

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan tujuan mencari pengaruh variabel *helix angle* dan *axial depth of cut* pada proses *end milling* sebagai *maximum regenerative chatter* ataupun *resonance control* untuk menghasilkan *surface roughness* (Ra) yang rendah pada Aluminium. Penelitian dilakukan dengan membuat *slot* pada setiap level variabel bebas *axial depth of cut*. Pada setiap *slot* terdapat lima garis sampel. Data amplitudo *displacement* dan spektrum frekuensi diambil pada waktu pahat melewati setiap garis sampel. Data *surface roughness* (Ra) diambil pada setiap garis sampel yang telah ditentukan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada Bulan April - Mei Tahun 2018 di Laboratorium Otomasi Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya. Pengukuran *surface roughness* dilakukan Bulan Mei Tahun 2018 di Laboratorium Metrologi Industri Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan untuk penelitian ini adalah:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dimanipulasi atau dipilih oleh peneliti sehingga mempengaruhi variabel terikat dengan tujuan untuk menentukan fenomena yang diteliti.

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini berupa:

- a. *Helix Angle* : Variabel *helix angle* 40°/42° ; Normal *helix angle* 40°
- b. *Axial Depth of cut* : 0,6 mm ; 1,2 mm; 1,8 mm

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor-faktor yang diobservasi dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh variabel bebas yang ditentukan peneliti. Variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini berupa *surface roughness* (Ra).

3. Variabel Terkontrol

Variabel yang dinetralisasi dan nilainya tetap dibuat konstan oleh peneliti.

Variabel terkontrol yang digunakan pada penelitian ini berupa:

- a. *Diameter end mill* : 6 mm
- b. *Spindle speed* : 600 rev/menit
- c. *Number of flutes* : 4
- d. *Feed* : 50 mm/menit
- e. *Overhang length* : 25 mm

3.4 Alat Penelitian

1. Mesin *Milling Training Unit CNC-3A*



Gambar 3.1 Mesin *milling* TU CNC-3A

Sumber: Laboratorium Otomasi Manufaktur Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya (2018)

- a. Merek : EMCO (Austria)
- b. Jenis : *Milling*
- c. Model : *Training Unit CNC-3A*
- d. Jumlah pahat : 5 buah
- e. Gerak Pahat :

Jarak sumbu x	: 0 – 199.99	mm
Jarak sumbu y	: 0 – 99.99	mm
Jarak sumbu z	: 0 – 199.99	mm
<i>Feed</i>	: 2 – 499	mm/min
	2- 199	inc/min
<i>Feed overite</i>	: 0 – 120%	
<i>Spindel speed</i>	: 0 - 2000	rpm
- f. Ketelitian : 0.01 mm

2. Surface Roughness Tester



Gambar 3.2 Surface roughness tester SJ-301

Sumber: Laboratorium Metrologi Industri Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya (2018)

Berfungsi untuk mengukur *surface roughness* permukaan benda yang akan diteliti.

Spesifikasinya adalah:

- a. Merek : Mitutoyo
- b. *Measuring range* : X axis (12.5 mm) dan Z axis (350 μm)
- c. *Stylus tip material* : Diamond
- d. Dimensi : 325 mm x 185 mm x 95 mm

3. Pahat End Mill Helix Angle 40°



Gambar 3.3 Pahat dengan normal *helix angle* 40°

Spesifikasi:

- Manufacturer* : HPMT
- Helix angle* : 40°
- Number of flutes* : 4
- Cutting diameter* : 6 mm
- Material* : Carbide

4. Pahat *End Mill Helix Angle* 40°/42°Gambar 3.4 Pahat dengan variabel *helix angle* 40°/42°

Spesifikasi:

<i>Manufacturer</i>	: PT. Agave Primatama distributor of Guhring
<i>Helix angle</i>	: 40°/42°
<i>Number of flutes</i>	: 4
<i>Cutting diameter</i>	: 6 mm
<i>Material</i>	: Carbide

5. *Vibration Meter*Gambar 3.5 *Vibration Meter*

Sumber: Labolatorium Otomasi Manufaktur Universitas Brawijaya (2018)

Spesifikasi:

- a. *Vibration pick up* : Piezoelectric ceramic accelerometer
- b. *Measurement range of acceleration* : 0,1 ~ 199,9 m/s² peak
- c. *Measurement range of velocity* : 0,1 ~ 199,9 m/s rms
- d. *Measurement accuracy* : ±5% ±2 digits
- e. *Measurement frequency range of acceleraton*: 10Hz ~ 1KHz (LO) 1KHz ~ 15KHz (HI)
- f. *Measurement frequency range of velocity* : 10Hz ~ 1KHz (LO)
- g. *Measurement frequency range of displacement* : 10Hz ~ 1KHz (LO)
- h. *Dimensi* : 67 x 30 x 183 mm
- i. *Weight* : 182 g

6. *Height Gauge*



Gambar 3.6 Height gauge

Sumber: Laboratorium Metrologi Industri Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya (2018)

7. *Laptop*



Gambar 3.7 Laptop dengan software LabView 2013

8. *Stopwatch*



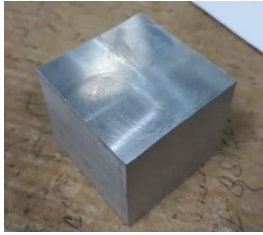
Gambar 3.8 Stopwatch pada handphone

3.5 Dimensi Benda Kerja

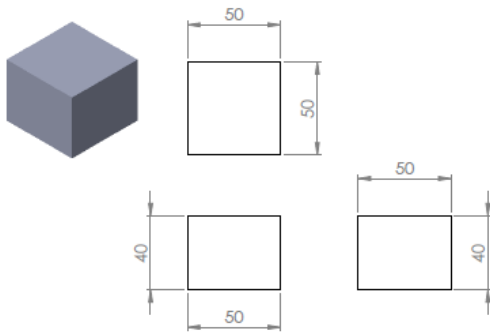
Material benda kerja yang digunakan pada penelitian adalah Aluminium Alloy 2017.

Physical properties dari Aluminium Alloy 2017 sebagai berikut.

- a. *Tensile strength* : 179 MPa
- b. *Yield strength* : 69 MPa
- c. *Elastic modulus* : 72 GPa
- d. *Shear strength* : 124 MPa

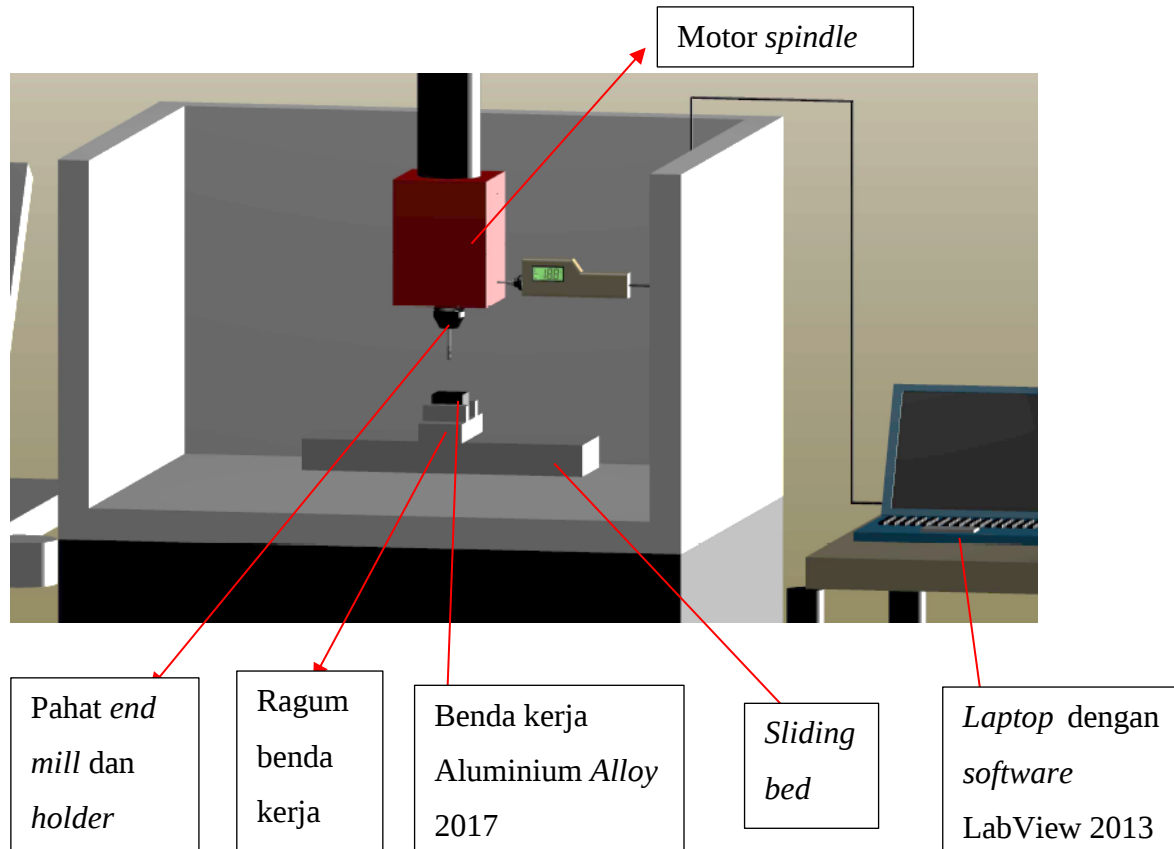


Gambar 3.9 Benda kerja Aluminium Alloy 2017



Gambar 3.10 Dimensi benda kerja Aluminium Alloy 2017 (mm)

3.6 Skema Penelitian



Gambar 3.11 Skema penelitian

3.7 Prosedur Penelitian

Permesinan End Milling Menggunakan Pahat End Mill dengan Helix Angle 40°

1. Siapkan alat dan bahan penelitian, berupa *end mill* dengan *helix angle* 40°, *vibration meter*, Aluminium Alloy 2017.
2. Hubungkan *vibration meter* ke software LabView 2013, kemudian pasang *vibration meter* pada *spindle* mesin *milling* CNC TU-3A.
3. Beri tanda pada benda kerja Aluminium Alloy 2017 yang menandakan lima sampel permesinan menggunakan spidol. Jarak sampel pertama adalah 10 mm dari ujung benda kerja dimana permesinan dimulai, kemudian jarak setiap sampel selanjutnya adalah 8 mm.
4. Pasang benda kerja Aluminium Alloy 2017 pada ragum.
5. Masukkan pahat *end mill* dengan *helix angle* 40° ke dalam *holder*.
6. Pasang *holder* pada mesin *milling* CNC TU-3A.
7. Lakukan pengaturan titik nol benda kerja.
8. Lakukan pengaturan parameter permesinan sesuai dengan variabel bebas dan variabel terkontrol permesinan.

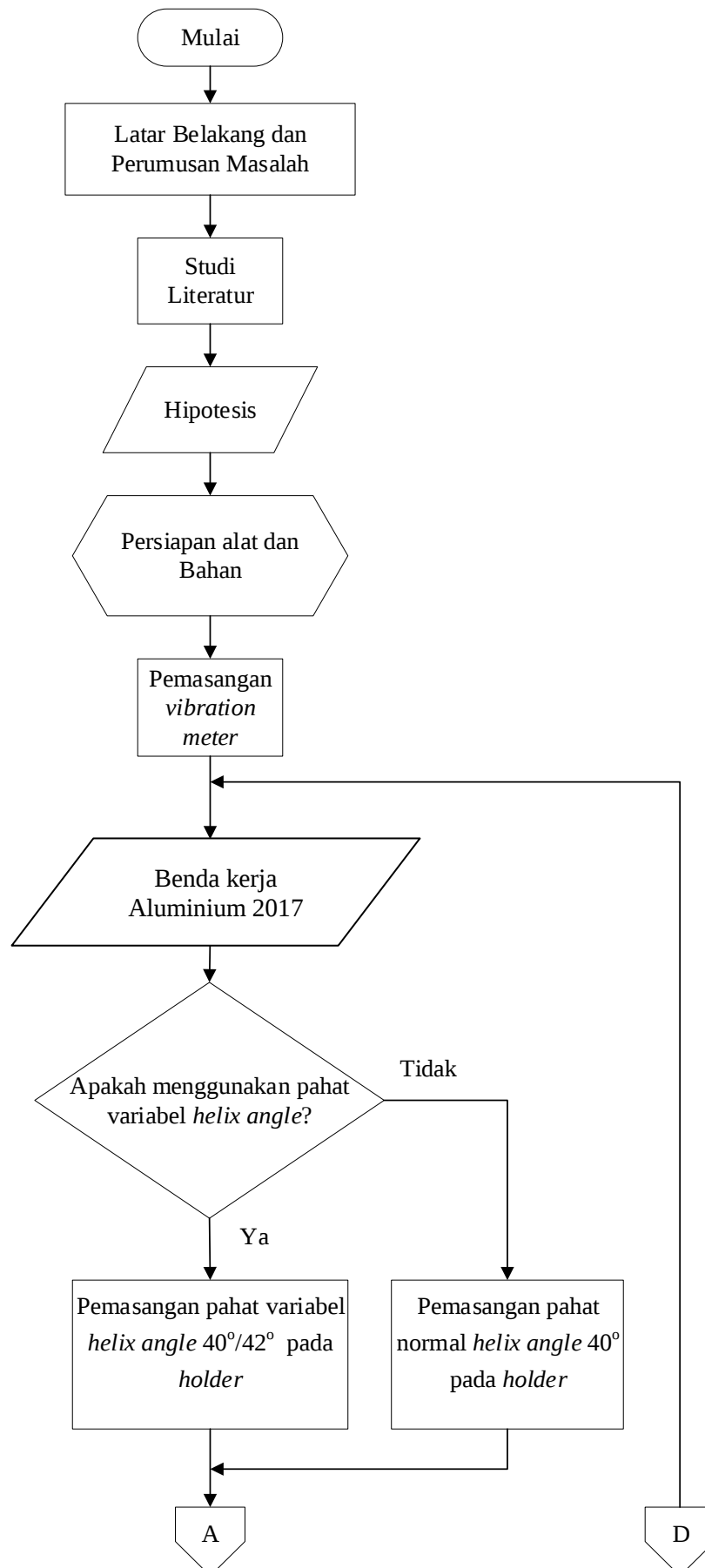
9. Lakukan permesinan *end milling* benda kerja. *Export* data sampel spektrum frekuensi dari *software* LabView 2013 setiap pahat melewati garis sampel. Catat waktu pahat melewati setiap sampel dan waktu total pahat membuat satu *slot* dengan *stopwatch*. Setelah pahat selesai membuat satu *slot*, *export* data amplitudo *displacement* dari *software* LabView 2013.
10. Lakukan langkah no.9 pada setiap level *axial depth of cut*.
11. Setelah permesinan selesai, lepaskan produk permesinan Aluminium Alloy 2017 dari ragum, kemudian beri identitas produk permesinan tersebut.
12. Lakukan pengukuran *surface roughness* (Ra) pada semua sampel produk permesinan Aluminium Alloy 2017.
13. Simpan data *surface roughness* (Ra).
14. Mengolah data penelitian dan lakukan analisis terhadap data penelitian.
15. Buat kesimpulan berdasarkan hasil analisis data penelitian.

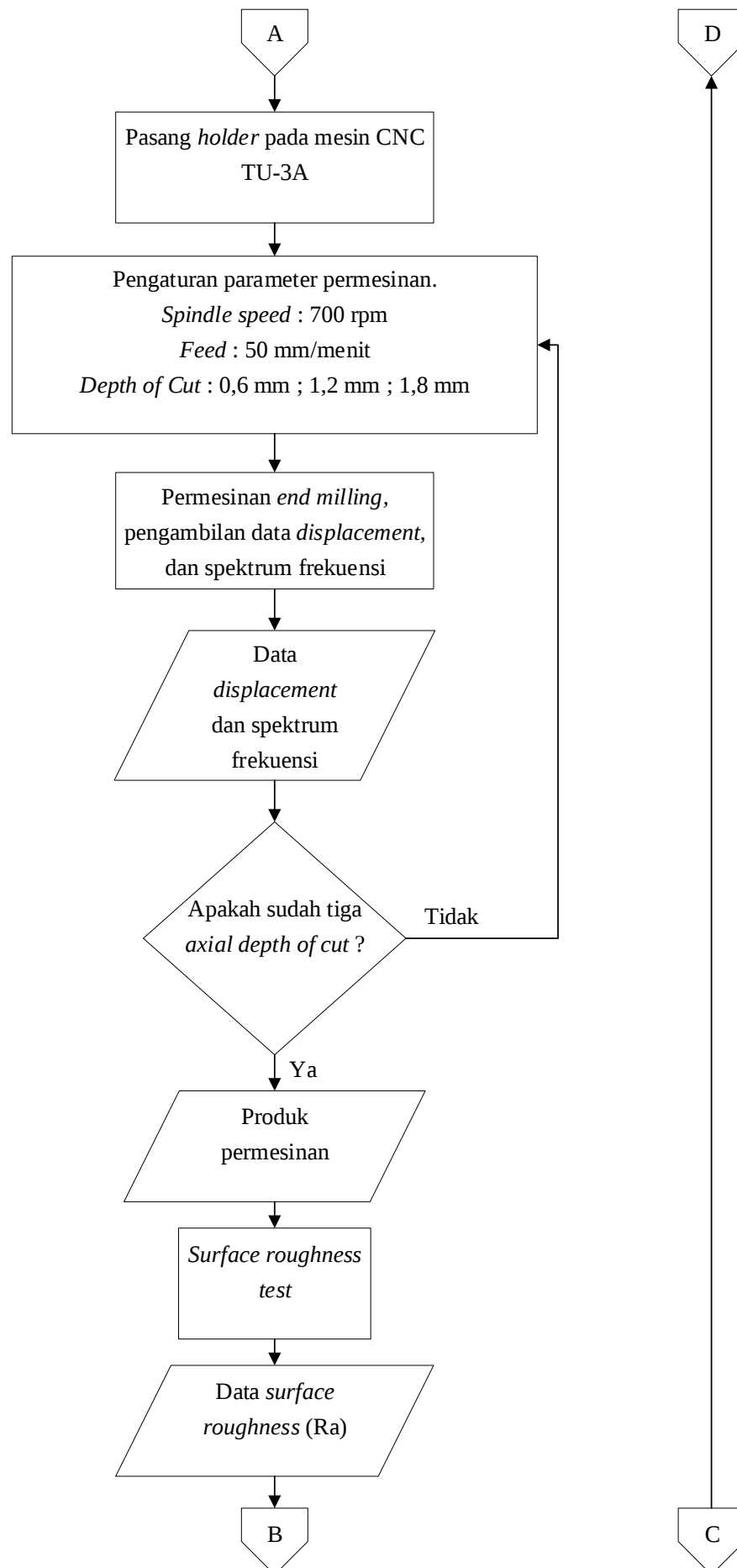
Permesinan Milling Menggunakan Pahat End Mill dengan Variabel Helix Angle 40°/42°

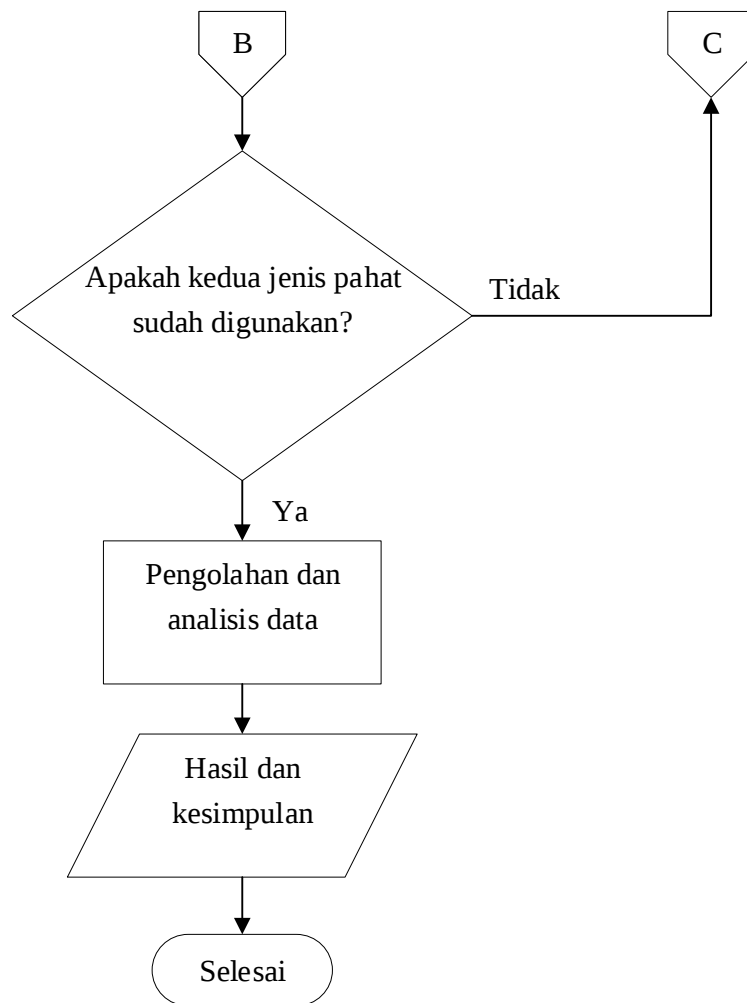
1. Siapkan alat dan bahan penelitian, berupa *end mill* dengan *helix angle* 40°/42°, *vibration meter*, Aluminium Alloy 2017.
2. Hubungkan *vibration meter* ke *software* LabView 2013, kemudian pasang *vibration meter* pada *spindle* mesin *milling* CNC TU-3A.
3. Beri tanda pada benda kerja Aluminium Alloy 2017 yang menandakan lima sampel permesinan menggunakan spidol. Jarak sampel pertama adalah 10 mm dari ujung benda kerja dimana permesinan dimulai, kemudian jarak setiap sampel selanjutnya adalah 8 mm.
4. Pasang benda kerja Aluminium Alloy 2017 pada ragum.
5. Masukkan pahat *end mill* dengan *helix angle* 40°/42° ke dalam *holder*.
6. Pasang *holder* pada mesin *milling* CNC TU-3A.
7. Lakukan pengaturan titik nol benda kerja.
8. Lakukan pengaturan parameter permesinan sesuai dengan variabel bebas dan variabel terkontrol permesinan.
9. Lakukan permesinan *end milling* benda kerja. *Export* data sampel spektrum frekuensi dari *software* LabView 2013 setiap pahat melewati garis sampel. Catat waktu pahat melewati setiap sampel dan waktu total pahat membuat satu *slot* dengan *stopwatch*. Setelah pahat selesai membuat satu *slot*, *export* data amplitudo *displacement* dari *software* LabView 2013.

10. Lakukan langkah no.9 pada setiap level axial depth of cut.
11. Setelah permesinan selesai, lepaskan produk permesinan Aluminium *Alloy* 2017 dari ragum, kemudian beri identitas produk permesinan tersebut.
12. Lakukan pengukuran *surface roughness* (Ra) pada semua sampel produk permesinan Aluminium *Alloy* 2017.
13. Simpan data *surface roughness* (Ra).
14. Mengolah data penelitian dan lakukan analisis terhadap data penelitian.
15. Buat kesimpulan berdasarkan hasil analisis data penelitian.

3.8 Flowchart







Gambar 3.12 Flowchart penelitian

3.9 Analisis Statistik

3.9.1 Uji T

Uji T bertujuan untuk menguji hipotesis pengaruh variabel *helix angle* dibandingkan normal *helix angle* berdasarkan data penelitian dengan jumlah sampel di bawah 30. Uji T yang dilakukan adalah uji T satu arah dengan hipotesis H_0 dan H_1 sebagai berikut.

$$H_0 : \mu_{\text{Ra variabel helix angle}} = \mu_{\text{Ra normal helix angle}}$$

$$H_1 : \mu_{\text{Ra variabel helix angle}} < \mu_{\text{Ra normal helix angle}}$$

Uji T dilakukan dengan membandingkan nilai $T_{(\text{hitung})}$ dengan $-T_{(\alpha)}$. Apabila $T_{(\text{hitung})}$ lebih kecil dari $-T_{(\alpha)}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima dalam taraf kepercayaan sebesar $100\% - \alpha$, variabel *helix angle* menghasilkan *surface roughness* (Ra) yang lebih rendah dari normal *helix angle*.

Tabel 3.1

Rancangan Tabel Uji T

Uji T				
Avg.X1	Avg.X2	Avg.X1 - Avg.X2	T(hitung)	-T(alpha)
(Nilai rata-rata Ra, variabel helix angle)	(Nilai rata-rata Ra, normal helix angle)	(Avg.X1 - Avg.X2)	(Hasil perhitungan T(hitung))	(Nilai - T(alpha))

3.9.2 Analisis Regresi

Sebelum analisis regresi, persamaan non linear dijadikan persamaan linear melalui transformasi *double log*.

$$R_a = C \cdot a_p^{\beta_1} \cdot n^{\beta_2} \cdot v_f^{\beta_3}$$

$$R_a = \text{Surface roughness}$$

$$C = \text{Konstanta}$$

$$a_p = \text{Axial depth of cut}$$

$$n = \text{Spindle speed}$$

$$v_f = \text{Feed rate}$$

Persamaan tersebut menjadi linear sebagai berikut.

$$Y = \beta_1 X + \alpha$$

Dimana :

$$Y = \log R_a$$

$$X = \log a_p$$

$$\alpha = \log C + \beta_2 \log n + \beta_3 \log v_f$$

Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui korelasi antara *axial depth of cut* dan *surface roughness* (Ra). Pada analisis regresi dihitung nilai r_{xy} yang merupakan koefisien korelasi, β_1 yang merupakan *slope*, dan α yang merupakan *intercept*.

Tabel 3.2

Rancangan Tabel Korelasi dan Koefisien pada Persamaan Regresi

Regresi linear		
r_{xy}	Beta1	Alpha
(hasil perhitungan r_{xy})	(hasil perhitungan β_1)	(hasil perhitungan α)

Setelah itu dilakukan *analysis of variance* (anova) untuk menguji pengaruh persamaan regresi dalam keragaman total data. Pada anova terdapat hipotesis H_0 dan H_1 sebagai berikut.

$$H_0 : \sigma^2_{\text{regresi}} = \sigma^2_{\text{galat}}$$

$$H_1 : \sigma^2_{\text{regresi}} \neq \sigma^2_{\text{galat}}$$

Anova dilakukan dengan membandingkan $F_{(\text{hitung})}$ dengan $F_{(\text{tabel})}$. Apabila $F_{(\text{hitung})}$ lebih besar dari $F_{(\text{tabel})}$, maka hipotesis H_0 ditolak dan hipotesis H_1 diterima, persamaan regresi berpengaruh pada keragaman total data. Berdasarkan data tabel anova dihitung juga nilai koefisien determinasi (R^2) untuk mengetahui kesesuaian persamaan regresi.

Tabel 3.3

Rancangan Tabel Anova

Sumber	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	$F_{(\text{hitung})}$	$F_{(\text{tabel})}$	R^2
Regresi	(nilai JK regresi)	(1)	(JK regresi / 1)	(KT (regresi) / KT (galat))	(nilai F tabel)	(JK regresi / JK total)
Galat	(nilai JK galat)	(n - 2)	(JK galat / n-2)			
Total	(nilai JK total)	(n - 1)	(JK total / n-1)			