimal.

### 3.5.8 Solusi Dengan ANSYS LS-DYNA

Apabila proses verifikasi model telah dilakukan, maka selanjutnya masuk ke fase solusi dengan memilih menu pada ANSYS **Solution** > **Solve**. Pada fase ini komputer membutuhkan waktu untuk melakukan perhitungan elemen hingga terhadap model yang telah dibuat.

### 3.5.9 Mengukur Amplitudo Getaran Pahat

Untuk simulasi pemotongan dengan kedalaman potong 0,25, 0,5, 0,75, dan 1 mm, perlu kita ukur amplitudo getaran pahat yang terjadi untuk divalidasikan dengan hasil penelitian eksperimen. Setelah proses perhitungan dari komputer selesai, selanjutnya kita ukur defleksi dari pahat dan *toolholder* yang terjadi. Kita dapat menggunakan fasilitas menu pada ANSYS yaitu **Time-History Postprocessor** untuk membuat daftar ataupun tampilan berupa grafik dari defleksi pahat dan *toolholder*. Grafik yang dapat dibuat merupakan grafik getaran pahat terhadap waktu. Besar amplitudo dari getaran pahat merupakan nilai defleksi terbesar dari pahat.

### 3.5.10 Validasi Amplitudo Getaran Pahat

Amplitudo getaran pahat yang telah diukur pada simulasi pemotongan dengan kedalaman potong 0,25, 0,5, 0,75, dan 1 mm selanjutnya dibandingkan dengan hasil penelitian eksperimental yang telah dilakukan oleh Wahyu Wibowo (2000). Amplitudo getaran pahat yang didapatkan pada penelitian tersebut ditunjukkan pada tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3. Hasil eksperimen pengaruh kedalaman pemotongan terhadap amplitudo getaran pahat.

No.	Kedalaman potong (mm)	Amplitudo getaran (mm)
1.	0,25	$6,321.10^{-5}$
2.	0,5	$1,4.10^{-4}$
3.	0,75	$2,292.10^{-4}$
4.	1	$2,877.10^{-4}$

(Sumber: Wahyu Wibowo, 2000)

Syarat yang peneliti gunakan untuk menunjukkan bahwa hasil simulasi dapat dianggap cukup valid atau tidak adalah dengan menggunakan *Average Percent Error (APE)*, yaitu ([www.ciadvertising.org](http://www.ciadvertising.org)):

$$APE = \left| \frac{(\text{Nilai aktual} - \text{Nilai prediksi})}{\text{Nilai aktual}} \right| \times 100\% \quad (3-1)$$

Dimana sebuah sistem pemodelan dianggap valid apabila besar APE kurang dari atau sama dengan 5 %. Sehingga dalam hal ini tingkat kefidensi sebesar 95%.

Selanjutnya apabila hasil validasi ternyata amplitudo getaran potong hasil simulasi belum memenuhi syarat di atas, maka kita lakukan pengecekan ulang terhadap model yang telah dikembangkan dan memperbaiki kemungkinan adanya penyimpangan dari pemodelan. Sedangkan apabila hasil validasi sudah sesuai, maka kita masuk ke tahapan selanjutnya dan kita gunakan pemodelan yang telah dikembangkan pada simulasi pemotongan dengan kedalaman potong 1,25 mm dan 1,5 mm.

### 3.5.11 Analisis Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan ( $R_a$ ) benda kerja setelah proses simulasi pembubutan merupakan variabel terikat pada penelitian ini. Konfigurasi dari permukaan benda kerja hasil simulasi selanjutnya akan diukur secara manual kekasaran permukaannya dengan menggunakan rumus (2-14), sebab *software* ANSYS tidak dapat secara langsung mengukur kekasaran permukaan. Langkah-langkah untuk mengukur kekasaran permukaan adalah sebagai berikut:

1. Setelah proses perhitungan oleh ANSYS LS-DYNA selesai, kita tampilkan bentuk permukaan benda kerja setelah proses pemotongan.

2. Dari benda kerja yang sepanjang 20 mm kita ambil sampel sepanjang 0,8 mm sesuai dengan aturan dalam mengukur kekasaran permukaan. Dimana pengambilan sampel dilakukan pada tiga posisi permukaan benda kerja hasil simulasi.
3. Bagian sampel tersebut selanjutnya kita pilih nodal-nodal penyusunnya dan kita cetak koordinat awal posisi nodal serta perpindahannya setelah proses simulasi pembubutan dilakukan.
4. Kedua data yang telah dicetak tersebut selanjutnya kita gunakan untuk menggambar konfigurasi permukaan sampel dengan bantuan *software* Autocad agar lebih jelas bentuk konfigurasi permukaannya.
5. Selanjutnya secara manual kita ukur nilai kekasaran permukaan benda kerja tersebut sesuai dengan rumusan-rumusan yang telah dijelaskan pada subbab 2.4.
6. Menghitung nilai rata-rata dari ketiga sampel pada tiap-tiap variasi kedalaman pemotongan.

### 3.5.12 Menarik Kesimpulan

Selanjutnya pada akhir penelitian dapat ditarik suatu kesimpulan dan saran berdasarkan data kekasaran permukaan yang telah didapat.

