

# BAB IV

## RANCANGAN PENELITIAN

### IV.1 Instalasi Alat Penelitian

Alat percobaan yang digunakan pengujian ini adalah mesin *turning* maximat super 11 buatan EMCO, Austria yang sedikit dimodifikasi saluran sistem pendinginnya. Sistem pendingin yang baru ini berfungsi untuk mengakomodir putaran mesin yang tinggi yaitu sekitar 2200 rpm. Berikut adalah gambaran instalasi alat percobaan proses pemesinan *turning* yang dilakukan :



Gambar IV. 1 Instalasi mesin saat pemesinan berlangsung

### IV.2 Komponen Percobaan

Alat percobaan yang digunakan pada percobaan ini bertujuan untuk melihat bagaimana pengaruh penggunaan nanofluida terhadap kualitas permukaan hasil pemesinan jenis *turning*. Untuk mencapai tujuan tersebut, beberapa komponen percobaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

#### IV.2.1 Mesin *Turning* Maximat Super 11

Mesin ini adalah jenis mesing turning atau yang dikenal umum dengan mesin bubut buatan tahun 1990 yang dimiliki laboratorium CNC Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia. Mesin ini mampu mengakomodir putaran

motor dari 55 rpm hingga 2200 rpm (*rotation per minute*), sehingga mesin ini dapat digunakan dalam penelitian yang membutuhkan minimal tiga variasi putaran *spindle* yang berbeda. Yaitu pada putaran 600 rpm, 1100 rpm dan 2200 rpm.



Gambar IV. 2 Maximat super 11[24]

#### IV.2.2 Material Benda Kerja

Material benda kerja yang digunakan yaitu *stainless steel* AISI 4140. Material ini secara luas digunakan untuk komponen mesin, misalnya *gear*, *piston*, *nozzle*, *dies* dan *cams* serta untuk aplikasi perkakas pada proses pengerjaan dingin seperti *rool*, *punch* dan *forging*. Dimensi benda kerja yang digunakan adalah *round-bar* dengan diameter antara 50 mm dan panjang 150 mm.



Gambar IV. 3 Material benda kerja

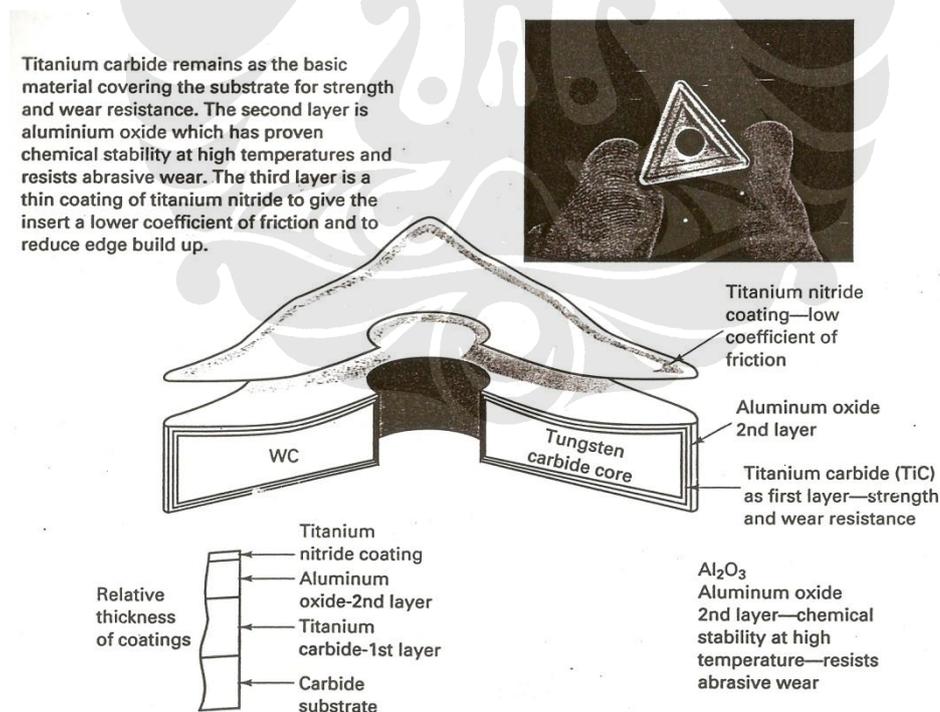
### IV.2.3 Mata Pahat

Pahat yang digunakan pada penelitian ini adalah *positive basic shape-inserts* tipe GC4225 (HC) buatan sandvik coromant dengan bentuk *rhombic* dengan sudut  $55^\circ$  dan dengan radius pahat 0.2 - 0.8 mm.



Gambar IV. 4 Cutting tools

Mata pahat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan mata pahat yang terbuat dari unsur pembentuk utama yaitu *tungsten* karbida yang kemudian dilapisi dengan unsur-unsur lain secara CVD atau *chemical vapor deposition* dengan unsur-unsur pelapis diantaranya TiN,  $Al_2O_3$  dan TiC. Untuk lebih jelasnya mengenai proses *coating* ini kita dapat melihat gambar 4.5 dibawah ini :



Gambar IV.5 CVD-Coated Carbide [6]

#### IV.2.4 Tool holder

Tool holder yang digunakan dalam proses pemesinan ini ialah tipe *general* yang memungkinkan pemakanan dilakukan dalam dua arah sehingga membuat pemesinan menjadi efektif.



Gambar IV. 6 Tool Holder

#### IV.2.5 Fluida Pendingin

Fluida pendingin pada proses pemesinan ini berfungsi untuk mengurangi atau menurunkan temperatur pemesinan. Sedikit pengurangan temperatur pemesinan, diharapkan akan memberikan dampak yang signifikan terhadap kualitas permukaan hasil pemesinan. Pada percobaan ini digunakan lima jenis fluida pendingin: (1) konvensional, campuran air dan *lubricant* 3.3 % (2) nanofluida 4% konsentrasi volume, campuran air suling dan nano partikel  $Al_2O_3$ , (3) nanofluida 4% + *lubricant* 3.3%, (4) nanofluida 1% konsentrasi volume, dan (5) nanofluida 1% + *lubricant* 3.3 %. Variasi dari kelima jenis fluida pendingin ini yang nantinya akan dianalisa mana jenis fluida pendingin yang memberikan dampak paling baik terhadap kualitas hasil permukaan pemesinan dan temperatur pemotongan.

Untuk fluida pendingin jenis pertama, pencampuran dilakukan dengan cara sederhana yaitu pengadukan campuran sampai kedua fluida larut sempurna. Air dengan volume 20 L dicampurkan *lubricant* dengan volume 3.3 % dari volume air, 660 mL. *Lubricant* yang digunakan adalah *Castrol Syntilo R—stable long term coolant, excellence corrosion resistance, No adhesion*. Berikut adalah properties dari *lubricant* yang digunakan :

Tabel IV.1 Properties dari lubricant

Properties	
Appearance of concentrate	Transparent yellow fluid
Appearance of dilution	Transparent blue fluid
pH of dilution @ 5%:	7.2 – 7.6
Specific gravity @ 60 <sup>0</sup> F (16 <sup>0</sup> C)	1.056 – 1.078
Bulk density (lbs/gal)	8.9
Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	1066.45
Chlorine	No

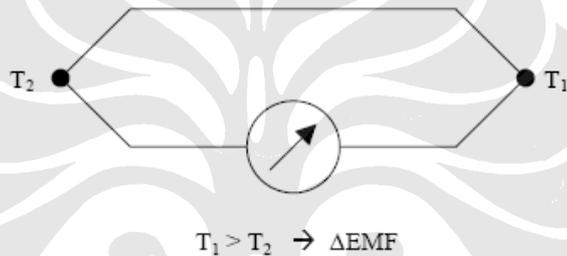
Sedangkan untuk fluida pendingin jenis kedua, nanofluida 4 % konsentrasi volume, digunakan metode produksi *2-step* (lihat pembahasan produksi nanofluida pada bab 3). Nanofluida ini diproduksi dengan cara melarutkan nano partikel  $Al_2O_3$  dengan dimensi 28 nm dan densitas 66.7 g/L kedalam air suling volume 20 L. Proses pencampuran juga dilakukan dengan metode yang sederhana yaitu dengan cara melarutkan nano partikel dengan konsentrasi yang dimaksud kedalam air suling melalui proses pengadukan selama 8 jam menggunakan alat pencampur. Alat pencampur ini menggunakan poros yang diberi sirip-sirip pada bagian bawahnya, dan pada ujung atas poros ini diberi puli yang dihubungkan dengan puli motor listrik sebagai pemutarnya seperti terlihat pada gambar IV.7 di bawah ini.



Gambar IV. 7 Proses pembuatan Nanofluida

## IV.2.6 Termokopel

Termokopel pada percobaan ini digunakan untuk mengukur temperatur pemesinan,  $T_m$  (temperatur pada pertemuan mata pahat dan material kerja), temperatur fluida pendingin masuk  $T_{in}$ , dan fluida pendingin keluar,  $T_{out}$ . Termokopel merupakan alat pengukuran temperatur yang paling banyak digunakan. Suatu termokopel bekerja atas dasar prinsip fenomena dari Seebeck (pada tahun 1821), yaitu : bila suatu rangkaian yang terdiri dari dua buah logam yang tidak sejenis dan bila temperatur pada sambungan-sambungan dari kedua kawat tersebut tidak sama, maka akan ada gaya listrik (*electromotive force* = emf) [25]. Mekanisme pengukurannya adalah dengan cara membangkitkan sebuah tegangan yang merupakan fungsi temperatur.



Gambar IV. 8 Termokopel

Termokopel yang digunakan pada percobaan ini adalah termokopel tipe K, dengan material pembentuknya adalah *kromel* dan *alumel*. Material termokopel jenis ini mempunyai kemampuan membaga range temperatur dari -200 sampai 1100°C. Selain itu, material jenis ini mempunyai ketahanan terhadap oksidasi yang bagus [25]. Pembacaan hasil pengukuran termokopel menggunakan bantuan thermometer yang ada dipasaran yaitu *thermometer* merk Krisbow.



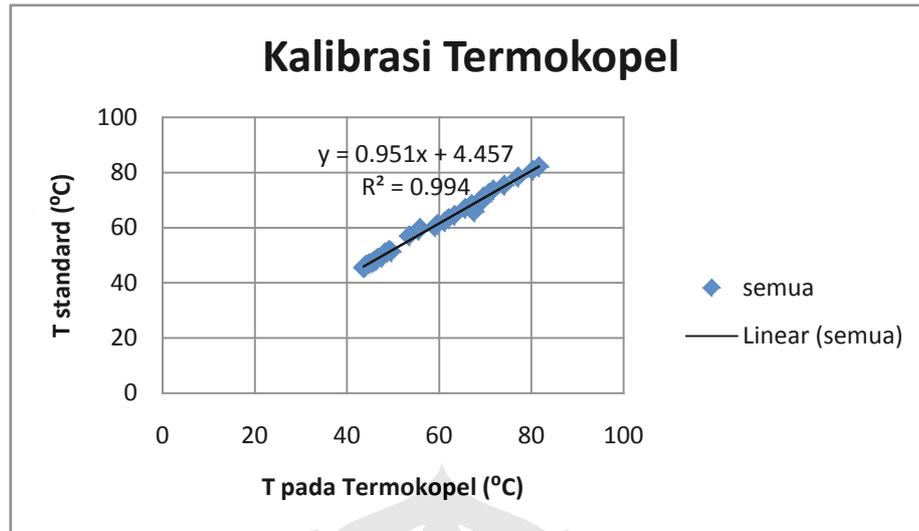
Gambar IV. 9 Thermometer

Selanjutnya, untuk menjamin keakuratan data pengukuran temperatur, maka termokopel yang digunakan dikalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi dilakukan menggunakan *thermometer* standar. Prosesnya adalah dengan cara membandingkan hasil pengukuran temperatur antara termokopel percobaan dan thermometer standar. Pengukuran dilakukan pada variasi temperatur yang sangat banyak. Proses detailnya diawali dengan meletakkan termokopel dan thermometer pada posisi tertentu didalam bejana yang terisi air. Air dalam bejana kemudian dipanaskan sampai tertentu. Selanjutnya, saat proses pendinginan air dengan konveksi natural terjadi, temperatur air terjadi diukur dengan selang waktu 1 menit (menggunakan thermometer standar dan termokopel).



*Gambar IV.10 Kalibrasi termokopel*

Pengukuran dilakukan sampai temperatur air mendekati temperatur ruang. Perbedaan hasil pengukuran ini yang kemudian menjadi dasar mencari persamaan termokopel yang dikalibrasi. Berikut adalah hasil kalibrasi termokopel terhadap thermometer standar menggunakan bantuan microsoft excel.



Gambar IV. 11 Hasil kalibrasi termokopel

Persamaan yang didapat pada grafik di atas yang akan digunakan untuk mengkonversi temperatur hasil pengukuran terhadap temperatur standar.

#### IV.2.7 Surface Roughness Tester

Sebagai alat untuk melakukan pengukuran nilai kekasaran permukaan dari hasil pemesinan digunakan alat *surface roughness tester* SurfCom 120A buatan Mitutoyo yang ada pada Laboratorium Teknologi Manufaktur DTM-FTUI. Sebagai dasar dalam pengukuran nilai kekasaran kita dapat menggunakan tabel 2.1 dimana untuk proses turning maka panjang *cutoff* yang menjadi rekomendasi ialah antara 0.8 hingga 2.5 mm. Hal ini bergantung dan dipengaruhi oleh jarak minimum yang perlu dicapai untuk 15 peaks dalam pengukuran.[13]

Dalam proses pemesinan yang dilakukan kecepatan pemakanan per gigi ditentukan sebesar 0.12 mm/rev. Sehingga panjang minimum untuk mencapai 15 peak dalam satu kali *cutoff* ialah sebesar  $0.12 \times 15 = 1.8$  mm. Dari data ini ditentukan bahwa panjang untuk satu kali *cutoff* yang dipakai ialah sebesar 2.5 mm dan panjang pengukuran total untuk mencapai 5 kali *cutoff* ialah sebesar 12.5 mm. Pengukuran dilakukan pada sepuluh titik berbeda dalam satu buah benda uji.



Gambar IV. 12 SurfCom 120A

#### IV.2.8 Scanning Electron Microscope (SEM)

*Scanning electron microscope* (SEM) adalah jenis mikroskop elektron yang mampu untuk memberikan gambaran permukaan material dengan cara memancarkan elektron berenergi tinggi dengan pola tertentu. Elektron yang dipancarkan ini berinteraksi dengan atom material dan menghasilkan sinyal yang mengandung informasi mengenai: topografi permukaan material, komposisi penyusun material, atau sifat (*properties*) lain dari material; seperti konduktivitas elektro material.

Pada penelitian ini, SEM digunakan untuk melihat *surface integrity* permukaan hasil pemesinan, dan juga mengamati pertumbuhan kerusakan alat *tool wear* setelah digunakan pada proses pemesinan. Analisa *surface integrity* menggunakan SEM ini dilakukan peneliti di laboratorium CMPFA Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia.



Gambar IV. 13 Peralatan SEM

### IV.3 Prosedur Pengambilan Data

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai urutan langkah-langkah yang dilakukan untuk mendapatkan semua data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Langkah-langkah tersebut adalah:

1. Mengisi tangki sistem pendinginan dengan masing-masing jenis fluida yang telah ditentukan sebelumnya. Volume untuk sirkulasi pendinginan yang baik untuk alat ini lebih kurang 20 L.



*Gambar IV. 14 Penuangan cairan pendingin pada reservoir*

2. Memasang material kerja pada *spindle* mesin turning. Harus dipastikan material sudah terpasang dengan sempurna. Hal ini bertujuan untuk menghindari material terlepas dari spindle pada saat proses pemesinan dilakukan pada putaran tinggi.



*Gambar IV. 15 Pemasangan material*

3. Memasang termokopel pada mata pahat untuk mengukur temperatur pemotongan yang terjadi. Pemasangan dilakukan dengan cara menjepitkan

termokopel antara mata pahat dan *tool holder* dengan posisi ujung mata pahat sedekat mungkin dengan ujung mata pahat yang akan bersentuhan dengan material. Kemudian, dilanjutkan dengan pemasangan *tool holder* pada mesin *turning*.

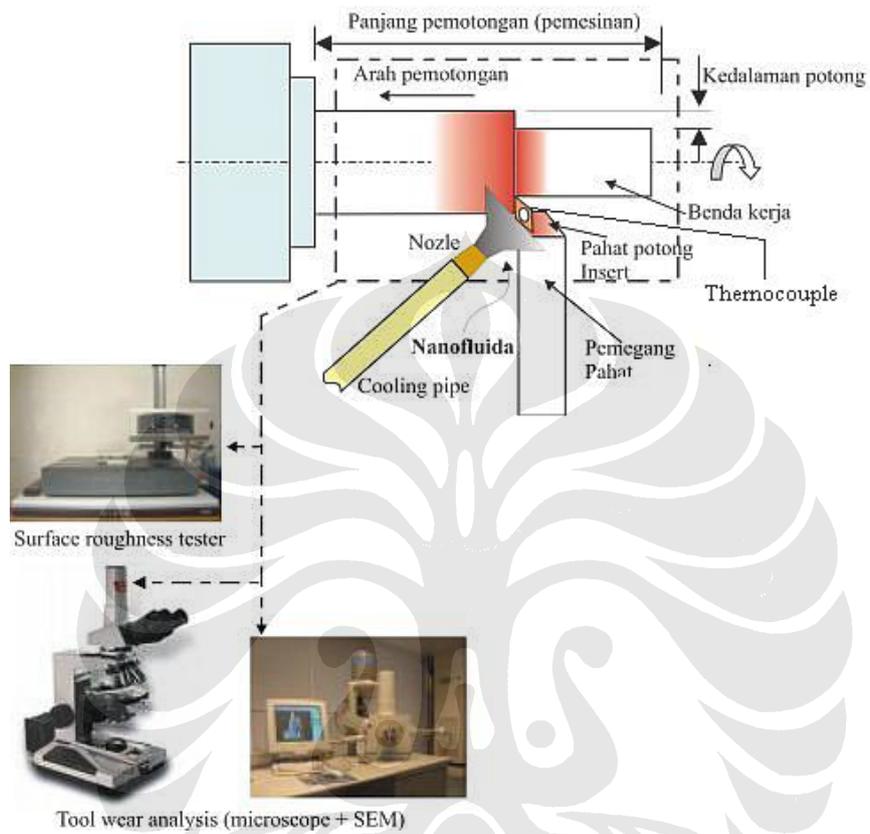
4. Selanjutnya, nyalakan mesin *turning* dan nyalakan juga sirkulasi pendinginan. Kemudian atur parameter pemesinan—kedalaman pemotongan (*depth of cut*), laju pemakanan (*feed rate*), putaran *spindle*, debit fluida pendingin masuk, dan waktu pemesinan—yang digunakan.
5. Untuk setiap  $t$  waktu pemesinan, 5, 10, 20, 25, 30, 35, dan 40 menit, temperatur pemotongan diukur dengan bantuan termokopel yang terpasang pada mata pahat.
6. Kemudian, setelah proses pemesinan selesai dilakukan dengan masing-masing parameter pemesinan, material benda kerja dipindahkan dari mesin untuk kemudian diukur kualitas permukaannya. Pengukuran ini dilakukan menggunakan *surface roughness tester* yang telah dikalibrasi sebelumnya.



Gambar IV. 16 Proses pengukuran nilai roughness

7. Selanjutnya, untuk menganalisa lebih lanjut kualitas permukaan hasil pemesinan, maka kita perlu mengetahui surface integrity material hasil pemesinan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Pengukuran ini dilakukan di Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia. Proses SEM ini juga dilakukan pada mata pahat yang telah digunakan pada proses pemesinan untuk mengetahui pertumbuhan kerusakan mata pahat—yang nantinya akan berujung pada perkiraan umur mata pahat.

Secara umum, instalasi percobaan dan prosedur pengambilan data untuk melihat pengaruh penggunaan nanofluida pada proses pemesinan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar IV. 17 Skema keseluruhan proses pengambilan data [26]

Tabel IV.2 Resume kondisi pemotongan

<b>Mesin Percobaan</b>	EMCO, Maximat Super 11
<b>Benda kerja</b>	
Material	AISI 01/4041
Dimensi	$\Phi$ 50 mm & L = 150 mm
Cutting tools	GC4225 (HC) Sandvik
<i>Geometri pahat potong</i>	
<i>Insert shape</i>	Rhombic 55 <sup>0</sup>
<i>Cutting edge length</i>	7 mm
<i>Insert clearance angle</i>	7 <sup>0</sup>
<i>Insert thickness</i>	2.38
<i>Nose radius</i>	0.4 mm
Tool holder	Tizit tipe general
<b>Parameter percobaan</b>	
Putaran spindle, rpm	600 ; 1100 ; 2200
Kedalaman potong, dp	1.5 mm
Waktu pemesinan, t	10 ; 20 ; 30 ; 40 menit
Laju pemakanan, So	0.12 mm/rev
Jenis fluida pendingin	Nanofluida murni 1% dan 4 %, Nanofluida 1% + <i>lubricant</i> 3.3 % Nanofluida 4% + <i>lubricant</i> 3.3 % Konvensional (air + engine 3.3 %)
Debit fluida pendingin	20 mL/s

#### IV.4 Design of Experiment

Untuk penelitian ini peneliti merencanakan penelitian sesuai eksperimen faktorial yang merupakan kombinasi dari level-level suatu faktor dengan level-level faktor lainnya. Sehingga peneliti harus membuat rencana mengenai n banyaknya percobaan. Seperti yang telah diketahui faktor-faktor yang ada dalam penelitian ini ialah putaran mesin dengan tiga jenis variasi, waktu pemesinan dengan empat jenis variasi dan jenis *cooling fluids* dengan 5 jenis variasi,

dikarenakan tiap- tiap faktor memiliki level yang berbeda sehingga banyaknya n percobaan ialah :

$$5^1 \times 4^1 \times 3^1 = 60$$

Sehingga akan didapatkan sebanyak 60 data nilai kekasaran permukaan dan 60 data temperatur pemotongan. Sesuai dengan tabel dibawah ini :

*Tabel IV.3 Tabel data eksperiment faktorial*

<i>Cooling Fluid</i>	<i>Time (menit)</i>	<i>Putaran spindle (rpm)</i>		
		n1	n2	n3
<i>Cooling Fluid jenis 1</i>	t1	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t2	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t3	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t4	Ra, T	Ra, T	Ra, T
<i>Cooling Fluid jenis 2</i>	t1	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t2	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t3	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t4	Ra, T	Ra, T	Ra, T
<i>Cooling Fluid jenis 3</i>	t1	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t2	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t3	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t4	Ra, T	Ra, T	Ra, T
<i>Cooling Fluid jenis 4</i>	t1	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t2	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t3	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t4	Ra, T	Ra, T	Ra, T
<i>Cooling Fluid jenis 5</i>	t1	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t2	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t3	Ra, T	Ra, T	Ra, T
	t4	Ra, T	Ra, T	Ra, T