

## BAB IV

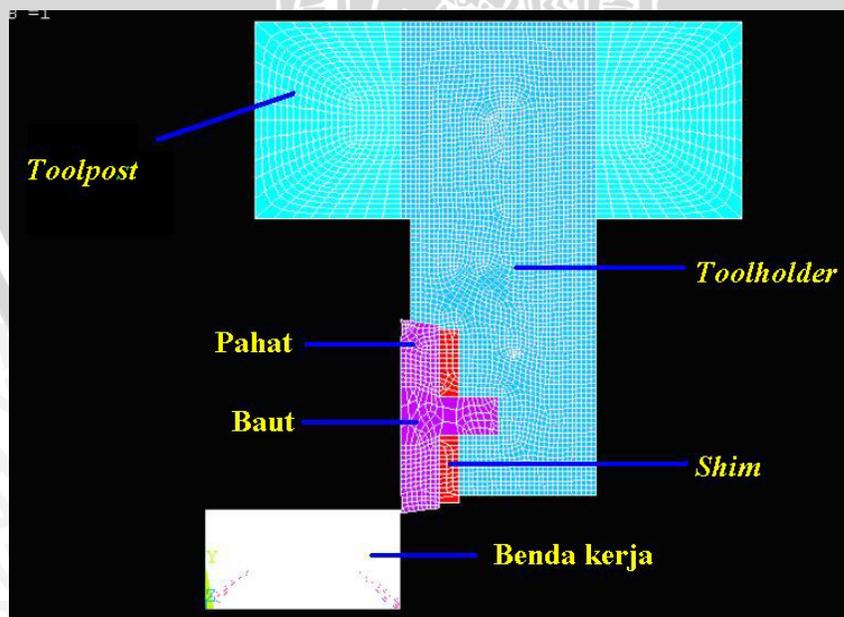
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Simulasi

Setelah proses perhitungan metode elemen hingga selesai dilakukan oleh komputer melalui *software* ANSYS, selanjutnya dapat ditampilkan hasil dari simulasi tersebut. Pada penelitian ini akan diberikan dua macam tampilan hasil simulasi yaitu yang pertama berupa tampilan animasi proses pemotongan dan yang kedua berupa grafik getaran pahat yang terjadi.

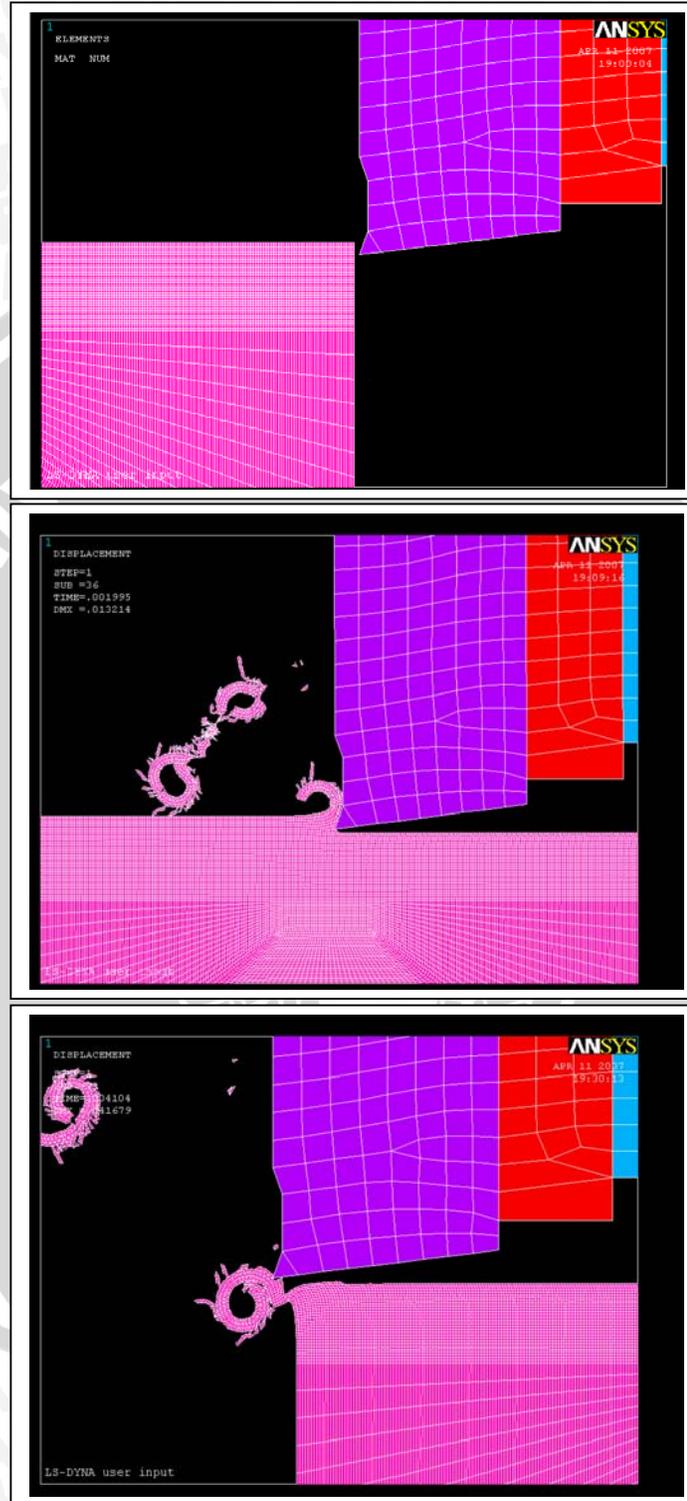
##### 4.1.1 Animasi Simulasi Pemotongan

Animasi dari proses simulasi pemotongan yang merupakan hasil dari perhitungan *software* ANSYS akan ditampilkan pada subbab ini. Komponen-komponen dari sistem pemotongan yang telah didesain akan ditampilkan seperti pada gambar 4.1 dimana perbedaan warna dilakukan berdasarkan perbedaan komponen dari sistem. Selain itu tampilan yang dipilih pada animasi ini yaitu tampilan dari elemen-elemen *meshing* tiap komponen. Hal ini dilakukan karena tampilan tersebut lebih jelas dalam menampilkan konfigurasi permukaan hasil pemotongan.



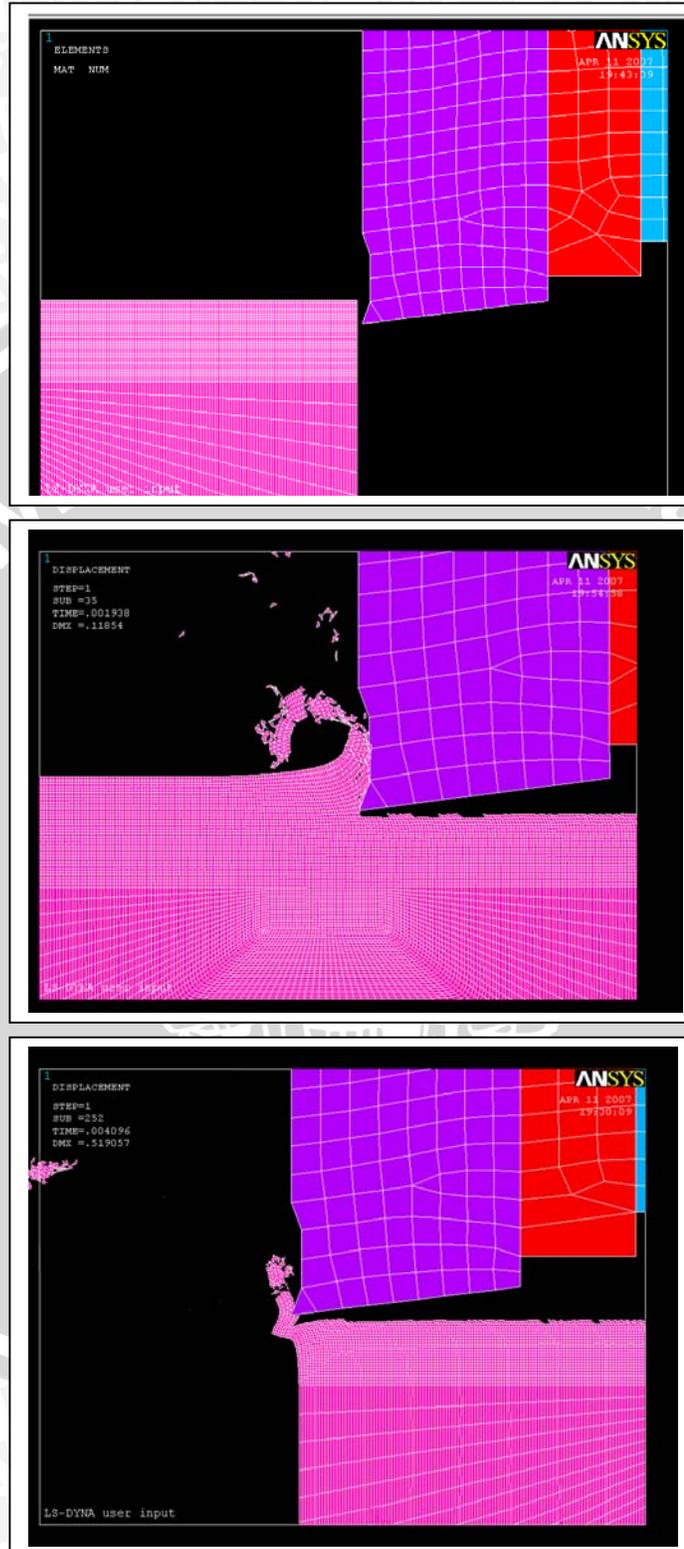
Gambar 4.1. Perbedaan warna berdasarkan komponen sistem

1. Kedalaman pemotongan 0,25 mm.



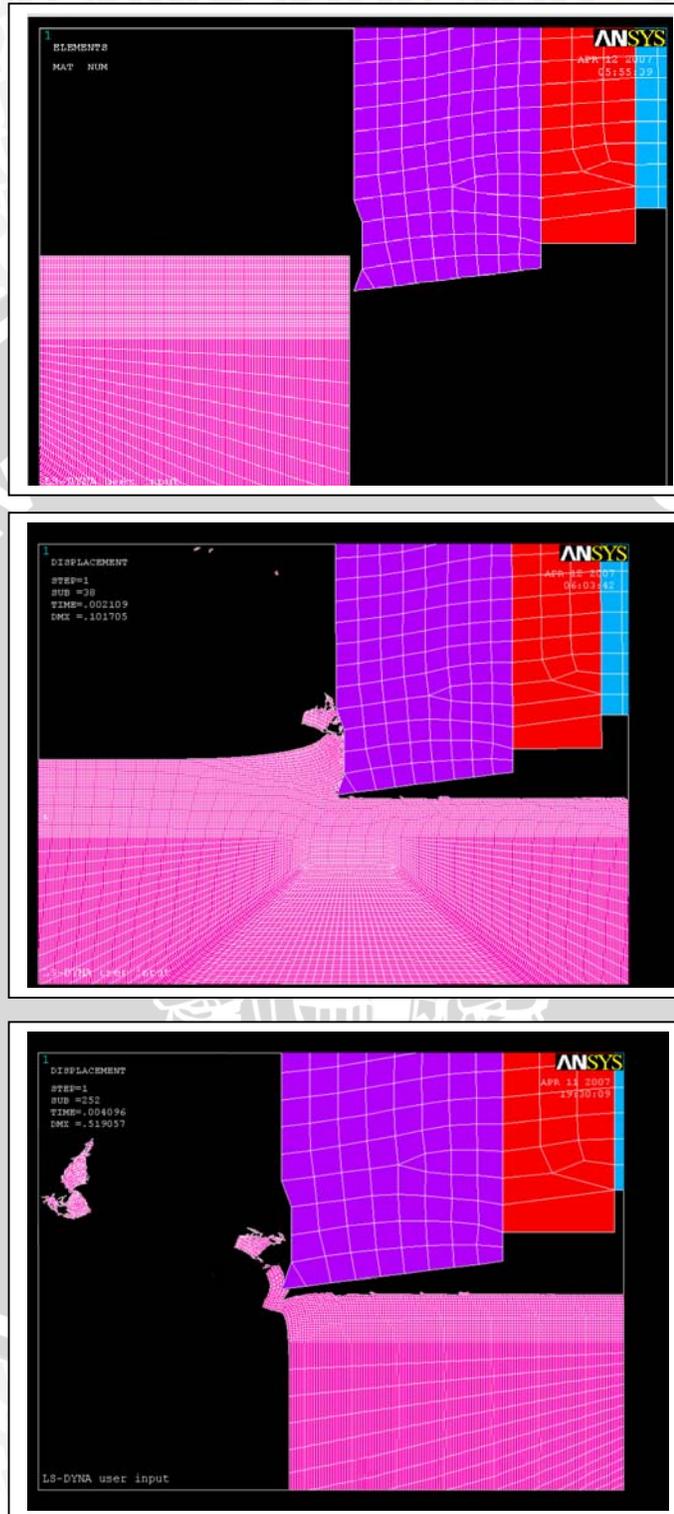
Gambar 4.2. Hasil simulasi untuk kedalaman pemotongan 0,25 mm

2. Kedalaman pemotongan 0,5 mm.



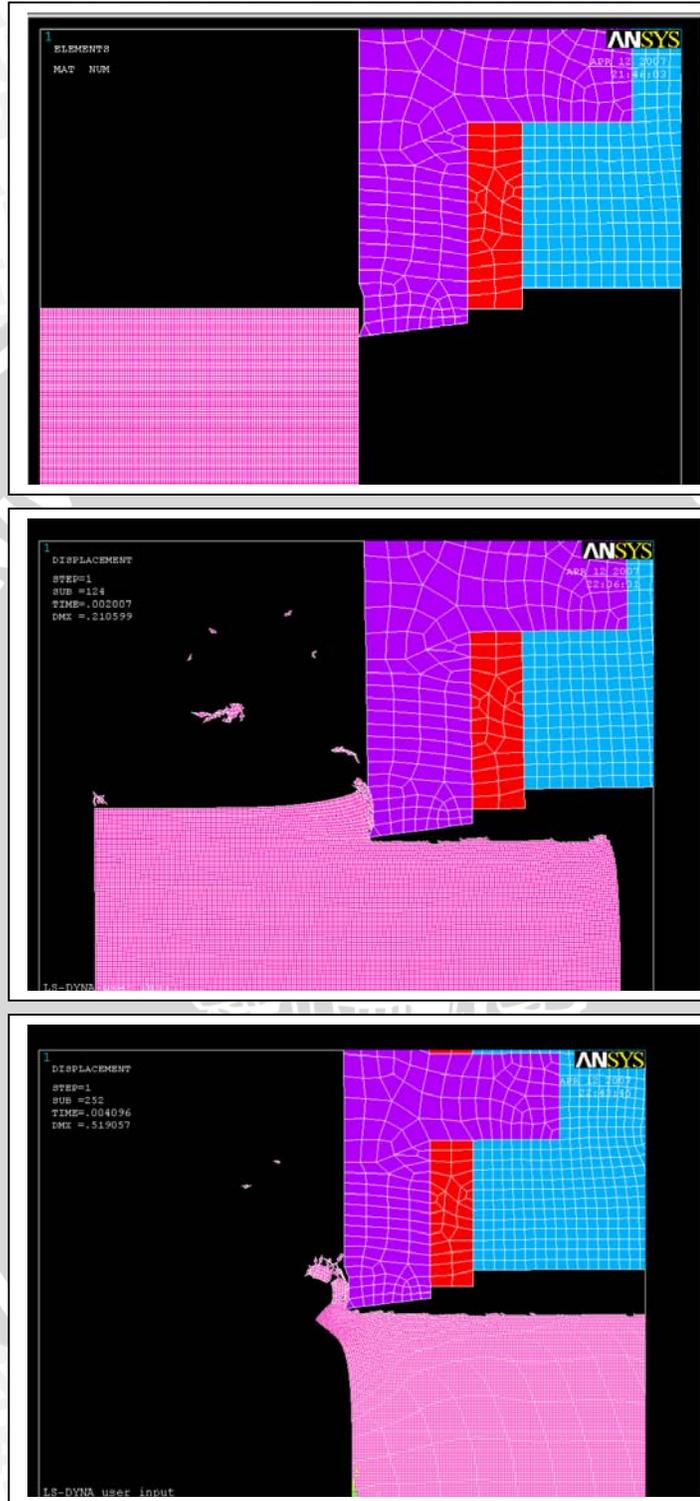
Gambar 4.3. Hasil simulasi untuk kedalaman pemotongan 0,5 mm

3. Kedalaman pemotongan 0,75 mm.



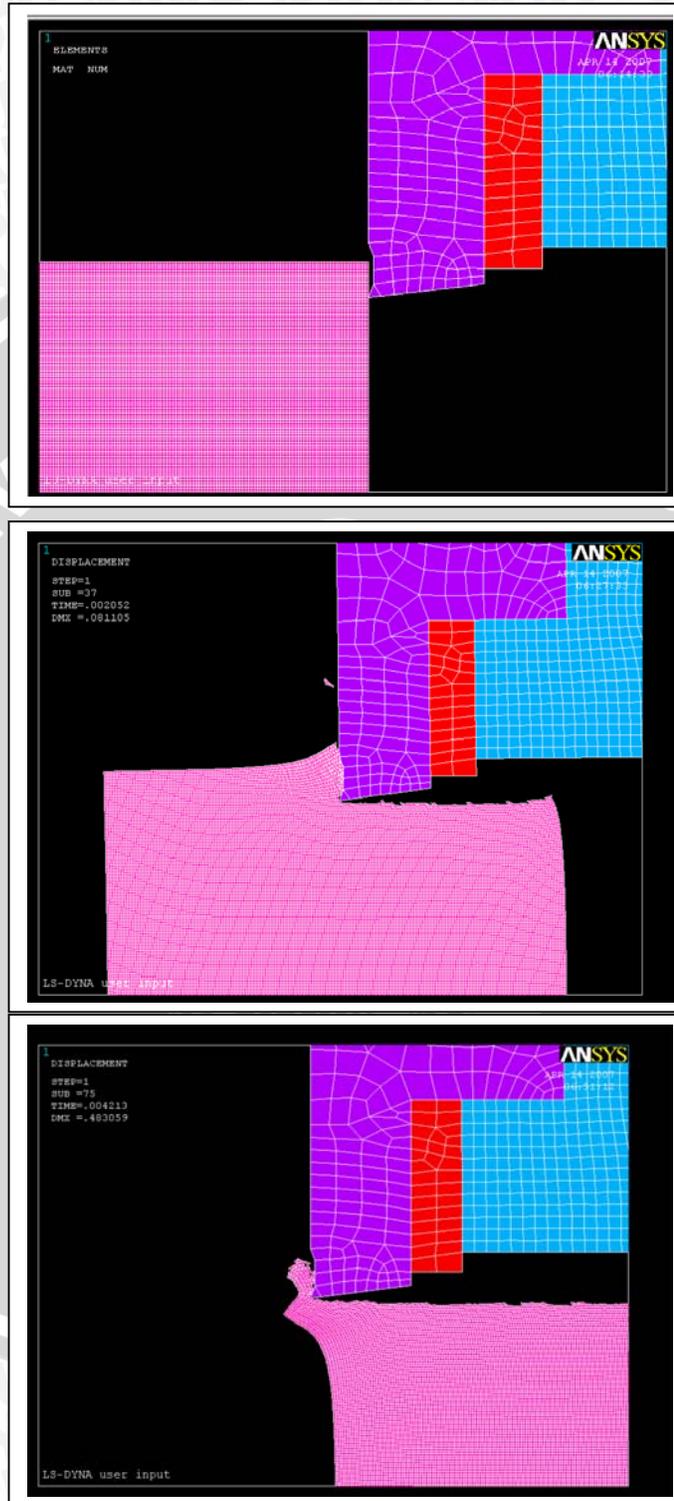
Gambar 4.4. Hasil simulasi untuk kedalaman pemotongan 0,75 mm

4. Kedalaman pemotongan 1 mm.



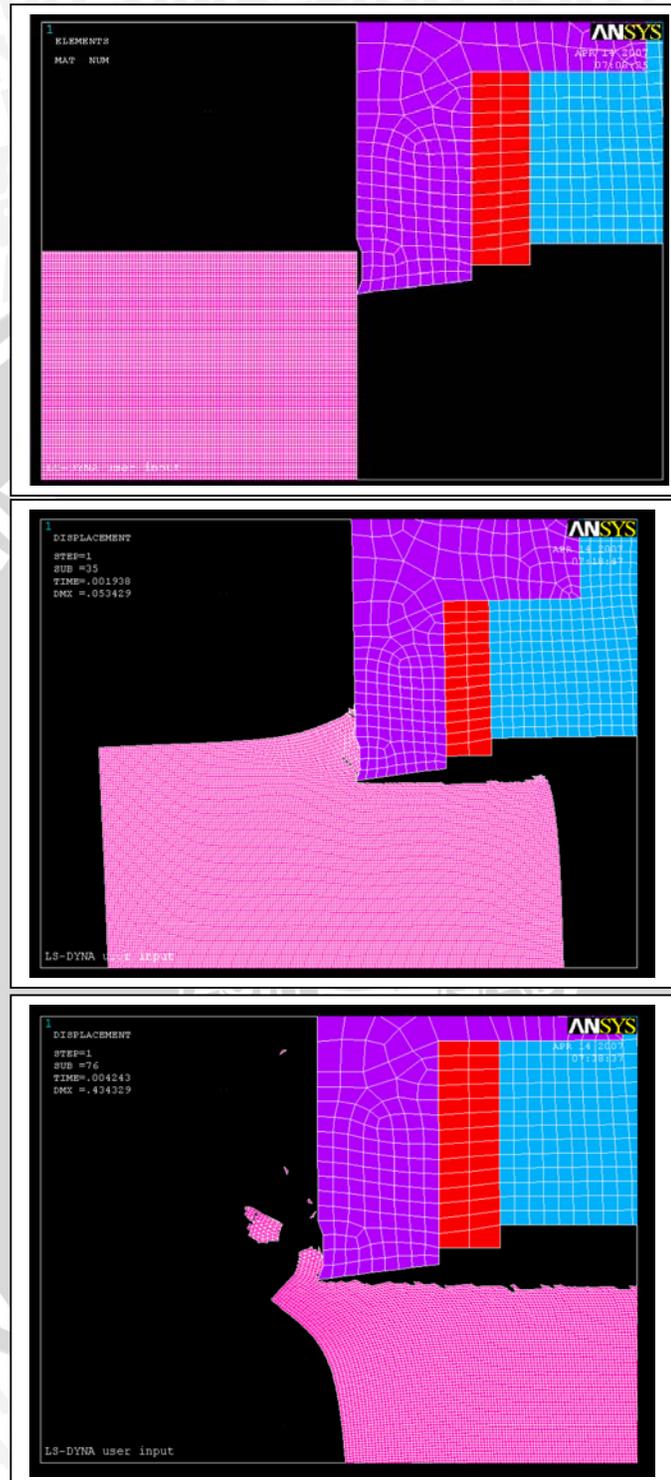
Gambar 4.5. Hasil simulasi untuk kedalaman pemotongan 1 mm

5. Kedalaman pemotongan 1,25 mm.



Gambar 4.6. Hasil simulasi untuk kedalaman pemotongan 1,25 mm

6. Kedalaman pemotongan 1,5 mm.

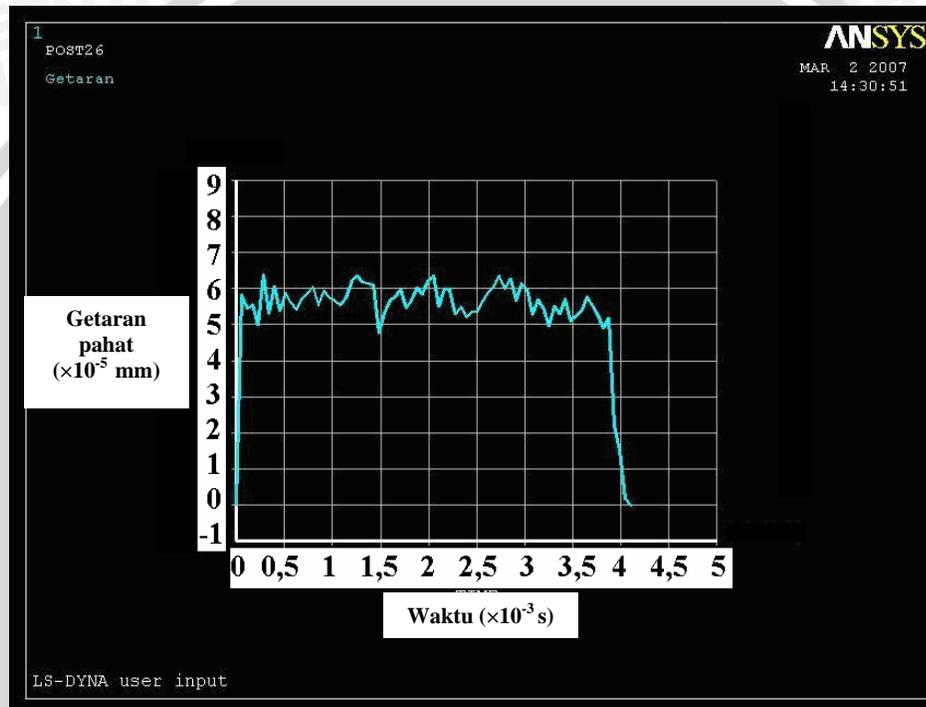


Gambar 4.7. Hasil simulasi untuk kedalaman pemotongan 1,5 mm

#### 4.1.2 Data Amplitudo Getaran Pahat

Sebagai proses validasi dari sistem pemodelan yang dikembangkan, diperlukan data amplitudo getaran pahat dari simulasi pemotongan. Data yang didapatkan yaitu berupa grafik getaran pahat serta berupa daftar (*listing*) getaran pahat yang terjadi. Gambar 4.8 berikut adalah grafik yang dimaksud, sedangkan daftar getaran pahat yang terjadi diberikan pada lampiran 3.

1. Kedalaman pemotongan 0,25 mm.

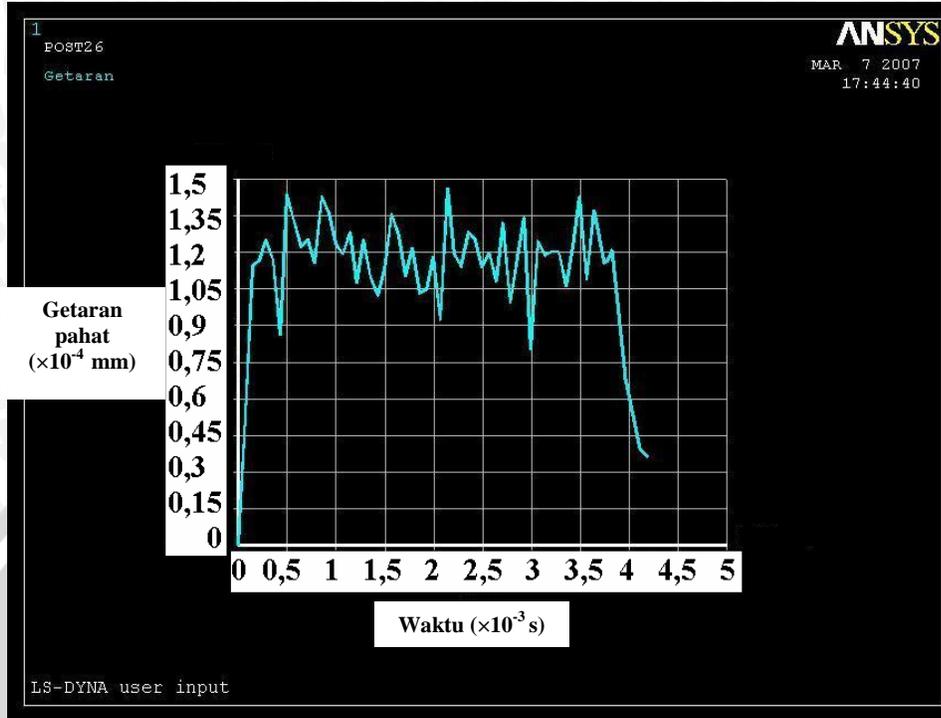


Gambar 4.8. Grafik getaran pahat pada kedalaman pemotongan 0,25 mm

Pada kedalaman pemotongan 0,25 mm terjadi getaran pahat selama proses simulasi pemotongan dengan besar simpangan sesuai dengan yang ditunjukkan pada gambar 4.8. Besar amplitudo suatu getaran merupakan simpangan terbesar dari getaran tersebut. Dan pada kedalaman pemotongan ini amplitudo terjadi pada *solution time*  $2,85 \cdot 10^{-3}$  detik sebesar  $6,3705 \cdot 10^{-5}$  mm.

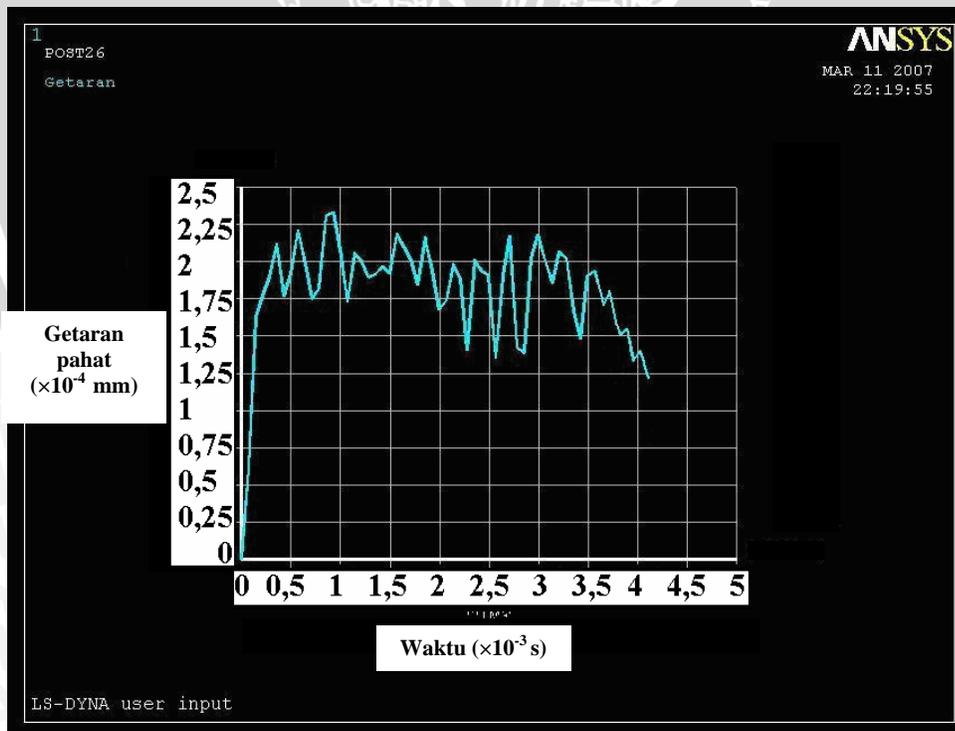
2. Kedalaman pemotongan 0,5 mm.

Pada kedalaman pemotongan 0,5 mm, amplitudo getaran pahat yang terjadi yaitu sebesar  $1,4623 \cdot 10^{-4}$  mm pada *solution time*  $2,1375 \cdot 10^{-3}$  detik.



Gambar 4.9. Grafik getaran pahat pada kedalaman pemotongan 0,5 mm

3. Kedalaman pemotongan 0,75 mm.

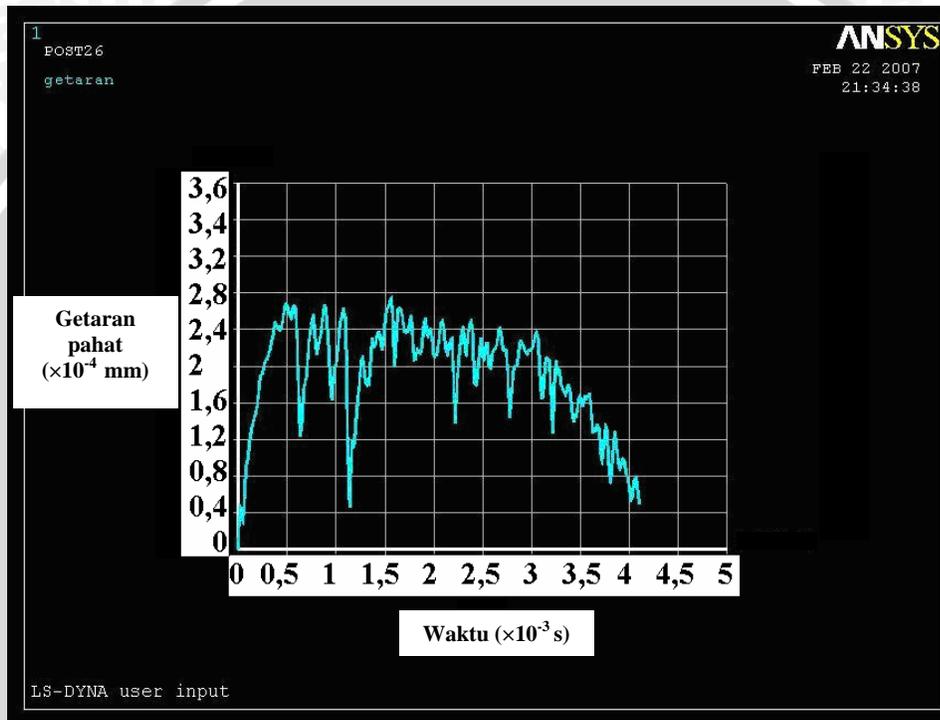


Gambar 4.10. Grafik getaran pahat pada kedalaman pemotongan 0,75 mm

Amplitudo getaran pahat potong yang terjadi pada kedalaman pemotongan 0,75 mm yaitu sebesar  $2,33175 \cdot 10^{-4}$  mm pada *solution time*  $9,2625 \cdot 10^{-4}$  detik.

4. Kedalaman pemotongan 1 mm.

Sedangkan untuk amplitudo getaran yang terjadi pada kedalaman pemotongan 1 mm yaitu sebesar  $2,75513 \cdot 10^{-4}$  mm pada *solution time*  $1,5504 \cdot 10^{-3}$  detik.



Gambar 4.11. Grafik getaran pahat pada kedalaman pemotongan 1 mm

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Validasi Amplitudo Getaran Pahat

Untuk mengetahui seberapa valid hasil dari proses simulasi, maka pada penelitian ini dilakukan proses validasi terhadap hasil dari simulasi. Dimana hasil simulasi yang akan dibandingkan dengan eksperimen nyata yaitu besar amplitudo getaran yang terjadi. Pada bab sebelumnya telah dijelaskan tentang metode *Average Percent Error* (APE), dengan rumus (3-1).

Contoh perhitungan APE pada kedalaman pemotongan 0,25 mm adalah sebagai berikut :

- Amplitudo getaran pahat hasil eksperimen =  $6,321 \cdot 10^{-5}$  mm

- Amplitudo getaran pahat hasil simulasi =  $6,3705 \cdot 10^{-5}$  mm
- *Average Percent Error* :

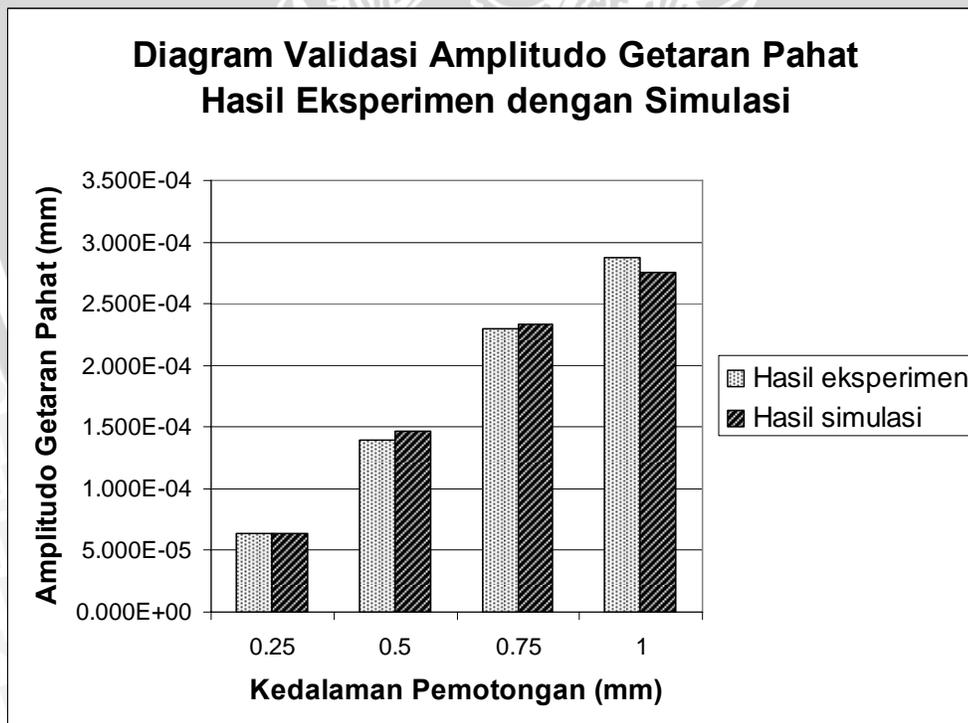
$$APE = \left| \frac{(6,321 \cdot 10^{-5} - 6,3705 \cdot 10^{-5})}{6,321 \cdot 10^{-5}} \right| \times 100\%$$

$$= 0,7831 \%$$

Besar *Average Percent Error* pada kedalaman pemotongan yang lain ditunjukkan pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1. Hasil perhitungan *Average Percent Error*

Kedalaman pemotongan (mm)	Amplitudo getaran pahat (mm)		<i>Average Percent Error</i> (%)
	Hasil eksperimen	Hasil simulasi	
0,25	$6,321 \cdot 10^{-5}$	$6,3705 \cdot 10^{-5}$	0,7831
0,5	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,4623 \cdot 10^{-4}$	4,45
0,75	$2,292 \cdot 10^{-4}$	$2,33175 \cdot 10^{-4}$	1,7343
1	$2,877 \cdot 10^{-4}$	$2,75513 \cdot 10^{-4}$	4,236



Gambar 4.12. Diagram validasi amplitudo getaran pahat

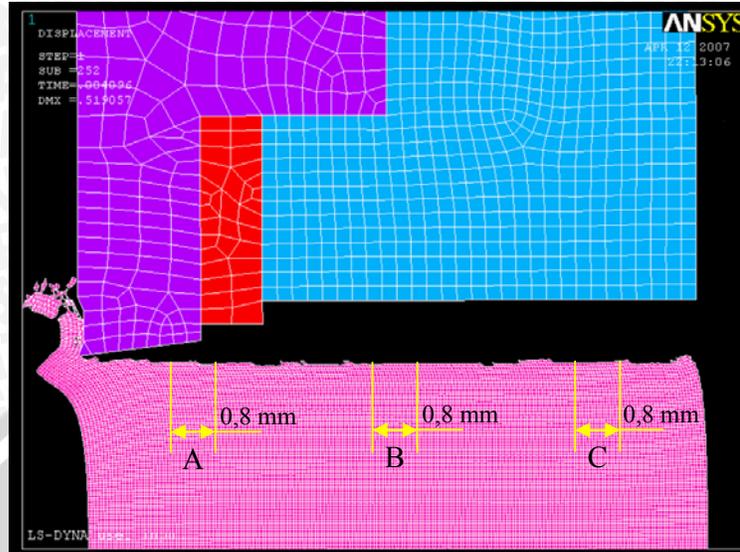
Dapat dilihat pada tabel 4.1 bahwa besar dari *Average Percent Error* untuk masing-masing kedalaman pemotongan, masih berada di bawah 5 %. Sehingga pemodelan yang dikembangkan masih memenuhi syarat karena *error* rata-rata yang terjadi masih lebih kecil dari yang ditentukan. Selanjutnya sistem pemodelan yang telah dikembangkan dapat digunakan sebagai prediksi untuk kedalaman pemotongan 1,25 dan 1,5 mm. Meskipun sistem pemodelan dapat diterima, tetapi nilai dari APE menunjukkan bahwa sistem pemodelan yang dikembangkan masih terdapat penyimpangan. Salah satu penyebab penyimpangan tersebut adalah sistem pemodelan yang diterapkan masih dalam dua dimensi. Selain itu penyebab yang lain adalah penggunaan model material yang tidak memasukkan perubahan temperatur yang terjadi pada suatu proses pemotongan logam.

Faktor penting yang mempengaruhi getaran pahat adalah tipe geram yang terbentuk selama proses pemotongan (Kalpakjian, 1990: 738). Tipe geram *continuous* menghasilkan gaya potong yang stabil, sehingga secara umum tidak menimbulkan *chatter*. Sedangkan geram bersifat *discontinuous* dan *serrated*, dihasilkan secara periodik dan menghasilkan gaya potong yang bervariasi selama proses pemotongan sehingga menimbulkan *chatter*. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa pada kedalaman pemotongan rendah bentuk geram yang dihasilkan bersifat *continuous chip*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2 yaitu kedalaman pemotongan 0,25 mm. Tetapi semakin besar kedalaman pemotongan, bentuk geram yang terjadi semakin pendek dan bersifat *serrated chip*.

#### 4.2.2 Analisis Kekasaran Permukaan

Profil permukaan benda kerja hasil simulasi oleh ANSYS-LS DYNA diplot kembali menggunakan *software* Autocad. Koordinat awal serta perpindahan nodal-nodal yang menyusun permukaan benda kerja didapatkan dari ANSYS (terlampir). Selanjutnya secara manual dihitung kekasaran permukaan yang terbentuk.

Pengukuran kekasaran permukaan hasil proses pembubutan memerlukan panjang sampel (*sampling length*) sebesar 0,8 mm. Pada penelitian ini sampel diambil sebanyak tiga pada satu hasil simulasi. Ketiga posisi sampel ditunjukkan pada gambar 4.13.



Gambar 4.13. Pengukuran kekasaran permukaan

Berikut adalah contoh proses perhitungan kekasaran permukaan untuk kedalaman pemotongan 1 mm sampel (A) :

- Menghitung luas area di atas garis X-X :

$$A_1 = \frac{1}{2} \times 0,0498 \times (0,0087 + 0,0121) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00051792 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \times 0,0574 \times (0,0121 + 0,0078) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00057113 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = \frac{1}{2} \times 0,0459 \times (0,0078 + 0,0143) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,000507195 \text{ mm}^2$$

$$A_4 = \frac{1}{2} \times 0,0515 \times (0,0143 + 0,0068) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,000543325 \text{ mm}^2$$

$$A_5 = \frac{1}{2} \times 0,0463 \times (0,0068 + 0,0139) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,000479205 \text{ mm}^2$$

$$A_6 = \frac{1}{2} \times 0,0532 \times (0,0139 + 0,0063) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00053732 \text{ mm}^2$$

$$A_7 = \frac{1}{2} \times 0,047 \times (0,0063 + 0,016) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00052405 \text{ mm}^2$$

$$A_8 = \frac{1}{2} \times 0,053 \times (0,016 + 0,0058) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,0005777 \text{ mm}^2$$

$$A_9 = \frac{1}{2} \times 0,0452 \times (0,0058 + 0,00169) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00051302 \text{ mm}^2$$

$$A_{10} = \frac{1}{2} \times 0,0524 \times 0,0169 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00044278 \text{ mm}^2$$

$$A_{11} = \frac{1}{2} \times 0,0532 \times 0,0196 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00057113 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} \times 0,0441 \times (0,0196 + 0,0043) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,000526995 \text{ mm}^2$$

$$A_{13} = \frac{1}{2} \times 0,0517 \times (0,0043 + 0,0135) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00046013 \text{ mm}^2$$

$$A_{14} = \frac{1}{2} \times 0,048 \times (0,0135 + 0,0034) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,0004056 \text{ mm}^2$$

$$A_{15} = \frac{1}{2} \times 0,0503 \times (0,0034 + 0,0099) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,000334495 \text{ mm}^2$$

$$A_{16} = \frac{1}{2} \times 0,0487 \times (0,0099 + 0,0028) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,000309245 \text{ mm}^2$$

$$A_{17} = \frac{1}{2} \times 0,0022 \times (0,0028 + 0,0031) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00000649 \text{ mm}^2$$

---


$$0,00777796 \text{ mm}^2$$

- Menghitung panjang  $h_m$ , dengan menggunakan rumus (2-15) :

$$h_m = \frac{0,00777796}{0,8} = 0,00972245 \text{ mm}$$

Besar  $h_m$  selanjutnya digunakan untuk menentukan garis A-B, ditunjukkan pada gambar 4.14 (b).

- Menghitung besar kekasaran permukaan dengan menggunakan rumus (2-14) :

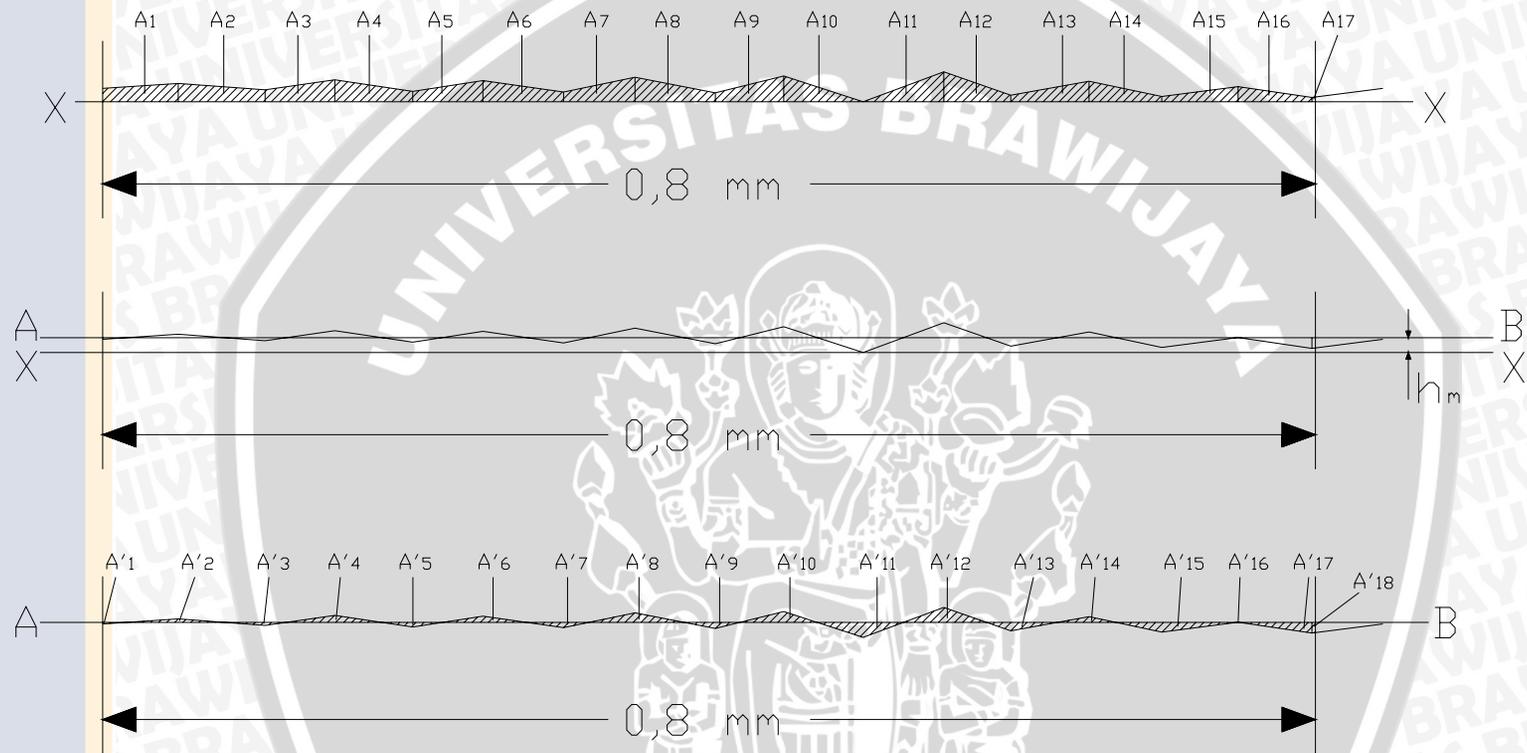
$$A'_1 = \frac{1}{2} \times 0,0147 \times 0,001 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00000735 \text{ mm}^2$$

$$A'_2 = \frac{1}{2} \times 0,0664 \times 0,0023 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00007636 \text{ mm}^2$$

$$A'_3 = \frac{1}{2} \times 0,0396 \times 0,0019 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00003762 \text{ mm}^2$$

$$A'_4 = \frac{1}{2} \times 0,0637 \times 0,0046 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,000014651 \text{ mm}^2$$

$$A'_5 = \frac{1}{2} \times 0,0393 \times 0,0029 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00006985 \text{ mm}^2$$



Gambar 4.14. Perhitungan kekasaran permukaan

$$A'_6 = \frac{1}{2} \times 0,0564 \times 0,0041 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00011562 \text{ mm}^2$$

$$A'_7 = \frac{1}{2} \times 0,0403 \times 0,0034 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00006851 \text{ mm}^2$$

$$A'_8 = \frac{1}{2} \times 0,0633 \times 0,0063 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,000199395 \text{ mm}^2$$

$$A'_9 = \frac{1}{2} \times 0,0363 \times 0,0039 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,000070785 \text{ mm}^2$$

$$A'_{10} = \frac{1}{2} \times 0,0515 \times 0,0072 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,0001854 \text{ mm}^2$$

$$A'_{11} = \frac{1}{2} \times 0,0565 \times 0,0097 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,000274025 \text{ mm}^2$$

$$A'_{12} = \frac{1}{2} \times 0,0553 \times 0,0099 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,000273735 \text{ mm}^2$$

$$A'_{13} = \frac{1}{2} \times 0,0462 \times 0,0054 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00012555 \text{ mm}^2$$

$$A'_{14} = \frac{1}{2} \times 0,0392 \times 0,0038 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00007448 \text{ mm}^2$$

$$A'_{15} = \frac{1}{2} \times 0,0791 \times 0,0063 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,000249165 \text{ mm}^2$$

$$A'_{16} = \frac{1}{2} \times 0,0022 \times 0,0002 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00000022 \text{ mm}^2$$

$$A'_{17} = \frac{1}{2} \times 0,0477 \times 0,00693 \times 1 \text{ mm}^2 = 0,000164565 \text{ mm}^2$$

$$A'_{18} = \frac{1}{2} \times 0,0022 \times (0,0069 + 0,0066) \times 1 \text{ mm}^2 = 0,00001485 \text{ mm}^2$$

---


$$0,002141125 \text{ mm}^2$$

Sehingga besar kekasaran permukaan pada variabel kedalaman pemotongan 1 mm sampel (A) adalah :

$$Ra = \frac{0,002141125}{0,8} = 0,002676406 \text{ mm}$$

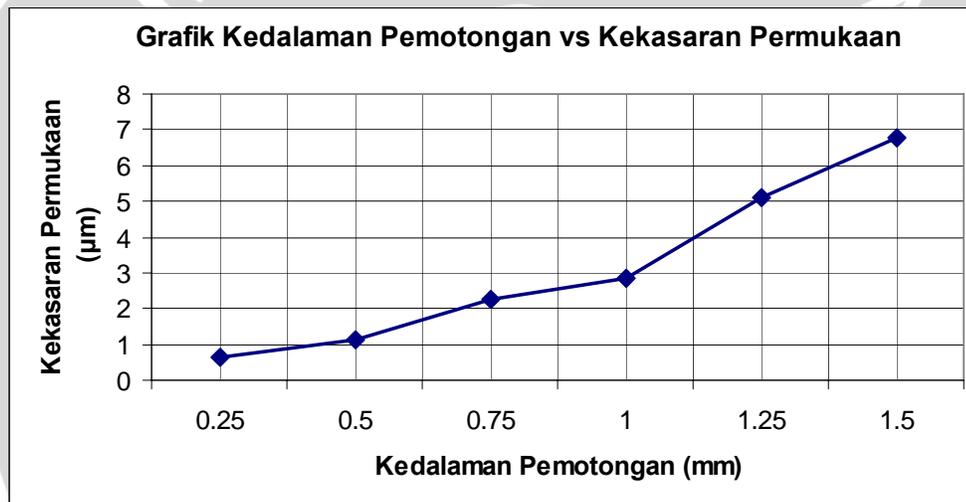
$$= 2,676406 \mu\text{m}$$

Proses perhitungan tersebut selanjutnya dilakukan pada sampel yang lain, dan dari ketiga sampel tersebut dihitung kekasaran permukaan rata-rata. Sehingga

besar kekasaran permukaan rata-rata pada berbagai kedalaman pemotongan ditunjukkan pada tabel 4.2 dan dibuat grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.15.

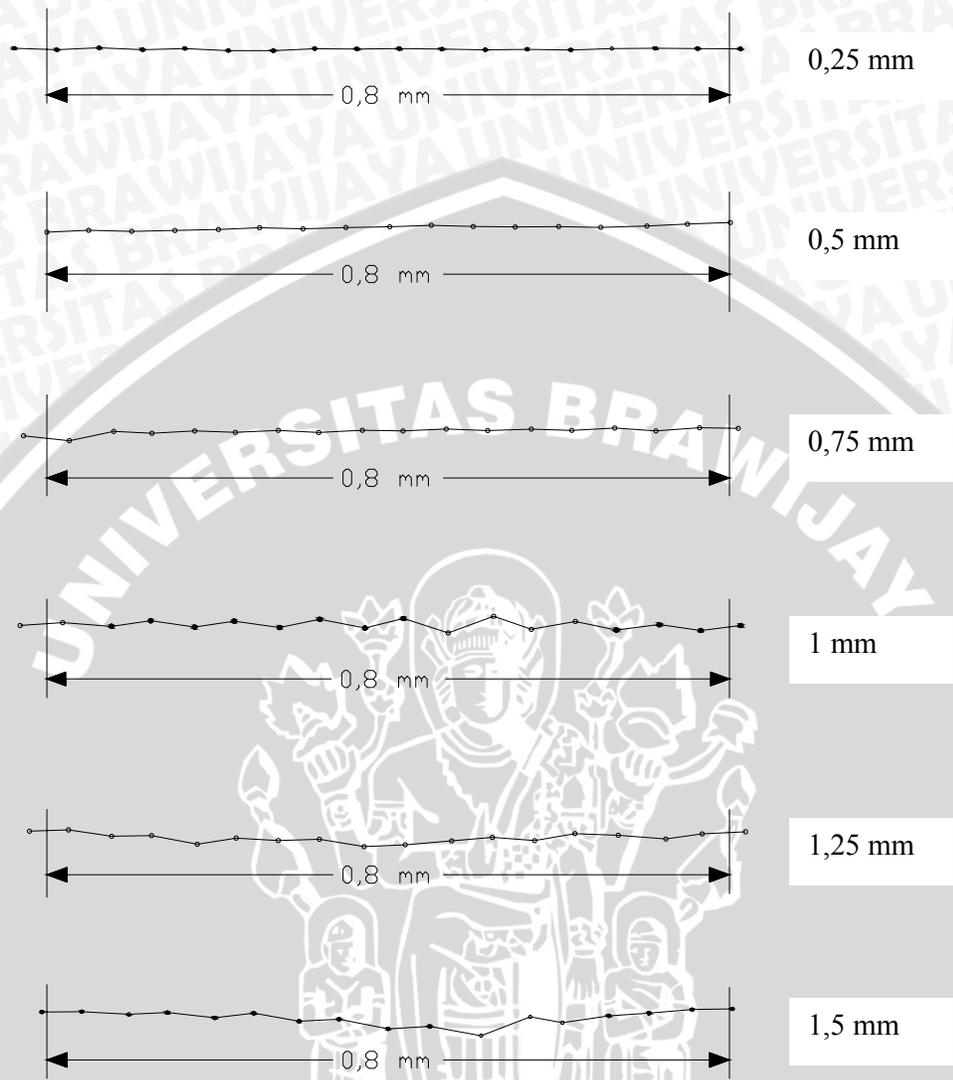
Tabel 4.2. Hasil perhitungan kekasaran permukaan

No.	Kedalaman Pemotongan (mm)	Kekasaran Permukaan ( $\mu\text{m}$ )
1.	0,25	0,623944
2.	0,5	1,151106
3.	0,75	2,270204
4.	1	2,845329
5.	1,25	5,082136
6.	1,5	6,763756



Gambar 4.15. Grafik Kedalaman Pemotongan – Kekasaran Permukaan

Dari tabel 4.2 dan gambar 4.15 di atas diperlihatkan bahwa kekasaran permukaan nilainya semakin meningkat seiring dengan kedalaman pemotongan yang semakin besar. Peningkatan nilai kekasaran permukaan tersebut sangat dipengaruhi oleh terjadinya getaran pahat. Hal ini ditunjukkan oleh profil kekasaran permukaan pada gambar 4.16, yang terbentuk seakan-akan membentuk gelombang.



Gambar 4.16. Profil kekasaran permukaan pada berbagai variasi kedalaman pemotongan

Berdasarkan gambar 4.12 dan 4.15 dapat dibuat suatu korelasi antara kedalaman pemotongan, getaran pahat, dan kekasaran permukaan. Getaran pahat yang terjadi pada proses pemotongan, akan semakin besar seiring dengan kedalaman pemotongan yang semakin besar. Apabila getaran pahat yang terjadi semakin besar, maka kekasaran permukaan benda kerja hasil pemotongan akan semakin besar pula.

