



**PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN DAN
KECEPATAN PUTAR *SPINDLE* TERHADAP HASIL
KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA PADA
PROSES *FINISHING* MENGGUNAKAN MESIN
BUBUT CNC PU FANUC SERIES 0i MATE-TC**

SKRIPSI

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

oleh
Henu Tri Wicaksono
5201412077
UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2017**

HALAMAN PENGESAHAN


Skripsi dengan judul Pengaruh Variasi Media Pendingin Dan Kecepatan Putar Spindel Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses *Finishing* Menggunakan Mesin Bubut CNC Fanuc Series 0i Mate-Tc telah dipertahankan di depan sidang. Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 21 Maret 2017.

Oleh


Nama : Henu Tri Wicaksono
NIM : 5201412077
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1

Panitia

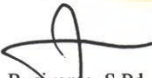
Ketua Panitia


Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

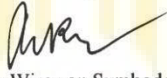
Sekretaris


Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T.
NIP. 197509272006041002

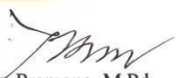
Penguji Utama


Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002


Pembimbing I


Dr. Wirawan Sumbodo, M.T.
NIP. 196601051990021002

Pembimbing II


Drs. Pramono, M.Pd.
NIP. 195809101985031002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik UNNES


Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

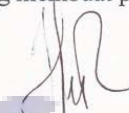
PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Henu Tri Wicaksono
NIM : 5201412077
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Pengaruh Variasi Media Pendingin Dan Kecepatan Putar *Spindle* Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses *Finishing* Menggunakan Mesin Bubut CNC PU Fanuc Series 0i Mate-Tc**” ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 21 Maret 2017
Yang membuat pernyataan


Henu Tri Wicaksono
NIM. 5201412077

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ABSTRAK

Henu Tri Wicaksono. 2017. “Pengaruh Variasi Media Pendingin Dan Kecepatan Putar *Spindle* Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda kerja Pada Proses *Finishing* Menggunakan Mesin Bubut CNC PU Fanuc Series 0i Mate-Tc.”

Sistem pengoperasian CNC menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer dengan bahasa *numeric*. Salah satunya adalah dalam proses pendinginan benda kerja, terdapat banyak kendala diantaranya perbedaan kekasaran benda kerja yang disebabkan keausan alat potong yang sering digunakan serta kecepatan potong (*cutting speed*), laju pemakanan (*feed rate*) dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi media pendingin dan kecepatan putar spindle terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada paduan aluminium 6061.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif. Data kekasaran permukaan benda kerja sesuai JIS1994 dari proses pembubutan menggunakan mesin CNC PU Fanuc series 0i Mate-Tc dengan variasi media pendingin dromus, air, udara bertekanan dan kecepatan putar spindle 875 rpm, 1135 rpm, 1375 rpm dianalisis dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang terkumpul. Pengujian kekasaran menunjukkan bentuk grafik dengan angka yang fluktuatif.

Berdasarkan nilai yang diperoleh dari uji kekasaran menunjukkan bahwa nilai kekasaran paling rendah didapatkan pada variasi media pendingin dromus dengan variasi kecepatan putar spindle 1375 rpm yaitu 1,726 μm , sedangkan nilai kekasaran paling tinggi didapatkan pada variasi media pendingin udara bertekanan dengan variasi kecepatan putar spindle 895 rpm yaitu 4,209 μm . Disimpulkan bahwa penggunaan media pendingin dan kecepatan putar spindle yang tepat dapat mempengaruhi kekasaran permukaan benda kerja. Ditunjukkan pada variasi media pendingin dromus dengan variasi kecepatan putar spindle 1375 rpm menghasilkan angka kekasaran 1,726 μm sehingga mendapatkan angka kekasaran yang paling baik.

Kata kunci: Aluminium 6061, bubut rata, CNC PU Fanuc series 0i Mate-Tc, Kecepatan Putar Spindel, Kekasaran Permukaan, Media Pendingin

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Pengalaman adalah investasi masa depan.
2. Tidak ada pekerjaan yang sia-sia jika dikerjakan dengan hati, jaga kesehatanmu, itu.
3. Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan? (Q.S Ar-Rahman: 13)

PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk:

- Bapak Gunawan dan Ibu Ninik Suprapti yang selalu memberikan semangat, bimbingan, doa, finansial dan kasih sayang.
- Keluarga dan sahabat – sahabatku yang selalu mengiringi setiap langkahku dengan semangat motivasi.
- Teman – teman Pendidikan Teknik Mesin Angkatan 2012.



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PRAKATA

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Media Pendingin Dan Kecepatan Putar *Spindle* Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses *Finishing* Menggunakan Mesin Bubut CNC Pu Fanuc Series 0i Mate-Tc”. Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan studi Strata 1 sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bimbingan, motivasi dan bantuan semua pihak. Pada kesempatan ini dengan segala hormat penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Wirawan Sumbodo, M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
3. Drs. Pramono, M.Pd., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
4. Rusiyanto, S.Pd., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis.
5. Kedua orang tua yang selalu mendoakan serta memberikan motivasi.
6. Teman-teman yang telah banyak membantu dan memberikan motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi.

Penulis dalam hal ini telah berusaha yang terbaik untuk menyusun skripsi ini, namun seperti halnya pepatah tak ada gading yang tak retak, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semuanya, khususnya Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Maret 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	iv
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
A. Kajian Teori.....	7
1. Mesin CNC.....	7
2. Perinsip Kerja Mesin	7
3. Bagian Utama Mesin CNC.....	8

4. Kecepatan Putar Spindel	9
5. Media Pendingin	11
6. Material Aluminium (al 6061)	15
7. Kekasaran Permukaan	18
8. Pengukuran Kekasaran	25
B. Penelitian Relevan	27
C. Kerangka Pikir	29
BAB III METODE PENELITIAN	33
A. Variabel Penelitian	33
B. Instrument Penelitian	36
C. Prosedur Penelitian	36
D. Data Penelitian	44
E. Analisis Data	44
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	46
A. Hasil Penelitian	46
B. Pembahasan	50
C. Keterbatasan Masalah	54
BAB V PENUTUP	55
A. Kesimpulan	55
B. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	59

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol	Arti
v	Kecepatan Potong
d	Diameter Dalam mm
n	bilangan putaran
π	3,14 (konstanta lingkaran)
μm	Mikrometer
μin	Mikroinchi
%	Persen
N	Tingkat Kekasaran
Rt	Kekasaran Total
Rp	Kekasaran perataan
Ra	Kekasaran rata-rata aritmetik
Rq	Kekasaran rata-rata kuadratik
Rz	Kekasaran total rata-rata

Singkatan	Arti
CNC	<i>Computer Numeric Controled</i>
mm	Milimeter
HCS	<i>High Cut Steel</i>
HSS	<i>High Speed Steel</i>
Rpm	<i>Rotation per minute</i>
ISO	<i>International Standard Organization</i>
JIS	<i>Japan Industrial Standartion</i>
Al	Aluminium
Mg	Magnesium
Mn	Mangan
Zn	Seng
Al-Cu	Aluminium-Tembaga
Al-Mn	Aluminium-Mangan
Al-Mg-Si	Aluminium-Magnesium-Silikon
Al-Mg	Aluminium-Magnesium
Al-ZN	Aluminium-Seng



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.2 Profil Permukaan.....	20
2.3 Tekstur Permukaan.....	21
2.4 Profil Permukaan.....	22
2.7 Angka tingkat kekasaran	27
2.8 Kerangka Pikir Penelitian	32
3.1 Diagram Alir.....	38
3.2 Pemotongan benda kerja	39
3.3 Pembuatan program cnc menggunakan mastercam.....	40
3.4 Pengukuran panjang benda kerja pada cekam.....	41
3.5 Pengukuran kerataan benda kerja pada cekam.....	42
3.6 Memasukan program ke mesin CNC.....	43
3.7 Proses pembubutan mesin CNC	43
4.2 Grafik hasil pengujian kekasaran media pendingin dromus	48
4.3 Grafik hasil pengujian kekasaran media pendingin air	48
4.4 Grafik hasil pengujian kekasaran media pendingin udara.....	49
4.5 Grafik hasil pengujian kekasaran media pendingin	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Kecepatan Potong Bahan	10
2.5. Standarisasi Simbol Nilai Kekasaran	24
2.6. Angka kekasaran permukaan menurut standar ISO 1302	25
3.8. Data Hasil Pengukuran Kekasaran	44
4.1. Hasil Pengujian Kekasaran	46
4.2. Konversi rata-rata nilai kekasaran	53



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi komputer saat ini telah mengalami kemajuan yang sangat pesat. Dalam hal ini perkembangan komputer yang dapat diaplikasikan ke dalam mesin-mesin perkakas seperti mesin bubut, mesin frais, mesin gerinda, dan lain-lain. Dengan hasil perpaduan teknologi komputer dengan teknologi mekanik ini telah menghasilkan sebuah mesin atau alat perkakas yang dinamakan *Computer Numeric Controlled (CNC)*. Sistem pengoperasian CNC menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer dengan bahasa *numeric*. Proses kerja mesin CNC ini menggunakan sistem komputer dengan bahasa *numeric* akan tetapi tetap membutuhkan mekanik sebagai operator untuk menjalankan mesin CNC dan juga untuk menghindari kesalahan proses kerja.

Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional, mesin CNC memiliki keunggulan dalam proses kerja diantaranya adalah ketelitian ukuran (*accurate*), ketepatan (*precision*), efektifitas kerja dan kapasitas produksi. Sehingga di era modern ini banyak industri-industri mengganti mesin perkakas konvensional dengan mesin perkakas CNC untuk mengurangi biaya produksi dan mengejar target produksi yang lebih banyak. Secara garis besar pengertian dari mesin CNC adalah suatu mesin dengan proses kerja yang di kontrol oleh komputer dengan sistem pengoperasian menggunakan bahasa *numeric* (perintah gerakan menggunakan kombinasi angka dan huruf sesuai setandart yang telah ditetapkan).

Dalam mesin CNC juga terdapat 2 metode pemrograman yaitu metode pemrograman *absolut* dan *incremental*. Adapun mesin CNC juga dibedakan menjadi dua jenis yaitu TU (*Training Unit*) dan PU (*Production Unit*) secara proses kerja antara TU dengan PU memiliki prinsip kerja yang sama akan tetapi yang membedakan keduanya adalah penggunaannya dilapangan. CNC TU biasa digunakan untuk pelatihan dasar pemrograman dan mesin jenis ini hanya dapat digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan ringan dengan bahan yang relatif lunak. Sedangkan CNC PU digunakan untuk produksi massal didesain untuk pekerjaan-pekerjaan ringan maupun berat dengan variasi bahan yang berbeda sesuai dengan spesifikasi mesin CNC PU.

Untuk mendapatkan kualitas produk yang baik, tingkat kekasaran sesuai yang dikehendaki, tingkat presisi yang tinggi dan pengerjaan yang efisien maka banyak syarat yang harus terpenuhi antara lain seperti pemilihan media pendingin dan kecepatan putar spindel.

Cairan pendingin mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses pemesinan. Selain untuk memperpanjang umur pahat, cairan pendingin dalam beberapa kasus, mampu menurunkan gaya dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Selain itu, cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih/pembawa beram (terutama dalam proses gerinda) dan melumasi element pembimbing (ways) mesin perkakas serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi. Bagaimana cairan pendingin itu bekerja pada daerah kontak antara beram dengan pahat, sebenarnya belumlah diketahui secara pasti

mekanismennya. Secara umum dapat dikatakan bahwa peran utama cairan pendingin adalah untuk mendinginkan dan melumasi (Widarto, 2008 : 299)

Sedangkan untuk kecepatan putar benda kerja diatur oleh mekanisme gerak utama yang terletak di dalam kepala tetap. Pada kepala tetap terdapat tuas-tuas penyetel kecepatan putar benda kerja (Arief Darmawan 1989/1990: 39) dalam (Aji Wibowo, 2010). Spindle kerja pada mesin CNC memiliki fungsi sebagai pengatur kecepatan putar pada kepala tetap atau sebagai pengatur kecepatan putar benda kerja yang dijepit menggunakan cekam. Pada mesin CNC spindle kerja memiliki kode S sebagai acuan untuk pemutaran spindle

Meskipun mesin CNC memiliki keunggulan dalam beberapa hal dibanding dengan mesin konvensional akan tetapi ada beberapa kendala dalam proses kerja mesin CNC. Salah satunya adalah dalam proses pendinginan benda kerja, terdapat banyak kendala diantaranya perbedaan kekasaran benda kerja yang disebabkan keausan alat potong yang sering digunakan serta kecepatan potong (*cutting speed*), laju pemakanan (*feed rate*) dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*). Untuk meminimalisir cacatnya benda kerja akibat ausnya alat potong yang sering digunakan. Maka peneliti akan melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Media Pendingin dan Kecepatan Putar *Spindle* terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja pada Proses *Finishing* Menggunakan Mesin Bubut CNC PU fanuc series 0i mate-TC”

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah, diketahui permasalahan yang berhubungan dengan kekasaran benda kerja pada proses bubut mesin CNC

adalah alat potong yang mengalami keausan saat bergesekan langsung dengan benda kerja selain dari pengaruh kecepatan potong (*cutting speed*), laju pemakanan (*feed rate*) dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*).

C. Batasan Masalah

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan, maka dilakukan pembatasan lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Proses penelitian menggunakan mesin CNC fanuc series 0i mate-TC dengan bahan aluminium alloy 6061 dan pahat karbida HCS (*high cut steel*).
2. Proses penelitian menggunakan standar ISO untuk parameter permesinan dengan kecepatan putar spindel yang berbeda.
3. Proses kerja pada mesin bubut CNC fanuc series 0i mate-TC menggunakan metode bubut bertingkat dengan bahasa pemrograman absolut.
4. Pengaruh kualitas hasil penelitian dikendalikan melalui proses *Finishing* dengan variasi pendingin (air, dromus, dan udara bertekanan) dan kecepatan putar spindel (895 rpm, 1135 rpm, 1375 rpm).
5. pengujian menggunakan bahan yang sama dengan versi pendingin dan kecepatan putar spindel yang berbeda sesuai banyaknya variasi pendingin dan kecepatan putar spindel dengan semua bahan dan alat potong dalam kondisi baru.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah diatas, rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi pendingin air, dromus, udara bertekanan dan kecepatan putar spindel 895 rpm, 1135 rpm, 1375 rpm terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses *Finishing* pembubutan bertingkat CNC fanuc series 0i mate-TC?
2. Seberapa besar pengaruh variasi pendingin air, dromus, udara bertekanan dan kecepatan putar spindel 895 rpm, 1135 rpm, 1375 rpm terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses *Finishing* pembubutan bertingkat CNC fanuc series 0i mate-TC?

E. Tujuan Penelitian

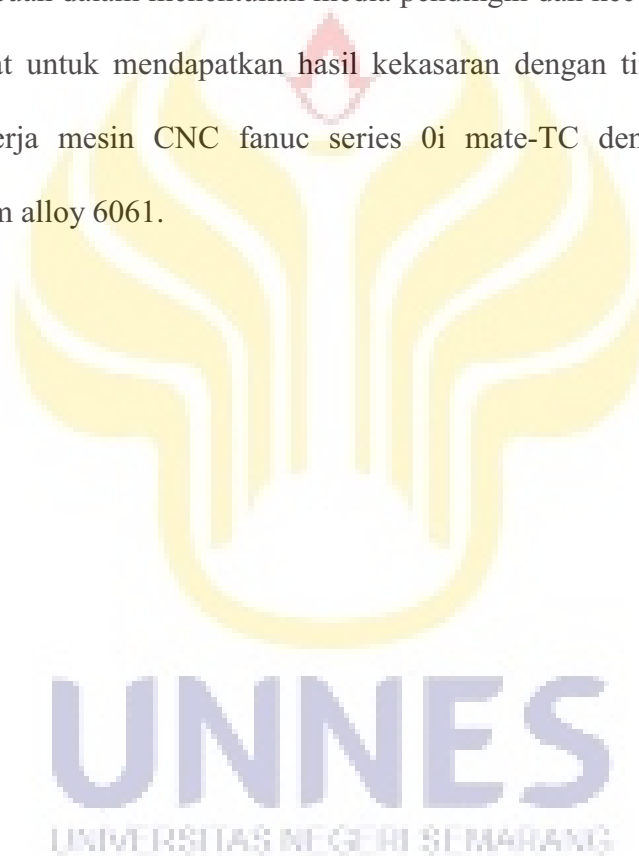
Tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah yang dikaji adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi pendingin air, dromus, udara bertekanan dan kecepatan putar spindel 895 rpm, 1135 rpm, 1375 rpm terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses *Finishing* pembubutan bertingkat CNC fanuc series 0i mate-TC.
2. Untuk mengetahui besar pengaruh variasi pendingin air, dromus, udara bertekanan dan kecepatan putar spindel 895 rpm, 1135 rpm, 1375 rpm terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses *Finishing* pembubutan bertingkat CNC fanuc series 0i mate-TC.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian berdasarkan tujuan penelitian adalah:

1. Mengetahui pengaruh perbedaan variasi pendingin dan kecepatan putar spindel yang dapat mempengaruhi tingkat kekasaran pada material aluminium alloy 6061.
2. Sebagai acuan dalam menentukan media pendingin dan kecepatan putar spindel yang tepat untuk mendapatkan hasil kekasaran dengan tingkat terkecil pada proses kerja mesin CNC fanuc series 0i mate-TC dengan jenis material aluminium alloy 6061.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Mesin CNC

Mesin CNC secara garis besar di bagi menjadi dua yaitu mesin CNC Production unit (PU) dan mesin CNC Training unit (TU). Kedua tipe mesin ini memiliki prinsip kerja yang sama hanya penerapan dan penggunaannya yang berbeda. Mesin *production unit* digunakan untuk produksi massal dengan proses pengerjaan yang lebih berat serta dapat bekerja terus menerus dan dilengkapi dengan aksesoris demi menunjang proses produksi seperti penutup pintu otomatis, pembersih tatal, sistem chuck otomatis sedangkan mesin training unit hanya digunakan untuk latihan atau simulasi pemrograman yang dilengkapi dengan EPS (External Programming Sistem) dan juga untuk mengerjakan pekerjaan ringan.

2. Prinsip Kerja Mesin CNC

Mesin CNC menggunakan sistem persumbuan dengan sistem koordinat cartesius (searah jarum jam). Prinsip kerja mesin CNC adalah benda kerja yang dapat berputar searah jarum jam atau sebaliknya sedangkan alat potong atau pahat diam dan hanya bergerak mengikuti sumbu, yaitu sumbu x melintang atau bergerak horisontal pada mesin sedangkan sumbu z sejajar dengan bed mesin atau bergerak vertikal pada mesin.

3. Bagian Utama Mesin CNC

a. Motor Utama

Motor utama adalah motor penggerak rumah alat potong untuk memutar cekam penjepit benda kerja. Motor ini bergerak dengan arus searah atau (DC) dengan kecepatan putar yang variatif sesuai dengan kebutuhan mesin CNC

b. Eretan

Eretan adalah gerak persumbuan jalannya mesin. Untuk mesin 2 axis memiliki dua sumbu yaitu sumbu X dan Z sumbu x melintang atau bergerak horisontal pada mesin sedangkan sumbu z sejajar dengan bed mesin atau bergerak vertikal pada mesin.

c. Step Motor

Step motor adalah motor penggerak eretan, masing-masing eretan memiliki step motor sendiri, yaitu penggerak sumbu X dan penggerak sumbu Z untuk jenis dan ukuran step motor pada setiap sumbu adalah sama.

d. Spindle Kerja

Spindle kerja pada mesin CNC memiliki fungsi sebagai pengatur kecepatan putar pada kepala tetap atau sebagai pengatur kecepatan putar benda kerja yang dijepit menggunakan cekam. Pada mesin CNC spindle kerja memiliki kode S sebagai acuan untuk pemutaran spindle.

e. Alat Potong

Dilihat dari bahannya alat potong di bagi menjadi empat yaitu baja kecepatan tinggi (HSS), karbida (carbide), keramik, dan intan. Pahat jenis baja kecepatan tinggi biasanya digunakan untuk pengerjaan dengan benda kerja non

ferro dan untuk pahat dengan jenis karbida bisa digunakan untuk benda kerja ferro atau non ferro. Sedangkan pahat jenis keramik memiliki kecepatan potong dua kali lebih cepat daripada karbida dan intan untuk pekerjaan benda-benda yang membutuhkan kecepatan tinggi dan permukaan yang sangat baik.

f. Bagian Pengendali/kontrol

Bagian Pengendali/kontrol merupakan bok kontrol mesin CNC yang berisikan tombol-tombol operasi mesin dilengkapi dengan monitor sebagai tampilan pemrograman atau menampilkan informasi operasi mesin CNC.

4. Kecepatan Putaran *Spindle*

Kecepatan putar benda kerja diatur oleh mekanisme gerak utama yang terletak di dalam kepala tetap. Pada kepala tetap terdapat tuas-tuas penyetel kecepatan putar benda kerja (Arief Darmawan 1989/1990: 39) dalam (Aji Wibowo, 2010). Spindle kerja pada mesin CNC memiliki fungsi sebagai pengatur kecepatan putar pada kepala tetap atau sebagai pengatur kecepatan putar benda kerja yang dijepit menggunakan cekam. Pada mesin CNC spindle kerja memiliki kode S sebagai acuan untuk pemutaran spindle.

Pemotongan yang kasar di gunakan putaran rendah dan kecepatan pemakanan yang besar. Pemotongan tingkat finishing putaran di pertinggi dan kecepatan pemakanan diperlambat, hasilnya akan baik. Kecepatan putar benda kerja di tunjukan pada suatu titik yang berputar dalam satuan waktu, jika benda kerja dengan garis tengah, d_1 membuat 1 putaran tiap menit, maka panjang total (beram) yang terpotong atau tersayat dalam 1 menit misalnya n putaran, maka panjang total yang terpotong dalam 1 menit = $d \times \pi \times n$ m/menit, panjang

tatal ini dikur dalam satuan meter tiap menit dan dinamakan kecepatan potong (V), jadi : $V = d \times \pi \times n$ m/menit

Karena d diameter dinyatakan dalam satuan milimeter maka v dibagi 1000 menjadi :

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ m/menit}$$

Sehingga:

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} \text{ Putaran/menit (rpm)}$$

Keterangan :

v = kecepatan potong atau *Cutting Speed (Cs)* dalam m/menit

d = diameter dalam mm

n = bilangan putaran/kecepatan putar dalam putaran/menit (rpm)

$\pi = \frac{22}{7}$ (konstanta lingkaran)

Adapun aturan baku yang berhubungan dengan kecepatan potong dengan kecepatan putar spindel yang dicantumkan dalam tabel berikut :

Tabel 2.1. Kecepatan Potong Bahan/Cutting Speed (Cs)

Bahan	Pahat HSS		Pahat Karbida	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Baja Perkakas	75-100	25-45	185-230	110-140
Baja Karbon Rendah	70-90	25-40	170-215	90-120
Baja Karbon Menengah	60-85	20-40	140-185	75-110
Baja Cor Kelabu	40-45	25-30	110-140	60-75
Kuningan	85-110	45-70	185-215	120-150
Aluminium	70-110	30-45	140-215	60-90

Sumber : Wirawan Sumbodo, 2008 : 348

Maka dengan adanya rumus kecepatan putar spindel dan tabel kecepatan potong bahan aluminium al 6061 menggunakan pahat karbida HCS maka di dapatkan variasi kecepatan putar sepindel (140, 177,5, 215) sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll}
 1. \ n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} & 2. \ n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} & 3. \ n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} \\
 \\
 n = \frac{140 \cdot 1000}{3,14 \cdot 49,8} & n = \frac{177,5 \cdot 1000}{3,14 \cdot 49,8} & n = \frac{215 \cdot 1000}{3,14 \cdot 49,8} \\
 \\
 n = \frac{140 \cdot 000}{156,372} & n = \frac{177 \cdot 500}{156,372} & n = \frac{215 \cdot 000}{156,372} \\
 \\
 n = 895,300 \text{ rpm} & n = 1135,113 \text{ rpm} & n = 1374,926 \text{ rpm} \\
 \\
 n = 895 \text{ rpm} & n = 1135 \text{ rpm} & n = 1375 \text{ rpm}
 \end{array}$$

5. Media Pendingin

Cairan pendingin mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses pemesinan. Selain untuk memperpanjang umur pahat, cairan pendingin dalam beberapa kasus, mampu menurunkan gaya dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Selain itu, cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih/pembawa beram (terutama dalam proses gerinda) dan melumasi element pembimbing (ways) mesin perkakas serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi. Bagaimana cairan pendingin itu bekerja pada daerah kontak antara beram dengan pahat, sebenarnya belumlah diketahui secara pasti mekanismennya. Secara umum dapat dikatakan bahwa peran utama cairan pendingin adalah untuk mendinginkan dan melumasi (Widarto, 2008 : 299)

Cairan pendingin yang biasa dipakai dalam proses pemesinan dapat dikategorikan dalam empat jenis utama yaitu :

1. *Straight Oil* (Minyak murni)

Minyak murni adalah minyak yang tidak dapat diemulsikan dan digunakan dalam proses pemesinan sudah dalam bentuk di encerkan. Minyak murni ini terdiri dari bahan minyak mineral dasar atau minyak bumi dan kadang mengandung pelumas yang lain seperti lemak, minyak tumbuhan, dan ester. Selain itu juga dapat ditambahkan zat adiktif tekanan tinggi seperti *chlorine*, *sulphur*, dan *phosporus*. Minyak murni ini berasal dari salah satu atau kombinasi dari minyak bumi (*naphthenic paraffinic*), minyak binatang, minyak ikan atau minyak nabati.

Viskositasnya dapat bermacam-macam dari yang encer sampai yang kental tergantung dari pemakaian. Pencampuran antara minyak bumi dengan minyak hewani atau nabati menaikkan daya pembasahan (*wetting action*) sehingga memperbaiki daya lumas. Penambahan unsur lain seperti *chlorine*, *sulphur*, dan *phosporus* dapat menaikkan daya lumas dan tekanan tinggi. Minyak murni memiliki pelumasan terbaik, akan tetapi sifat pendinginnya paling jelek diantara cairan pendingin lainnya.

2. *soluble oils*

soluble oils akan membentuk emulsi ketika dicampur dengan air. Konsentrart mengandung minyak mineral dasar dan pengemulsi untuk menstabilkan emulsi. Minyak ini digunakan dalam bentuk sudah diencerkan (biasanya konsentrasinya = 3 sampai 10%) dan unjuk kerja pelumasan dan dan

penghantaran panas bagus. Minyak jenis ini banyak digunakan oleh industri pemesinan

3. Synthetic fluids (cairan sintetis)

Minyak sintetis tidak mengandung minyak bumi atau minyak mineral dan sebagai gantinya dibuat dari campuran organik dan anorganik *alkaline* bersama-sama dengan bahan tambahan (*addictive*) untuk penangkal korosi. Minyak ini biasanya digunakan dalam bentuk sudah di encerkan (biasanya konsentrasinya = 3 sampai 10%). Minyak sintetis menghasilkan unjuk kerja pendinginan terbaik diantara semua cairan pendingin. Cairan ini merupakan larutan murni (*true solutions*) atau larutan permukaan aktif (*surface active*). Pada larutan murni unsur yang dilarutkan terbesar di antara molekul air dan tegangab permukaan (*surface tension*) hampir tidak berubah. Larutan murni ini tidak bersifat melumasi dan biasanya dipakai untuk sifat penyerapan panas yang tinggi dan melindungi terhadap korosi. Sementara itu dengan penambahan unsur lain yang mampu membentuk kumpulan molekul akan mengurangi tegangan permukaan menjadi jenis cairan permukaan aktif sehingga mudah membasahi dan daya lumasnya baik.

4. Semisynthetic fluids (cairan semi sintetis)

Cairan semi sintetis adalah kombinasi antara minyak sintetis (A) dan *soluble oil* (B) dan memiliki karakteristik kedua minyak pembentuknya. Harga dan unjuk kerja penghantaran panasnya terletak antara dua buah cairan pembentuknya tersebut. Jenis cairan ini mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- a. Kandungan minyaknya lebih sedikit (10% sampai 45% tipe B)
- b. Kandungan pengemulsinya (molekul penurun tegangan permukaan) lebih banyak dari tipe A

Partikel minyaknya lebih kecil dan tersebar dapat berupa jenis dengan minyaknya yang sangat jenuh ("*super fatted*") atau jenis EP (*Exstreme Preassure*) (Widarto, 2008 : 300).

Cairan pendingin pada proses pemesinan memiliki beberapa fungsi, yaitu fungsi utama dan fungsi kedua. Fungsi utama adalah fungsi yang dikehendaki oleh perencana proses pemesinan dan operator mesin perkakas. Fungsi kedua adalah fungsi tak langsung yang menguntungkan dengan adanya penerapan cairan pendingin tersebut. Fungsi cairan tersebut adalah :

1. Fungsi utama dari cairan pendingin pada proses pemesinan adalah :
 - a. Melumasi proses pemotongan khususnya pada kecepatan potong rendah.
 - b. Mendinginkan benda kerja khususnya pada kecepatan potong tinggi.
 - c. Membuang beram dari daerah pemotongan.
2. Fungsi kedua cairan pendingin adalah :
 - a. Melindungi permukaan yang disayat dari korosi.
 - b. Memudahkan pengambilan benda kerja, karena bagian yang panas telah didinginkan.

Penggunaan cairan pendingin pada proses pemesinan ternyata memberikan efek terhadap pahat dan benda kerja yang sedang dikerjakan. Pengaruh proses pemesinan menggunakan cairan pendingin yaitu :

- a. Memperpanjang umur pahat.
- b. Mengurangi deformasi benda kerja karena panas.

- c. Permukaan benda kerja menjadi lebih baik (halus) pada beberapa kasus.
- d. Membantu membuang/membersihkan beram. (Widarto, 2008 : 304).

6. Material Aluminium Alloy (Al 6061)

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dsb. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dsb. (Surdia, 1999 : 129)

Sifat dari bahan aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium dikenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yakni proses pembentukan lapisan aluminium oksida di permukaan logam aluminium setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi aluminium. Adapun sifat-sifat Aluminium antara lain sebagai berikut:

a. Ringan

Logam Aluminium Memiliki bobot sekitar 1/3 dari bobot besi dan baja, atau tembaga. Logam aluminium banyak digunakan didalam industri, alat berat dan transportasi.

b. Mudah dibentuk

Proses pengerjaan Aluminium mudah dibentuk karena dapat disambung dengan logam/material lainnya dengan pengelasan, *brazing*, *solder*, *adhesive bonding*, sambungan mekanis, atau dengan teknik penyambungan lainnya.

c. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik adalah besar tegangan yang didapatkan ketika dilakukan pengujian tarik. Kekuatan tarik ditunjukkan oleh nilai tertinggi dari tegangan pada kurva tegangan-tegangan hasil pengujian, dan biasanya terjadi ketika terjadinya necking. Kekuatan tarik bukanlah ukuran kekuatan yang sebenarnya dapat terjadi di lapangan, namun dapat dijadikan sebagai suatu acuan terhadap kekuatan bahan. Kekuatan tarik pada aluminium murni pada berbagai perlakuan umumnya sangat rendah, sehingga untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan tarik yang tinggi, aluminium perlu dipadukan.

d. Modulus Elastisitas

Aluminium memiliki modulus elastisitas yang lebih rendah bila dibandingkan dengan baja maupun besi, tetapi dari sisi strength to weight ratio, aluminium lebih baik. Aluminium yang memiliki titik lebur yang lebih rendah dan kepadatan. Dalam kondisi yang dicairkan dapat diproses dalam berbagai cara. Hal ini yang memungkinkan produk-produk dari aluminium yang akan dibentuk, pada dasarnya dekat dengan akhir dari desain produk.

e. *Recyclability* (Mampu untuk didaur ulang)

Aluminium adalah 100% bahan yang didaur ulang tanpa penurunan dari kualitas awalnya, peleburannya memerlukan sedikit energi, hanya sekitar 5% dari energi yang diperlukan untuk memproduksi logam utama yang pada awalnya diperlukan dalam proses daur ulang.

f. *Ductility* (Liat)

Ductility didefinisikan sebagai sifat mekanis dari suatu bahan untuk menerangkan seberapa jauh bahan dapat diubah bentuknya secara plastis tanpa terjadinya retakan. Dalam suatu pengujian tarik, *ductility* ditunjukkan dengan bentuk *necking*nya, material dengan *ductility* yang tinggi akan mengalami *necking* yang sangat sempit, sedangkan bahan yang memiliki *ductility* rendah, hampir tidak mengalami *necking*. Pada logam aluminium paduan memiliki *ductility* yang bervariasi, tergantung konsentrasi paduannya, namun pada umumnya memiliki *ductility* yang lebih rendah dari pada aluminium murni.

g. Kuat

Aluminium memiliki sifat yang kuat terutama bila dipadukan dengan logam lain. Digunakan untuk pembuatan komponen yang memerlukan kekuatan tinggi seperti: pesawat terbang, kapal laut, bejana tekan, komponen mesin dan lain-lain.

h. *Reflectivity* (Mampu pantul)

Aluminium adalah reflektor yang baik dari cahaya serta panas, dan dengan bobot yang ringan, membuatnya ideal untuk bahan reflektor.

i. Tahan terhadap korosi

Aluminium memiliki sifat durable, sehingga baik dipakai untuk lingkungan yang dipengaruhi oleh unsur-unsur seperti air, udara, suhu dan unsur-unsur kimia.

Dan material yang digunakan sebagai spesimen uji dalam penelitian ini adalah aluminium alloy grade (al 6061). Aluminium dengan jenis grade 6061 memiliki kandungan paduan antara aluminium dengan magnesium dan silikon (Al-Mg-Si) paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dsb, dan sangat baik untuk mampu bentuk tinggi pada temperatur biasa. Mempunyai mampu bentuk yang baik pada ekstrusi dan tahan korosi. Paduan 6061 dipergunakan banyak untuk rangka-rangka konstruksi, karena paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik. (surdia, 1999 : 140).

7. Kekasaran Permukaan


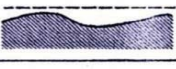
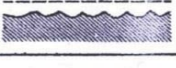
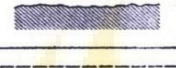
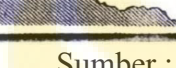
Permukaan adalah batas yang memisahkan antara benda padat dengan sekelilingnya. Jika di tinjau dengan skala kecil pada dasarnya konfigurasi permukaan merupakan suatu karakteristik geometri golongan mikogeometri. Sementara itu yang tergolong makrogeometri adalah permukaan poros, lubang, sisi dan lain-lain yang tercakup pada elemen geometri ukuran, bentuk, dan posisi. (Taufiq Rochim, 2001 : 52)

Karakteristik suatu permukaan memegang peranan penting dalam perancangan komponen mesin atau peralatan. Banyak hal di mana karakteristik

permukaan perlu dinyatakan dengan jelas misalnya dalam kaitannya dengan gesekan, keausan, pelumasan ketahanan lelah, perekatan dua atau lebih komponen mesin dan sebagainya.

Konfigurasi permukaan yang kita lihat dengan mata sebenarnya tidaklah serapi yang terlihat. Apabila profil permukaan kita lihat dari penampang melintang benda kita akan melihat ke tidak teraturan dari profil permukaan suatu benda. Ketidakteraturan konfigurasi suatu permukaan bila ditinjau dari profilnya dapat diuraikan menjadi beberapa tingkat seperti yang terlihat pada tabel 2.2. tingkat pertama merupakan ketidakteraturan mikogeometri yaitu keseluruhan permukaan yang membuat bentuk (*form error*). Tingkat kedua yaitu yang disebut dengan gelombang (*waviness*), merupakan ketidakteraturan yang periodik dengan panjang gelombang yang jelas lebih besar dari kedalamannya (*amplitude*). Tingkat ketiga yaitu (*groove*) dan tingkat keempat adalah serpihan (*flaw*) dan keduanya lebih dikenal dengan istilah kekasaran (*roughness*). (Taufiq Rochim, 2001 : 54)

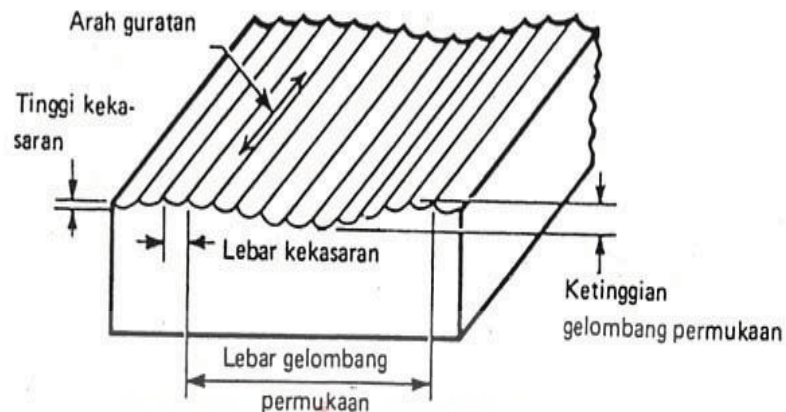
Gambar 2.2. Profil Permukaan

Tingkat	Profil terukur; bentuk grafik hasil pengukuran	Istilah	Contoh kemungkinan penyebabnya
1		Kesalahan bentuk (form error)	Kesalahan bidang-bidang pembimbing mesin perkakas dan benda kerja, kesalahan posisi pencekaman benda kerja.
2		Gelombang (waviness)	Kesalahan bentuk perkakas, kesalahan penyenteran perkakas, getaran dalam proses pemesinan.
3		Alur (grooves)	Jejak/bekas pemotongan (bentuk ujung pahat, gerak makan).
4		Serpihan (flakes)	Proses pembentukan geram, deformasi akibat proses pancar pasir, pembentukan module pada proses electroplating.
			Kombinasi ketidakteraturan dari tingkat 1 sampai dengan 4.

Sumber : Taufik Rochim, 2001 : 55

Istilah kekasaran permukaan digunakan secara luas di industri dan biasanya digunakan untuk mengukur kehalusan dari suatu permukaan, permukaan yang digambarkan dari konsep permukaan metrologi dan termilogi yang telah ada pada standar sebelumnya.

Kekasaran terdiri dari ketidakteraturan dari tekstur permukaan, yang pada umumnya mencakup ketidakteraturan yang diakibatkan oleh perlakuan selama proses produksi. Contoh bentuk tekstur permukaan benda kerja dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.3. Tekstur Permukaan

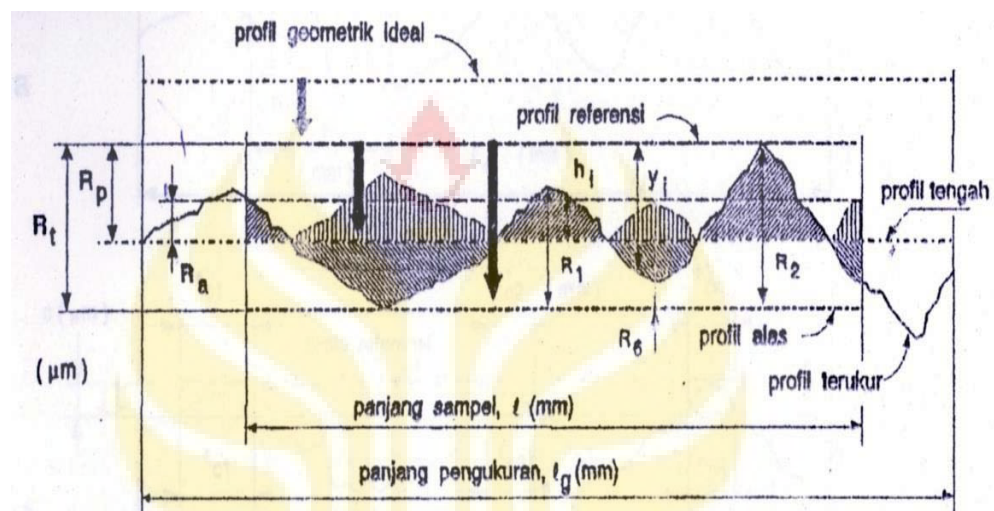
Lebar gelombang atau jarak kekasaran adalah jarak paralel pada permukaan yang nominal antara punggung bukit atau bubungan atau puncak berurutan terhadap pola ajuan utama dari kekasaran permukaan.

Penggalan lebar gelombang atau jarak kekasaran adalah pengukuran rata-rata tingginya kekasaran yang menandakan pengaturan jarak yang tersebar dari ketidakraturan permukaan berulang. Nilai penggalan jarak kekasaran dinilai dalam perseribu dari satu inci. Tabel standar untuk nilai-nilai penggalan jarak kekasaran 0,003; 0,10; 0,030; 0,100; dan 1,000 inci. Jika tidak ada nilai, maka ditetapkan suatu asumsi penilaian atau beban maksimum 0,030 inci.

Kekasaran yaitu meliputi semua ketidakraturan yang terjadi pada permukaan. Tinggi kekasaran adalah jarak puncak tertinggi terhadap lembah. Lebar kekasaran adalah pengaturan jarak dari gelombang atau lambian berurutan mencapai puncak atau lembah gelombang atau lambaian berurutan lain.

Arah guratan adalah arah dari pola acuan permukaan utama, secara normal ditentukan oleh metode produksi.

Untuk memproduksi profil suatu permukaan, sensor atau peraba harus digerakan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan panjang pengukuran (*transversing length*: l_g) yang telah ditentukan. Reproduksi yang dihasilkan oleh alat ukur kekasaran akan terlihat seperti gambar 2.3.



Gambar 2.4. Profil Permukaan (Taufiq Rochim, 2001 : 5)

Profil geometri ideal adalah profil permukaan yang sempurna dapat berupa garis lurus, lengkung, atau busur.

Profil terukur (*measured profil*), merupakan profil permukaan terukur.

Profil referensi adalah profil yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisis ketidakrataan konfigurasi permukaan.

Profil akar atau alas yaitu profil referensi yang digeserkan ke bawah, sehingga menyinggung titik terendah profil terukur.

Profil tengah adalah profil yang digeserkan ke bawah sedemikian rupa, sehingga jumlah luas bagi daerah-daerah di atas profil tengah sampai profil

terukur adalah sama dengan jumlah luas daerah-daerah dibawah profil tengah sampai ke profil terukur.

Berdasarkan profil-profil yang diterangkan di atas, dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan, yaitu yang berhubungan dengan dimensi pada arah tegak dan arah memanjang. Untuk dimensi arah tegak dike nal beberapa parameter yaitu:

1. Kekasaran total (*peak to valley height/total height*), R_t (μm) adalah jarak antara profil referensi dengan profil alas.
2. Kekasaran perataan (*depth of surface smoothness/peak to mean line*), R_p (μm) adalah jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur yang nilainya sama dengan jarak antara profil referensi dengan profil tengah.
3. Kekasaran rata-rata aritmetik (*mean roughness index/center line average*, CLA), R_a (μm) adalah harga rata-rata aritmetik bagi harga absolutnya jarak antara profil terukur dengan profil tengah.
4. Kekasaran rata-rata kuadratik (*root mean square height*) R_q (μm) adalah akar bagi jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.
5. Kekasaran total rata-rata, R_z (μm), merupakan jarak rata-rata profil atas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima lembah terendah.

Harga kekasaran rata-rata (R_a) maksimal yang diijinkan ditulis di atas simbol segitiga. Satuan yang digunakan harus sesuai dengan satuan panjang yang

digunakan dalam gambar teknik (metrik atau inci). Jika angka kekasaran Ra minimum diperlukan dapat dituliskan di bawah angka kekasaran maksimum. Angka kekasaran dapat diklarifikasikan menjadi 12 angka kelas kekasaran seperti yang terlihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Standarisasi Simbol Nilai Kekasaran

Kekasaran Ra (μm)	Tingkat kekasaran	Panjang sampel (mm)
50	N12	8
25	N11	
12,5	N10	2,5
6,3	N9	
3,2	N8	0,8
1,6	N7	
0,8	N6	
0,4	N5	
0,2	N4	0,25
0,1	N3	
0,05	N2	
0,025	N1	0,08

Sumber : Taufiq Rochim, 2001 : 62

Angka kekasaran (*ISO number*) dimaksudkan untuk menghindari terjadinya kesalahan interpretasi atas satuan harga kekasaran. Jadi spesifikasi kekasaran dapat langsung dituliskan nilainya atau dengan menuliskan angka kekasaran ISO. Panjang sampel pengukuran disesuaikan dengan angka kekasaran yang dimiliki oleh satuan permukaan. Apabila panjang sampel tidak dicantumkan di dalam penulisan simbol berat, maka panjang sampel 0,8 mm (bila diperkirakan proses pemesinannya halus sampai sedang) dan 2,5 mm (bila diperkirakan proses pemesinannya kasar). (Taufiq Rochim, 2001 : 55-63)

Adapun standarisasi angka kekasaran permukaan menurut standar ISO 1302: 1992 diklasifikasikan menjadi 12 angka kelas sesuai Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Angka kekasaran permukaan menurut standar ISO 1302

<i>Roughness value Ra</i>		<i>Roughness grade numbers (given in the previous edition of ISO 1302)</i>
μm	μin	
50	2000	N 12
25	1000	N 11
12.5	500	N 10
6.3	250	N 9
2.3	125	N 8
1.6	63	N 7
0.8	32	N 6
0.4	16	N 5
0.2	8	N 4
0.1	4	N 3
0.05	2	N 2
0.025	1	N 1

8. Pengukuran Kekasaran

a. Pengukuran Kekasaran Permukaan Tak Langsung

1. Cara Meraba (*Touch Inspection*)

Pengukuran kekasaran dapat dilakukan dengan meraba menggunakan ujung jari. Berdasarkan kepekaan dalam meraba dapat dirasakan halus atau kasar pada permukaan. Demi mengetahui tingkat kekasaran dapat dilakukan dengan membandingkan kekasaran permukaan yang diperiksa menggunakan alat ukur Rugo Test/ (*Surface Finish Comparator*). Alat ukur ini berbentuk lempengan baja dengan angka kekasaran yang berbeda-beda dan dikelompokkan menurut jenis mesin yaitu mesin bubut, frais, skrap, dan gerinda.

2. Pemeriksaan Kekasaran dengan Photo

Pemeriksaan dengan cara ini adalah mengambil gambar permukaan yang diukur kemudian gambarnya diperbesar sesuai keperluan. Dengan diperbesarnya gambar maka dilakukan analisis kekasaran permukaan benda kerja dengan membandingkan hasil foto yang telah diperbesar.

3. Pemeriksaan Kekasaran dengan Mikroskop

Dengan menggunakan mikroskop adalah cara yang lebih baik daripada meraba, melihat dan menggaruk. Keterbatasan dengan cara ini adalah pembagian permukaan yang dicari harga rata-ratanya. Pemeriksaan kekasaran permukaan menggunakan mikroskop ini termasuk juga cara pengukuran membandingkan, yaitu membandingkan hasil pemeriksaan dengan hasil pengamatan pembanding yang kedua-duanya dilihat dengan mikroskop.

b. Pengukuran Kekasaran Permukaan langsung

1. Pengukuran Kekasaran Permukaan dengan Profilometer

Profilometer adalah salah satu jenis pengukuran kekasaran secara langsung. Sistem kerja profilometer pada dasarnya sama dengan prinsip peralatan gramafon. Perubahan gerakan stylus sepanjang muka ukur dapat dilihat dan dibaca pada bagian amplimeter. Gerakan stylus bisa kita lakukan dengan tangan atau bergerak secara otomatis dengan motor penggerak. Angka yang ditunjukkan pada bagian skala adalah angka rata-rata kekasaran.

2. Pengukuran Kekasaran Permukaan dengan Surftest

Fowler Surfocoder SE 300 Surface roughness measuring instrument adalah alat ukur kekasaran permukaan logam dengan mempunyai kelebihan diantara

alat ukur kekasaran yang lain. Alat ukur *Fowler Sufcoder SE 1700 Surface roughness measuring instrument* sering digunakan oleh para peneliti sebagai penentu hasil uji kekasaran karena mesin ini memiliki tingkat kekakuratan nilai kekasaran yang tinggi serta sangat praktis dan mudah digunakan.

Berdasarkan metode pengerjaannya, angka tingkat kekasaran dapat digolongkan sebagai berikut :

Metode Pengerjaan	Tingkat Kekasaran														
	Ra dalam μm														
	200	100	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,43	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Pembubutan (<i>turning</i>)															
Pengetaman (<i>shapping</i>)															
Sekrap (<i>scraping</i>)															
Frais permukaan (<i>face milling</i>)															
Gerinda permukaan (<i>face grinding</i>)															

Gambar 2.7. Angka tingkat kekasaran (PEDC Bandung dalam Hasrin, 2013)

B. Penelitian Relevan

Penelitian pertama dari Ichlas Nur, Safril, Bagus wahyudi tentang ‘Pengaruh Media Pendingin dan Kondisi Pemotongan Logam Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Milling Menggunakan Mesin CNC Type VMC 200’ dengan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan potong, kecepatan makan dan jenis media pendingin sangat mempengaruhi kekasaran permukaan.

2. Pada pemotongan dengan media pendingin udara pada eksperimen tersebut diperoleh persamaan model:

$$SR_{udara} = 4,207 \cdot v^{-0,691} \cdot f^{0,451}$$

3. Pada pemotongan dengan media pendingin idemitsu air 1:30 pada eksperimen tersebut diperoleh persamaan model:

$$SR_{idemitsu (1:30)} = 100,32 \cdot v^{-0,442} \cdot f^{-0,564}$$

4. Pada pemotongan dengan media pendingin idemitsu air 1:60 pada eksperimen tersebut diperoleh persamaan model:

$$SR_{idemitsu (1:60)} = 1995,2 \cdot v^{-1,38} \cdot f^{-0,461}$$

Penelitian ke dua oleh Aji Wibowo (2010) tentang ‘Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Spindel dan Bahan Pahat terhadap Kehalusan Permukaan Baja EMS 45 pada Mesin CNC TU-2A dengan Progam Absolut’ dengan kesimpulan sebagai berikut:

1. Ada pengaruh yang signifikan variasi kecepatan putar spindel terhadap kehalusan permukaan baja EMS 45 hasil pembubutan dengan mesin CNC TU 2A, hal ini ditunjukkan pada hasil uji analisis data yang menyatakan bahwa $F_{Observasi} = 30,07$ lebih besar dari $F_{Tabel} = 6,93$ ($F_{Observasi} > F_{Tabel}$) pada taraf signifikansi 1% semakin tinggi kecepatan putar spindel kehalusan semakin meningkat.

2. Ada pengaruh yang signifikan variasi bahan mata pahat terhadap kehalusan permukaan Baja EMS 45 hasil pembubutan dengan mesin CNC TU 2A, hal ini di tunjukkan pada hasil uji analisis data yang menyatakan bahwa $F_{Observasi} = 13,06$ lebih besar dari $F_{Tabel} = 9,33$ ($F_{Observasi} > F_{Tabel}$) pada taraf signifikansi 1%.
3. Ada pengaruh bersama (interaksi) yang signifikan variasi kecepatan putar spindle dan bahan mata pahat terhadap kehalusan permukaan Baja EMS 45 hasil pembubutan dengan mesin CNC TU 2A, hal ini di tunjukkan pada hasil uji analisis data yang menyatakan bahwa $F_{Observasi} = 7,22$ lebih besar dari $F_{Tabel} = 6,93$ ($F_{Observasi} > F_{Tabel}$) pada taraf signifikansi 1%.

C. Kerangka Pikir

Dalam sebuah proses pemesinan terdapat beberapa spesifikasi yang harus di capai demi mendapatkan hasil yang sesuai dengan kriteria atau standar produk pemesinan, terdapat banyak spesifikasi pemesinan yang harus dicapai salah satunya adalah kekasaran produk atau benda kerja.

Istilah kekasaran permukaan digunakan secara luas di industri dan biasanya digunakan untuk mengukur kehalusan dari suatu permukaan, permukaan yang digambarkan dari konsep permukaan metrologi dan termilogi yang telah ada pada standar sebelumnya.

Kekerasan terdiri dari ketidakraturan dari tekstur permukaan, yang pada umumnya mencakup ketidakraturan yang diakibatkan oleh perlakuan selama proses produksi. Adapun faktor yang mempengaruhi kekasaran produk atau benda

kerja pemesinan adalah kecepatan potong (*cutting speed*), laju pemakanan (*feed rate*), kedalaman pemotongan (*depth of cut*), media pendingin dan kecepatan putar spindel.

1. Pengaruh Media Pendingin terhadap Kekasaran Permukaan

Sebelum penelitian ini telah dilakukan sebuah penelitian mengenai Pengaruh Media Pendingin dan Kondisi Pemotongan Logam Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Milling Menggunakan Mesin CNC Type VMC 200 dengan variasi media pendingin udara, idemitsu (1:30) dan idemitsu (1:60). Dengan penelitian tersebut diatas menggunakan variasi media pendingin terdapat pengaruh yang signifikan antara udara, idemitsu (1:30) dan idemitsu (1:60) terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses Milling menggunakan mesin CNC Type VMC 200. Karena media pendingin mempunyai peran sebagai pelumas dan penyerap panas, dengan demikian diduga ada pengaruh media pendingin terhadap kekasaran permukaan.

2. Pengaruh Kecepatan Putar Spindel terhadap Kekasaran Permukaan

Pada penelitian sebelumnya telah diteliti mengenai Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Spindel dan Bahan Pahat terhadap Kehalusan Permukaan Baja EMS 45 pada Mesin CNC TU-2A dengan Progam Absolut. Hasil penelitian menunjukkan variasi kecepatan putar spindel rendah 100 rpm, sedang 500 rpm dan tinggi 1000 rpm memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kekasaran permukaan. Semakin tinggi kecepatan putar spindel memberikan perbedaan

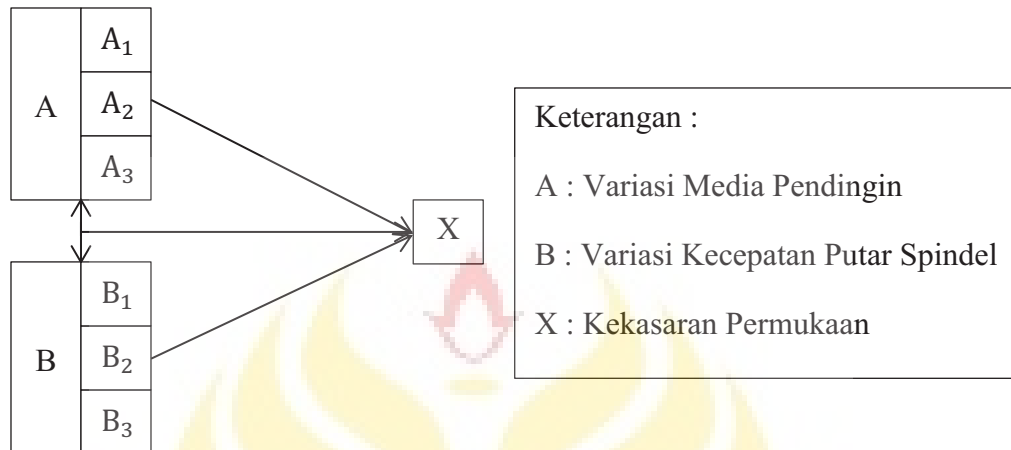
kekasaran terhadap permukaan, maka dengan demikian diduga ada pengaruh Kecepatan putar spindel terhadap kekasaran permukaan.

3. Pengaruh Media Pendingin dan Kecepatan Putar Spindel terhadap Kekasaran Permukaan

Menurut teori dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya diketahui media pendingin mempengaruhi kekasaran permukaan, sama halnya dengan kecepatan putar spindel juga memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan, dengan demikian diduga ada pengaruh media pendingin dan kecepatan putar spindel terhadap kekasaran permukaan.

Pada penelitian ini menggunakan benda kerja bahan aluminium alloy grade (al 6061). Proses pembubutannya menggunakan mesin bubut CNC fanuc series 0i mate-TC. Media pendingin pada penelitian ini di variasikan dengan menggunakan air, dromus dan udara bertekanan 1,01 bar. Kecepatan putar spindel yang divariasikan dengan kecepatan rendah 895 rpm, sedang 1135 rpm, tinggi 1375 rpm. Untuk mengetahui secara pasti ada tidaknya pengaruh media pendingin dan kecepatan putar spindel terhadap kekasaran permukaan hasil proses bubut CNC fanuc series 0i mate-TC pada material aluminium alloy grade (al 6061), maka dilakukan pengukuran kekasaran permukaannya menggunakan Fowler *Surfcoder* SE 300 *Surface Roughness Measuring Instrument*.

Berdasarkan uraian tersebut dapat ditentukan penelitian sebagai berikut :



Gambar 2.8. Kerangka Pikir Penelitian

.BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada Pengaruh Variasi Media Pendingin dan Kecepatan Putar Spindel terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja pada Proses *Finishing* Menggunakan Mesin Bubut CNC PU fanuc series 0i mate-TC, dapat disimpulkan bahwa :

1. Ada pengaruh yang signifikan antara variasi media pendingin dan kecepatan putar spindel terhadap hasil kekasaran permukaan benda kerja pada proses *finishing* menggunakan mesin bubut CNC PU fanuc series 0i mate-TC, hal ini ditunjukkan pada hasil uji kekasaran pada penelitian ini.
2. Hasil uji kekasaran pada penelitian ini didapatkan bahwa nilai kekasaran paling rendah didapatkan pada variasi media pendingin dromus dengan variasi kecepatan putar spindel 1375 rpm yaitu 1,726 μm , sedangkan nilai kekasaran paling tinggi didapatkan pada variasi media pendingin udara bertekanan dengan variasi kecepatan putar spindel 895 rpm yaitu 4,209 μm .

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya agar hasil yang didapatkan dapat optimal antara lain :

1. Penelitian ini diharapkan sebagai langkah awal bagi peneliti lain yang akan melakukan penelitian yang relevan di masa mendatang, diharapkan penelitian ini dijadikan bahan masukan dan pertimbangan dalam melakukan penelitian.

2. Parameter-parameter pemotongan yang mempengaruhi kekasaran harus lebih diperhatikan dan lebih teliti saat proses penelitian agar hasil yang didapatkan lebih optimal.
3. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu perlu dilakukan variasi media pendingin pada udara bertekanan supaya memiliki variasi media pendingin yang belum pernah di teliti sebelumnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Biswajit Das, S. Roy, R.N. Rai, S.C. Saha. Application of Grey Fuzzy Logic for the Optimization of CNC Milling Parameters for Al-4,5%Cu-TiC MMCs with Multi-Performance Characteristics. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. (online) (www.sciencedirect.com), diakses tanggal 24 Juni 2016.
- Hasrin. 2013. *Pengaruh Tebal Pemakanan dan Kecepatan Potong pada Pembubutan Kering Menggunakan Pahat Karbida terhadap Kekasaran Permukaan Material ST-60*. *Jurnal Teknologi*, 13 (2): 1-8.
- Ichlas Nur, Safril dan Bagus Wahyudi. Pengaruh Media Pendingin dan Kondisi Pemotongan Logam Terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Milling Menggunakan Mesin CNC Type VMC 200. *Jurnal Teknik Mesin*. (online) (www.e-jurnal.com), diakses tanggal 13 April 2016.
- Philip Kosky., Robert Balmer., William Keat., George Wise. 2010. *Explore Engineering Second Edition*. London: Department Oxford UK
- Rochim, T. 2001. *Spesifikasi Geometris Metrologi Industri & Kontrol Kualitas*. Bandung: ITB Bandung
- Sugiyono, 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Penerbit Alfabeta
- Sumbodo, W. 2008. *Teknik Produksi Mesin Industri*: Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Standar ISO 1302: 2002*.
- Surdia, T. Dan Saito, S. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Penerbit P.T Pradaya Paramita
- Wibowo, A. Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Spindel dan Bahan Pahat Terhadap Kehalusan Permukaan Baja EMS 45 Pada Mesin CNC TU 2A dengan Progam Absolute. *Jurnal Teknik Mesin*. (online) (digilib.uns.ac.id), diakses tanggal 13 April 2016

- Widarto. 2008a. *Teknik Pemesinan Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Widarto. 2008b. *Teknik Pemesinan Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

