



**PENGARUH KECEPATAN PEMAKANAN DAN  
KECEPATAN POTONG TERHADAP TINGKAT  
KEKARASAN PERMUKAAN BAJA VCN 150 PROSES  
CNC *TURNING***

**Skripsi**

**Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana**

**Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

**Oleh**

**Roni Mustafik**

**NIM.5201415050**

**PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
JURUSAN TENIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2020**

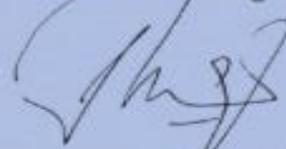
## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Roni Mustafik  
NIM : 5201415050  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1  
Judul : Pengaruh Kedalaman Pemakanan dan Kecepatan Potong  
Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Poros Mobil Listrik  
Proses CNC *Turning* pada Baja VCN 150.

Proposal Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Seminar Proposal Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang,

Dosen Pembimbing



Drs. Masuginó, M.Pd.

NIP 195207212017091256

**PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul Pengaruh Kecepatan Pemakanan dan Kecepatan Potong Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja VCN 150 Proses CNC *Turning* telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 5 Februari 2020

Oleh

Nama : Roni Mustafik  
NIM : 5201415050  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Panitia :

Ketua



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

Sekretaris



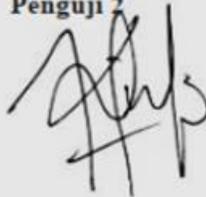
Rusiyanto, S.Pd., M.T.  
NIP.197403211999031002

Penguji 1



Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T.  
NIP. 196707261993031003

Penguji 2



Kriswanto, S.Pd., M.T  
NIP. 198609032014111151

Pembimbing



Drs. Masugino, M.Pd  
NIP. 195207212017091256

Mengetahui:

Dekan/Fakultas Teknik UNNES



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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 20 Januari 2020

Yang membuat pernyataan,



NIM 570 2113450

Motto

“Barangsiapa belum merasakan *pahitnya* belajar walau sebentar, Ia akan merasakan  
hinanya *kebodohan* sepanjang hidupnya”

~Imam Syafi’i~

“*Bersungguhlah dengan segala kesungguhan dan berbahagialah dengan segala  
kebahagiaan*”

~Ibnu Malik~

q

Persembahan

1. Kedua Orang Tua yang selalu mendoakan, menyemangati dan memotivasi.
2. Teman seperjuangan jurusan Teknik Mesin yang berjuang bersama
3. Keluarga Al-Asror yang kebersamai setiap hari, dan
4. Kawan dan sahabat semua

## ABSTRAK

Mustafiq, Roni. 2020. *Pengaruh Kecepatan Potong dan Kecepatan Pemakanan Pada Proses CNC Turning Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja VCN 150*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Kata kunci : kekasaran permukaan, pembubutan CNC, VCN 150, kecepatan potong, kecepatan pemakanan.

Kualitas hasil pembubutan CNC (Computer Numerical Control) dapat ditinjau dari berbagai faktor salah satunya adalah kehalusan permukaan benda kerja. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kecepatan potong dan kecepatan pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan baja VCN 150 proses CNC turning.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Variasi kecepatan potong yang digunakan adalah 90 m/menit, 110 m/menit, 135 m/menit, 170 m/menit dan 200 m/menit dengan kecepatan pemakanan tetap. Sedangkan variasi laju pemakanan yang digunakan adalah 100 mm/menit, 200 mm/menit, 350 mm/menit, 450 mm/menit, 550 mm/menit dengan kecepatan potong tetap. Pembuatan spesimen sejumlah 27 yang kemudian dilakukan pengambilan data dengan alat uji kekasaran *roughness surface tester*. Pengumpulan data menggunakan tabel kemudian data yang sudah terkumpul

Hasil analisis data pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan potong hasil kekasaran permukaan semakin rendah (halus). Sedangkan semakin besar kecepatan pemakanan hasil kekasaran permukaan semakin besar (kasar).

## **PRAKATA**

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Kecepatan Pemakanan dan Kecepatan Potong Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja VCN 150”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Semarang.

Selama proses penelitian dan penulisan laporan skripsi ini, telah banyak mendapatkan bantuan bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Rusiyanto, S.Pd.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Drs. Masugino, M.Pd., Selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian proposal skripsi ini.
4. Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T., dan Kriswanto, S.Pd., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan yang sangat berharga berupa saran, perbaikan, pertanyaan, menambah bobot dari karya tulis ini.

5. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin FT UNNES yang telah memberikan bekal yang sangat berharga.
6. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan karya tulis ini.
7. Kedua orang tua, sahabat dan teman-teman yang memberikan doa, semangat dan motivasi.
8. Penulis berharap dengan skripsi penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penyusun.

Penulis,

Roni Mustafiq

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB I	
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	1
1.3 Pembatasan Masalah .....	4
1.4 Rumusan Masalah .....	5
1.5 Tujuan.....	5
1.6 Manfaat.....	6
BAB II	
KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	7
2.1 Kajian Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori .....	11
2.2.1 Proses Pemesinan.....	11

2.2.2 Mesin CNC <i>Turning</i> .....	12
2.3 Pemerograman .....	14
2.4 Parameter Potong CNC Turning .....	15
2.4.1 Kecepatan Pemotongan ( <i>Cutting Speed</i> ) .....	18
2.4.2 Kecepatan Pemakanan ( <i>Feeding</i> ) .....	20
2.4.3 Kedalaman Pemakanan ( <i>Dept of Cut</i> ) .....	22
2.5 Alat Potong .....	22
2.5.1 Pengertian .....	22
2.5.2 Klasifikasi pahat .....	23
2.5.3 Pahat Insert .....	24
2.6 Baja .....	25
2.7 Baja VCN 150 .....	27
2.8 Kekasaran Permukaan .....	27
2.8.1 Pengertian .....	27
2.7.2 Pengukuran Kekasaran .....	30
 <b>BAB III</b>	
<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>33</b>
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....	33
3.2 Desain Penelitian .....	33
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	34
3.3.1 Persiapan Alat .....	38
3.3.2 Persiapan Bahan .....	38
3.3.3 Gambar Spesimen .....	39

3.4 Parameter Penelitian .....	36
3.5 Teknik Pengumpulan Data .....	40
3.5.1 Rancangan Penelitian.....	38
3.5.2 Proses Penelitian.....	39
3.6 Kalibrasi Instrumen .....	42
3.7 Teknik Analisis Data .....	43
BAB IV .....	33
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Deskripsi Data.....	44
4.2 Analisis Data .....	48
4.2.1 Pengaruh Kecepatan Potong terhadap Kekasaran Permukaan .....	48
4.2.2 Pengaruh Kecepatan Pemakanan terhadap Kekasaran Permukaan .....	50
4.3 Pembahasan .....	51
BAB V	
KESIMPULAN.....	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	57
LAMPIRAN.....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan bubut konvensional dan CNC .....	12
Tabel 2.2 Parameter Bubut untuk Pahat Karbida .....	16
Tabel 2.3 Kode Material .....	17
Tabel 2.4 Standard Pemotongan Material ISO P.....	18
Tabel 2.5 Kecepatan Potong untuk Beberapa Jenis Bahan.....	20
Tabel 2.6 Komposisi VCN 150.....	27
Tabel 2.9 Nilai Kekasaran .....	29
Tabel 2.10 Tingkat Kekasaran Rata-Rata Permukaan Menurut Proses Pengerjaannya ....	30
Tabel 3.1 Kode Material .....	35
Tabel 3.2 Nilai Kekasaran dari Variasi Kecepatan Pemakanan dan Kecepatan potong..	41
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kekasaran .....	45
Tabel 4.2 Nilai Kekasaran dengan variasi kecepatan potong .....	48
Tabel 4.3 Nilai Kekasaran dengan variasi kecepatan potong .....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin CNC Turning.....	13
Gambar 2.2 Pahat <i>Insert TMNG 16 Iscar</i> dan ketentuan pemotongan .....	17
Gambar 2.4 Gerak makan (f) dan kedalaman potong (a) .....	21
Gambar 2.5 Holder dan Insert.....	25
Gambar 2.5 Penyimpangan rata-rata aritmetik $R_a$ dari garis rata-rata profil .....	29
Gambar 3.1 Jangka Sorong .....	34
Gambar 3.2 Pahat Insert TMNG 16 Mitsubishi .....	35
Gambar 4.1 Proses Pengujian Kekasaran.....	44
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Kecepatan Potong terhadap Kekasaran Permukaan ....	48
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Kecepatan Pemakanan terhadap Kekasaran .....	51

## DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

Istilah/ Simbol	Singkatan	Satuan	Ditulis Pertama Kali pada Halaman
<i>VCN</i>	<i>Vanadium Carbon Nikel</i>	-	2
<i>ST</i>	<i>Steel</i>	-	7
<i>Ra</i>	Roughness Average	μm	7
<i>Vc</i>	Velocity Cut (Kecepatan Potong)	m/menit	17
<i>f</i>	Feeding (Besar Pemakanan)	mm/rev	17
<i>n</i>	Putaran Spindel	RPM atau rev/menit	19
<i>F</i>	Feed rate (Kecepatan Pemakanan)	mm/menit	19
<i>Do</i>	Diameter Awal	mm	22
<i>D</i>	Diameter akhir	mm	22
<i>a</i>	dept of cut (Kedalaman Pemakanan)	mm	22

## DAFTAR RUMUS

Rumus 1. Rumus Putaran Spindel (n) .....	65
Rumus 2. Rumus Kecepatan Potong ( $V_c$ ).....	66
Rumus 2 Rumus Kecepatan Pemakanan (F) .....	67
Rumus 3 Rumus Kedalaman Pemaanan (a).....	68

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi Material VCN 150.....	65
Lampiran 2. Surat Keterangan Penelitian .....	66
Lampiran 3. Hasil Pengujian.....	67
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian.....	68

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Era globalisasi merupakan era dimana perkembangan taraf hidup masyarakat semakin pesat sehingga kebutuhan semakin meningkat . Salah satu kebutuhan pokok yang tidak bisa dikesampingkan adalah alat transportasi. Hampir semua masyarakat mempunyai alat transportasi pribadi seperti sepeda motor atau mobil untuk mempermudah akses dan mengefektifkan waktu. Namun, sebagian besar bahkan hampir semua kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar minyak (BBM) yang sifatnya tidak dapat diperbaharui sehingga persediaan bahan bakar ini bisa habis dan tidak menutup kemungkinan kendaraan tersebut akan ditinggalkan masyarakat.

Teknologi mobil listrik bisa menjadi acuan yang cukup baik sebagai energi substitusi. Teknologi mobil listrik memiliki beberapa keunggulan, yaitu tidak bising, memiliki efisiensi konversi energi yang tinggi, serta mengurangi polusi karena motor listrik tidak menggunakan bahan bakar minyak. Listrik ini dapat dihasilkan dari sumber daya alam yang sifatnya dapat diperbaharui seperti angin, air, tenaga surya dan sebagainya. Mobil listrik dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak sehingga hal tersebut menjadi salah satu program pemerintah Indonesia mengenai penghematan bahan bakar dengan membatasi penggunaan premium yang berdampak dalam pencemaran polusi, karena premium merupakan hasil dari bahan bakar minyak yang dapat menimbulkan polusi.

Mobil listrik memiliki berbagai komponen (*part*) yang saling berkaitan satu sama lain. Salah satu komponen (*part*) yang paling penting adalah poros. Poros merupakan komponen yang memindahkan gerak putar dan daya. Poros ini merupakan satu kesatuan dari sistem mekanis dimana daya berpindah dari penggerak utama, seperti mobil listrik atau motor bakar ke komponen lain yang berputar (Rines, 2009).

Dalam perancangan poros harus mempertahankan syarat-syarat pada komponen poros sesuai dengan fungsinya. Adapun syarat poros adalah: 1) kuat agar mampu menahan beban puntir dan lentur, 2) material tidak mudah korosi, 3) permukaan keras agar tidak mudah aus akibat gesekan terus menerus, dan 4) permukaan halus agar koefisien gesek kecil. Poros yang biasa digunakan untuk putaran tinggi dan beban yang berat pada umumnya dibuat dari baja paduan (*alloy steel*) dengan proses pengerasan kulit (*case hardening*) sehingga tahan terhadap keausan. Beberapa diantaranya adalah baja khrom nikel, baja khrom nikel molebdenum, baja khrom, baja khrom molibden, dll (Sularso, 2002).

Baja V 155 (VCN 150) merupakan jenis baja paduan rendah kekuatan tinggi (*high strength low alloy- HSLA steel*). Baja ini merupakan golongan baja mesin (*machinery steel*). Baja V-155 mempunyai kadar sebagai berikut: 0,38% C, 0,20% Si, 0,70% Mn, 1,50% Cr, 96,79% Fe, 0,20% Mo dan 1,64% Ni. Paduan ini menjadi liat dan tahan tarikan serta tahan korosi atau karat. Oleh karena itu, baja paduan ini biasa digunakan dalam pembuatan bagian-bagian mobil seperti roda gigi, poros dan sebagainya

Proses pembuatan poros mobil listrik biasanya dikerjakan dengan proses pembubutan CNC *turning*, agar hasil benda kerja presisi dan permukaannya halus. Tahap selanjutnya adalah proses *heat treatment* atau *chemical treatment* untuk memperoleh permukaan keras sehingga tidak cepat aus. Kemudian tahap terakhir pembuatan poros adalah *finishing* pada permukaannya. Penelitian ini hanya membahas kekasaran permukaan poros pada proses CNC *turning*.

Mesin CNC memiliki berbagai proses yang mempengaruhi berbagai parameter fisis pada benda kerja, pada mesin CNC *turning* mempengaruhi struktur permukaan logam akibat dari tekanan dan panas yang terjadi pada benda kerja. Kualitas permukaan benda kerja bergantung kepada kondisi pemotongan (*cutting condition*), adapun yang dimaksud dengan kondisi pemotongan disini antara lain adalah besarnya kecepatan potong (*cutting speed*), ketebalan pemakanan (*feeding*), kedalaman pemakanan (*dept of cut*), sudut pahat (*geometry tool*), jenis pahat (*tool shape*), pendingin (*coolant*) dan sebagainya. Perubahan *setting* parameter pembubutan akan berpengaruh terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja.

Penelitian ini hanya dibatasi pada proses CNC *turning* dengan variasi kecepatan potong (*cutting speed*) dan kecepatan pemakanan (*feed rate*) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tingkat kekasaran material VCN 150. Adapun kekasaran poros menurut ISO adalah tingkat kekasaran N6 yaitu berkisar antara 0,6  $\mu\text{m}$  sampai dengan 1,2  $\mu\text{m}$  untuk itu perlu adanya penelitian untuk mengetahui parameter yang tepat untuk mendapatkan kekasaran yang sesuai sehingga peneliti

mengambil judul “Pengaruh Kecepatan Potong dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja VCN 150 Proses *CNC Turning*”

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas didapat beberapa permasalahan :

Berdasarkan latar belakang masalah di atas didapat beberapa permasalahan :

1. Untuk membuat poros mobil listrik permukaannya harus halus agar koefisien gesek kecil.
2. Kesalahan penentuan kecepatan potong (*cutting speed*) menyebabkan permukaan benda kerja menjadi kasar.
3. Kesalahan penentuan kecepatan pemakanan (*feed rate*) menyebabkan permukaan benda kerja menjadi kasar.
4. Baja VCN 150 biasa digunakan sebagai bahan pembuatan poros. Perlu adanya penelitian untuk mengetahui parameter yang tepat dalam proses pemesinan *CNC Turning* pada bahan baja VCN 150 untuk memperoleh hasil kekasaran yang optimal.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah diatas, penulis membatasi masalah yang akan dibahas pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan dengan mesin *CNC Turning Goodway GCL-2B*
2. Variasi kecepatan pemakanan yang digunakan 100 mm/menit, 200 mm/menit, 350 mm/menit, 450 mm/menit dan 550 mm/menit.

3. Kecepatan potong yang digunakan 90 m/menit, 110 m/menit, 170 m/menit dan 200 m/menit.
4. Benda kerja yang digunakan adalah baja VCN 150.
5. Kedalaman pemakanan (*dept of cut*) adalah 0,5 mm
6. Menggunakan pahat insert TNMG 160404 MA-UE Mitsubshi
7. Pengujian kekasaran permukaan menggunakan *Surface Rougness Tester Surfcoorder SE 1700*
8. Menggunakan pendingin *dromus*

#### **1.4 Rumusan Masalah**

Berdasarkan hasil identifikasi masalah dan pembatasan masalah tersebut maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan potong (*cutting speed*) terhadap tingkat kekasaran permukaan poros pada proses pembubutan material VCN 150?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan pemakanan (*feed rate*) terhadap tingkat kekasaran permukaan poros pada proses pembubutan material VCN 150?

#### **1.5 Tujuan**

Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh kecepatan potong terhadap tingkat kekasaran permukaan baja VCN 150.
2. Menganalisis pengaruh kecepatan pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan baja VCN 150.

## **1.6 Manfaat**

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberi gambaran tentang pengaruh kecepatan potong terhadap tingkat kekasaran permukaan baja VCN 150.
2. Memberi gambaran tentang pengaruh kecepatan pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan baja VCN 150.
3. Sebagai wacana dan bahan acuan bagi peneliti lanjutan dengan kajian yang sama untuk pengembangan penelitian ini.
4. Sebagai informasi kepada operator mesin untuk menghasilkan produk secara optimal

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Menurut Raul (2016: 14) dengan judul penelitian “Pengaruh Variasi Kecepatan Potong dan Kedalaman Potong pada Mesin Bubut Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja ST 41” menyimpulkan bahwa semakin besar kecepatan potong, maka semakin baik pula permukaan benda kerja yang dihasilkan. Semakin besar kedalaman pemotongan maka pembentukan tatal dari *tool* akan semakin terlihat jelas sehingga semakin kasar permukaannya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan hasil pembubutan paling halus maka dengan cara memperbesar kecepatan potong dan memperkecil kedalaman pemakanan.

Hasan dan Margianto (2017 : 1-8) pada penelitiannya yang berjudul ”Analisa Pengaruh Variasi Putaran Spindel dan Variasi Gerakan Makan Terhadap Kekasaran Permukaan Membubutan Dalam Material ST50” menyimpulkan bahwa semakin besar kecepatan potong maka semakin halus tingkat kekasaran permukaannya dan semakin besar kecepatan pemakanan maka semakin besar pula tingkat kekasaran permukaan.

Abimayu dan Nurdin (2019 : 783-789) pada penelitian yang berjudul “Pengaruh Gerak Makan dan Kecepatan Putaran Spindle Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Alumunium pada Proses Pembubutan Menggunakan Mesin Bubut Konvensional” menyimpulkan bahwa semakin besar kecepatan potong dan kecepatan pemakanan maka semakin besar pula tingkat kekasaran permukaan ( $R_a$ ).

Menurut Febriyanto, dkk. (2015 :74) dalam penelitiannya yang berjudul “*Analisis Pengaruh Cutting Speed dan Feeding Rate Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja dengan Metode Analisis Warians*” menyimpulkan bahwa semakin bertambah *cutting speed* maka hasil kekasaran permukaan benda kerja mengalami penurunan dan semakin bertambah *feeding rate* kekasaran permukaan benda kerja mengalami kenaikan

Siswanto dan Sunyoto (2018: 82-86) dengan judul penelitian “Pengaruh Kecepatan dan Kedalaman Potong pada Proses Pembubutan Konvensional terhadap Kerkasaran Permukaan Lubang” menyatakan bahwa hasil paling baik dengan nilai kekasaran paling kecil diperoleh dari kecepatan potong terbesar (125 m/menit) dan kedalaman pemakanan paling kecil (0,2 mm).

Al-Dolaimy (2016: 442-449) dengan penelitian yang berjudul “*Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness in Turning Operations*” dalam penelitiannya menyatakan bahwa kekasaran permukaan dapat diturunkan dengan memperbesar kecepatan potong dan memperkecil kedalaman pemakanan.

Abdullah, dkk. (2008: 12-21) dengan judul penelitiannya “*The Effect of Feedrate and Cutting Speed to Surface Roughness*” yang meneliti sensitivitas parameter permesinan terhadap tingkat kekasaran permukaan. Dalam penelitiannya diketahui bahwa parameter pemesinan yang mempunyai pengaruh tertinggi terhadap tingkat kekasaran adalah *feeding*, *cutting speed*, kemudian *dept of cut*.

Yasir, dkk. (2016: 2496) dengan judul penelitian "*Effect of Cutting Speed and Feed Rate on Surface Roughness of AISI 316L SS Using End-Mill*" menyimpulkan bahwa *feed rate* berkontribusi terhadap tingkat kekasaran sebesar 10,39 % dan *cutting speed* 2,1 %.

Sumardiyanto, dkk. (2018 : 1-6) dalam judul penelitiannya "*Effect of Cutting Parameter on Surface Roughness Carbon Steel S45C*" dalam hasil penelitiannya diketahui bahwa faktor-faktor yang paling mempengaruhi kekasaran permukaan adalah kecepatan spindle, *feeding*, kemudian kedalaman pemotongan. Nilai kekasaran terbaik adalah Ra 1,8  $\mu\text{m}$  didapatkan dari kecepatan spindle 600 rpm, *feeding* 130 mm/menit, dan kedalaman pemakanan 1,5 mm.

Izulu, dkk. (2014: 1) dalam penelitiannya yang berjudul "*Effect of Depth of Cut, Cutting Speed and Work-piece Overhang of induced Vibration and Surface Roughness in the Turning OF 41Cr4 Alloy Steel*" menyimpulkan bahwa kekasaran permukaan benda kerja berbanding lurus dengan kedalaman pemakanan dan kecepatan potong.

Ayodeji, dkk. (2015: 173) dalam penelitiannya yang berjudul "*Effect of Cutting Speed and Feed Rate on Tool Wear Rate and Surface Roughness in Lathe Turning Process*" menyimpulkan bahwa penambahan kecepatan potong mengakibatkan penurunan umur pahat dan kekasaran permukaan yang diperoleh.

Parphad (2015: 99-108) dalam penelitiannya yang berjudul "*The Effect of Cutting Speed and Depth of Cut on Surface Roughness During of Machining of Austempered Ductile Iron*" menyatakan bahwa pemotongan dengan kecepatan potong

dan kedalaman pemakanan tinggi dapat mengurangi biaya produksi dan menghasilkan tingkat kekasaran permukaan baik sebagai komponen permesinan.

Zurita, dkk. (2018: 111) dalam penelitiannya yang berjudul “*Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness in turning of Annealed AISI-102 Steel*” Menyimpulkan bahwa *cutting speed* merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan kemudian *feeding* dan *dept of cut*.

Elmunafi, dkk. (2015: 1-7) dalam penelitiannya yang berjudul “*Effect of Cutting Speed and Feed in Turning Hardened Stainless Steel Using Coated Carbide Cutting Tool Under Minimum Quantity Lubrication Using Castor Oil*” menyatakan bahwa kekasaran berbanding lurus dengan *feeding* dan berbanding terbalik dengan *cutting speed*.

Penelitian ini menggunakan mesin cnc *turning* dengan kombinasi variabel kecepatan potong dan kecepatan pemakanan yang mana pada penelitian sebelumnya didapatkan hasil bahwa variable ini merupakan faktor terbesar yang mempengaruhi kekasaran permukaan. Pada penelitian sebelumnya sebagian besar mengacu pada hasil terbaik atau paling halus, padahal tuntutan industri bukan hanya kualitas namun juga waktu pengerjaan untuk memperkecil biaya produksi. Sedangkan hasil paling halus tentunya membutuhkan waktu lama dalam pengerjaan. Untuk itu perlu adanya penelitian untuk mengetahui parameter terbaik agar proses pengerjaan dengan mesin bubut cnc optimal . Selain itu, setiap bahan mempunyai pengaruh yang berbeda beda, oleh karena itu peneliti mencoba mencari tahu pengaruh kekasaran pada baja VCN 150 yang merupakan salah satu baja yang biasa digunakan untuk komponen mesin.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Proses Pemesinan

Proses pemesinan adalah proses pembuangan/pemotongan sebagian bahan yang bertujuan untuk membentuk produk yang diinginkan. Proses pemesinan yang biasa dilakukan di industri manufaktur adalah proses penyekrapan (*shaping*), proses pembubutan (*turning*), proses frais (*milling*), proses gergaji (*sawing*), dan proses gerinda (*grinding*). Proses ini merupakan proses lanjutan dalam pembentukan benda kerja atau merupakan proses akhir setelah pembentukan logam yang sudah dibentuk melalui proses pengecoran atau tempa yang dipersiapkan sesuai bentuk dan ukuran mendekati benda yang akan dibuat (Pandhu dan Yunus, 2013: 57).

Syamsir (1989 : 7) menjelaskan bahwa mesin perkakas diciptakan untuk memotong logam dalam bentuk, ukuran dan kualitas permukaan yang direncanakan. Kualitas permukaan potong bergantung kepada kondisi pemotongan (*cutting condition*), adapun yang dimaksud dengan kondisi pemotongan disini antara lain adalah besarnya kecepatan potong (*cutting speed*), ketebalan pemakanan (*feeding*), dan kedalaman pemakanan (*dept of cut*). Proses pemotongan logam dibagi atas 4 kelompok, tergantung kepada:

1. Bentuk bidang potong yang dihasilkan.
2. Bentuk pahat potong (*tool shape*).
3. Sifat gerakan relatif yang diterapkan.
4. Kualitas permukaan.

Menurut Sumbodo (2008:227) mesin bubut (*turning machine*) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan mata potong pahat (*tools*) sebagai alat untuk menyayat benda kerja tersebut. Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris seperti pembuatan poros. Cara pengendalian mesin bubut dapat dilakukan dengan konvensional atau dengan komputer yaitu sistem numerik (*numerical control*) atau dengan *Computer Numerical Control* (CNC)

Tabel 2.1 perbedaan bubut konvensional dan CNC ( Sumbodo 2008: 246)

No	Kegiatan	Mesin Bubut Konvensional	Mesin Bubut CNC
1	Pengendalian	Manual	Komputer
2	Cara Kerjanya	Mudah	Sulit/Komplek
3	Hasil Kerjanya	Teliti	Sangat Teliti
4	Program	<i>Job sheet</i>	<i>Input data</i>
5	Seting Pahat	Cepat	Lama

### 2.2.2 Mesin CNC *Turning*

CNC singkatan dari Computer Numerically Controlled, merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan sistem control berbasis komputer yang mampu membaca instruksi kode N dan G (*G-kode*) yang mengatur kerja sistem peralatan mesinnya, yakni sebuah alat mekanik bertenaga mesin yang digunakan untuk membuat komponen/benda kerja. Mesin perkakas CNC merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan berbagai alat potong yang dapat membuat benda kerja secara presisi dan dapat melakukan interpolasi/sisipan yang diarahkan secara numerik (berdasarkan angka). Parameter sistem operasi/sistem kerja CNC dapat diubah

melalui program perangkat lunak (*software load program*) yang sesuai (Sumbodo, 2008: 402).

Mesin CNC merupakan mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf). Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah sinkronisasi antara komputer dan mekaniknya. Sebagai contoh: apabila pada layar monitor mesin kita tulis M03 maka spindel utama mesin akan berputar, dan apabila kita tulis M 05 maka spindel utama mesin akan berhenti berputar. Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setaraf dan sejenis, mesin perkakas CNC lebih unggul baik dari segi ketelitian (*accurate*), ketepatan (*precision*), fleksibilitas, dan kapasitas produksi (Widarto, 2008: 311).



Gambar 2.1 Mesin CNC Turning

Untuk mendapatkan kualitas benda kerja yang presisi, berkualitas sama baiknya, dalam waktu singkat dan dalam jumlah yang banyak, akan lebih mudah dikerjakan dengan mesin perkakas CNC (*Computer Numerically Controlled*) yaitu mesin yang

dapat berkerja melalui pemograman yang dilakukan dan dikendalikan melalui komputer. Mesin CNC dapat bekerja secara otomatis atau semi otomatis setelah deprogram terlebih dahulu melalui komputer yang ada (Sumbodo, 2008 : 402)

## **2.3 Pemerograman**

### **2.3.1 Pengertian Pemerograman**

Program NC sebenarnya merupakan urutan dari sejumlah perintah logis, yang disusun dalam bentuk kode-kode perintah yang dimengerti oleh unit kontrol mesin (*machine control unit*). Kode-kode perintah yang tersusun dalam urutan sedemikian rupa tersebut, secara keseluruhan merupakan satu kebulatan perintah dalam rangka pembuatan suatu produk pada suatu mesin perkakas CNC.

Biasanya program NC dibuat dalam rangka pembuatan atau proses pemesinan suatu produk menggunakan mesin perkakas yang berisi kode-kode perintah pemesinan suatu produk yang tersusun secara sistematis, terinci sesuai urutan langkah pengerjaan yang direncanakan tahap demi tahap. Kode-kode perintah tersebut terdiri dari kode atau informasi tentang perkakas sayat yang diperlukan, data-data tentang geometri produk yang akan dikerjakan, dan data tentang teknologi pemesinan (Widarto, 2008: 429).

## 2.4 Parameter Potong CNC Turning

Parameter pemotongan mesin CNC *turning* hampir sama seperti mesin CNC bubut konvensional. Parameter tersebut mempengaruhi hasil pemotongan pada benda kerja. Vadgeri, et al (2017) menyebutkan parameter penting yang mempengaruhi hasil potong antara lain kedalaman pemotongan (*dept of cut*), kecepatan pemakanan (*feeding*) dan kecepatan pemotongan (*cutting speed*) dan geometri pahat (*tool geometry*) yang meliputi *rake angle*, *approach angle*, *entering angle*, *type of insert* and *nose radius of insert*.

Menurut Prasetyo (2018: 3) bahwa pada proses pembubutan terdapat beberapa parameter seperti kecepatan pemakanan, kecepatan pemotongan, kedalaman pemotongan, geometri pahat dan rasio L/D. Semua parameter tersebut berpengaruh pada hasil akhir produk seperti kekasaran permukaan. Kesalahan penentuan parameter potong akan mengakibatkan hasil permukaan benda kerja mempunyai tingkat kekasaran tinggi. Antara parameter permesinan bubut satu sama lain saling berkaitan, jadi penentuan parameter satu akan mempengaruhi parameter lain. Untuk lebih jelasnya terdapat pada tabel 2.2 .

Tabel 2.2 Parameter Bubut untuk Pahat Karbida

Benda Kerja	Kedalaman Pemakanan		Kecepatan Pemakanan		Kecepatan Potong	
	Inc	Mm	inc/rev	mm/rev	ft/min	m/min
<b>Alumunium</b>	0.005-0.015	0.15-0.40	0.002-0.005	0.05-0.14	700-1000	215-305
	0.030-0.090	0.50-2.30	0.005-0.015	0.14-0.40	450-700	135-215
	0.100-0.200	2.55-5.10	0.015-0.030	0.40-0.75	300-450	90-135
	0.300-0.700	7.60-17.80	0.030-0.090	0.75-2.3	100-200	30-60
<b>Kuningan, Perunggu</b>	0.005-0.015	0.15-0.40	0.002-0.005	0.05-0.14	700-800	215-245
	0.030-0.090	0.50-2.30	0.005-0.015	0.14-0.40	600-700	185-241
	0.100-0.200	2.55-5.10	0.015-0.030	0.40-0.75	500-600	50-185
	0.300-0.700	7.60-17.80	0.030-0.090	0.75-2.3	100-200	60-120
<b>Besi Tuang medium</b>	0.005-0.015	0.15-0.40	0.002-0.005	0.05-0.14	350-450	105-135
	0.030-0.090	0.50-2.30	0.005-0.015	0.14-0.40	250-350	75-105
	0.100-0.200	2.55-5.10	0.015-0.030	0.40-0.75	200-250	60-75
	0.300-0.700	7.60-17.80	0.030-0.090	0.75-2.3	200-400	25-45
<b>Baja Mesin</b>	0.005-0.015	0.15-0.40	0.002-0.005	0.05-0.14	700-1000	215-305
	0.030-0.090	0.50-2.30	0.005-0.015	0.14-0.38	550-700	170-215
	0.100-0.200	2.55-5.10	0.015-0.030	0.40-0.75	400-550	120-170
	0.300-0.700	7.60-17.80	0.030-0.090	0.75-2.3	150-300	45-90
<b>Baja Perkakas</b>	0.005-0.015	0.15-0.40	0.002-0.005	0.05-0.14	500-750	150-230
	0.030-0.090	0.50-2.30	0.005-0.015	0.14-0.40	400-500	120-150
	0.100-0.200	2.55-5.10	0.015-0.030	0.40-0.75	300-400	90-120
	0.300-0.700	7.60-17.80	0.030-0.090	0.75-2.3	100-300	30-90
<b>Baja Tahan Karat</b>	0.005-0.015	0.15-0.40	0.002-0.005	0.05-0.14	275-500	115-150
	0.030-0.090	0.50-2.30	0.005-0.015	0.14-0.40	300-375	90-115
	0.100-0.200	2.55-5.10	0.015-0.030	0.40-0.75	250-300	75-90
	0.300-0.700	7.60-17.80	0.030-0.090	0.75-2.3	75-175	25-55
<b>Paduan Titanium</b>	0.005-0.015	0.15-0.40	0.002-0.005	0.05-0.14	300-400	90-120
	0.030-0.090	0.50-2.30	0.005-0.015	0.14-0.40	200-300	60-90
	0.100-0.200	2.55-5.10	0.015-0.030	0.40-0.75	175-200	55-60
	0.300-0.700	7.60-17.80	0.030-0.090	0.75-2.3	50-125	15-40

(Syamsir, 1989: 76)



Gambar 2.2 Pahat *Insert TMNG 16 Iscar* dan ketentuan pemotongan

Tabel 2.3 Kode Material

Kode	Material
<b>P</b>	<i>Non-alloy steel and cast steel</i> <i>Low-alloy steel and cast steel</i> <i>High-alloy steel and cast steel</i> <i>Stainless steel and cast steel (ferritic/martensitic)</i>
<b>M</b>	<i>Stainless steel (austenitic)</i>
<b>K</b>	<i>Grey cast iron Ductile cast iron</i> <i>Nodular cast iron (ferritic/perlitic)</i>
<b>N</b>	<i>Non-ferrous metals</i> <i>Aluminium and aluminium alloys</i>
<b>S</b>	<i>Superalloys</i> <i>Titanium and titanium alloys</i>
<b>H</b>	<i>Hard cast iron</i> <i>Hardened steel</i>

Pemilihan pahat harus sesuai dengan material, agar penyayaan bisa dilakukan oleh tool dengan mudah. Material yang digunakan adalah VCN 150 yang termasuk

golongan *low alloy steel* atau dengan kode “P” sehingga standard ISO material P adalah sebagai berikut:

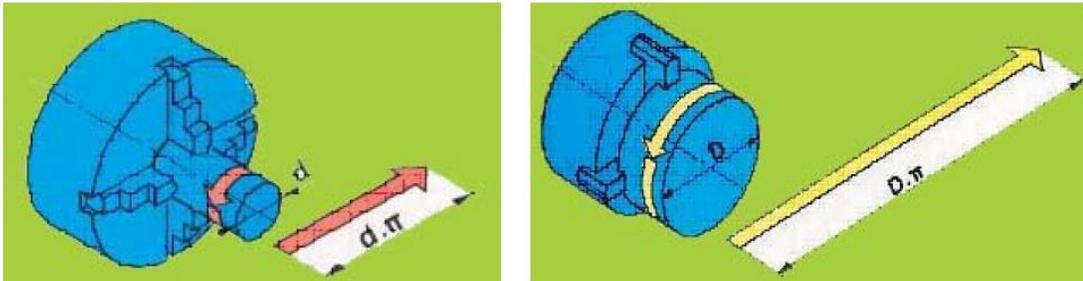
Tabel 2.4 Standard Pemotongan Material ISO P

Vc (m/menit)	f (mm/rev)
110-160	0.14-0,28

#### 2.4.1 Kecepatan Pemotongan (*Cutting Speed*)

Kecepatan potong ( $V_c$ ) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman menghasilkan tatal dalam satuan panjang /waktu (m/menit atau feet/menit). Pada gerak putar seperti mesin bubut, kecepatan potong ( $V_c$ ) adalah keliling kali putaran atau  $\pi \times d \times n$ ; di mana  $d$  adalah diameter benda kerja dalam satuan milimeter dan  $n$  adalah kecepatan putaran benda kerja dalam satuan putaran/menit (rpm). (Sumbodo, 2008: 260). Besar kecepatan potong berbanding lurus dengan kecepatan putar spindel, semakin besar kecepatan potong semakin besar pula kecepatan putar spindel. Dari berbagai parameter potong, parameter inilah yang paling berpengaruh terhadap tingkat kekasaran permukaan (Kumar, 2016: 109). Dalam baja VCN 150 sebagai bahan penelitian ini, untuk mendapatkan permukaan yang baik disarankan untuk memperkecil kecepatan potong (Sadat, 2013: 1)

Menurut Syamsir (1989) nilai kecepatan potong untuk setiap jenis bahan sudah ditetapkan secara baku. Pada pahat karbida kecepatan potong ditentukan pada Tabel 2.4, maka komponen yang bisa diatur dalam proses penyayatan adalah putaran mesin/benda kerja.



Gambar 2.3 Panjang permukaan benda kerja yang dilalui pahat setiap putaran  
(Widarto, 2008: 146)

Dengan demikian rumus untuk menghitung putaran menjadi:

$$n = \frac{V_c}{\pi \times d} \dots \dots \dots (1)$$

Karena satuan  $V_c$  dalam meter/menit sedangkan satuan diameter pisau/benda kerja dalam millimeter, maka rumus menjadi :

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times d} \text{ atau } V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \dots \dots \dots (2)$$

Kecepatan potong yang digunakan adalah 200 m/menit sehingga dapat ditentukan putaran per menit (rpm) sebagai berikut:

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{135 \times 1000}{3,14 \times 25,4}$$

$$n = \frac{135000}{79,756}$$

$$n = 1629,66 \text{ rpm} \sim 1600 \text{ rpm}$$

Dengan demikian kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja. Selain kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja faktor bahan benda

kerja dan bahan pahat sangat menentukan harga kecepatan potong. Pada dasarnya pada waktu proses bubut kecepatan potong ditentukan berdasarkan bahan benda kerja dan pahat. Harga kecepatan potong sudah tertentu, misalnya untuk benda kerja baja mesin dengan pahat karbrida, kecepatan potongnya antara 170 sampai 215 m/menit seperti pada tabel 2.4 dan tabel 2.5 . Peneliti mengambil variasi kecepatan potong berdasar pada tabel tersebut dengan variasi 140 m/menit, 160 m/menit, 200 mm/menit, 220 m/menit dan 240 m/menit.

Tabel 2.5 Kecepatan Potong untuk Beberapa Jenis Bahan

Bahan	Pahat HSS		Pahat Karbrida	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar
<b>Baja Perkakas</b>	75-100	25-45	185-230	110-140
<b>Baja Karbon Rendah</b>	70-90	25-40	170-215	90-120
<b>Baja Karbon Menengah</b>	60-85	20-40	140-185	75-110
<b>Besi Cor Kelabu</b>	40-45	25-30	110-140	60-75
<b>Kuningan</b>	85-110	45-70	180-215	120-150
<b>Alumunium</b>	70-110	30-45	140-215	60-90

(Sumbodo, 2008 : 302)

#### 2.4.2 Kecepatan Pemakanan (*Feeding*)

Kecepatan pemakanan (*Feeding*) adalah jarak tempuh gerak maju pisau/benda kerja dalam satuan *millimeter permenit* atau *feet permenit*. Pada gerak putar, kecepatan pemakanan,  $f$  adalah gerak maju alat potong dalam  $n$  putaran benda kerja per menit (Widarto, 2008 :146). *Feeding* merupakan salah satu parameter yang berperan penting terhadap tingkat kekasaran permukaan (Bordin, dkk. 2014: 219).

Pada penelitian ini *feeding* sebagai variabel bebas. Penentuan besarnya *feeding* berdasar pada tabel 2.4. Pada material VCN 150 yang merupakan baja mesin

besarnya *feeding* antara 0,18 mm/rev sampai 0,4 mm/rev. Sedangkan menurut standard ISO P besarnya *feeding* antara 0,18 mm/rev sampai dengan 0,39 mm/rev. Sehingga batasan *feed rate* ( $V_f$ ) menurut ketentuan adalah:

$$F = n \cdot f \dots\dots\dots(3)$$

$$= 1600 \text{ (rev/menit) } \cdot 0.14 \text{ (mm/rev)}$$

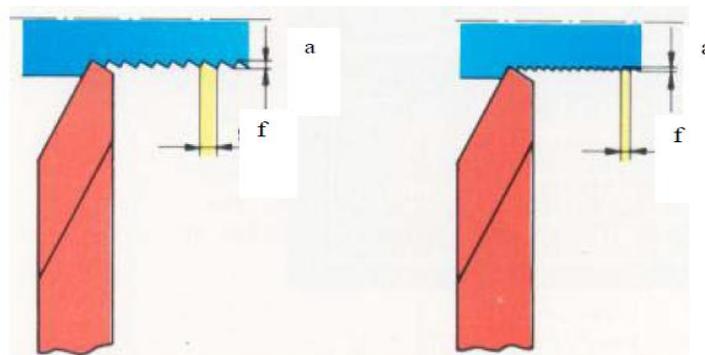
$$= 224 \text{ (mm/menit)}$$

$$F = n \cdot f \dots\dots\dots(4)$$

$$= 1600 \text{ (rev/menit) } \cdot 0.28 \text{ (mm/rev)}$$

$$= 448 \text{ (mm/menit)}$$

Dari perhitungan diatas diketahui batasan *feed rate* yaitu antara 224 mm/menit sampai 448 mm/menit. Peneliti menentukan *feed rate* yang digunakan adalah 350 mm/menit sebagai spesimen kontrol yang diambil dari nilai tengah batasan yang sudah ditentukan. Sedangkan variasi yang digunakan 2 diatas dan 2 dibawah dari tabel yang ditentukan yaitu 100 mm/menit, 200 mm/menit, 450 mm/menit, dan 550 mm/menit.



Gambar 2.4 Gerak makan ( $f$ ) dan kedalaman potong ( $a$ ) (Widarto, 2008: 146)

### 2.4.3 Kedalaman Pemakanan (*Dept of Cut*)

Kedalaman potong (*depth of cut*) adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong (lihat Gambar 2.3). Ketika pahat memotong sedalam  $a$ , maka diameter benda kerja akan berkurang  $2a$ , karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar.

$$a = \frac{d_o - d_m}{2} \dots\dots\dots(5)$$

Menurut Syamsir (1989: 76) besar kedalaman potong pada VCN 150 yang merupakan baja mesin dengan pahat karbida sudah ditentukan dalam tabel 2.4. Kedalaman potong yang digunakan adalah 0,5 – 2,3 mm . Oleh karena itu peneliti menyukan kedalaman potong sebagai variabel kontrol dengan diambil dari kisaran tabel kedalaman pemakanan yang ditentukan yaitu 0,5 mm. Dari teori tersebut dapat diketahui bahwa parameter yang disarankan oleh supplier pahat insert terhadap \material VCN 150 yang digunakan sebagai bahan penelitian adalah sebagai berikut :

<b>Kecepatan Potong</b>	<b>Kecepatan Pemakanan</b>	<b>Kedalaman Pemakanan</b>
<b>110 -160 (m/menit)</b>	224 – 448 (mm/menit)	0,5 – 2,3 (mm)

## 2.5 Alat Potong

### 2.5.1 Pengertian

Syamsir (1989) menjelaskan bahwa alat potong adalah alat/pisau yang digunakan untuk menyayat produk/benda kerja. Dalam pekerjaan pembubutan salah

satu alat potong yang sering digunakan adalah pahat bubut. Jenis bahan pahat bubut yang banyak digunakan di industri-industri dan bengkel-bengkel antara lain baja karbon, HSS, karbida, *diamond* dan keramik. Adapun elemen yang berperan penting dalam pembentukan logam yaitu :

1. Pahat Potong (*cutting tool*)
2. Pemegang Pahat (*tool holder*)
3. Benda Kerja (*work piece*)
4. Pemegang benda kerja (*work holder clamping system*).

### **2.5.2 Klasifikasi pahat**

Pahat-pahat potong dirancang dengan mata potong yang tajam untuk memperkecil bidang bidang kontak gesekan antara pahat potong dan benda kerja serta memperkecil gaya potong yang diperlukan. Pahat potong menurut jumlah mata potongnya dibedakan dua jenis, yaitu :

1. Pahat potong bermata tunggal (*single point cutting tools*)

Pahat bermata tunggal merupakan pahat yang memiliki mata potong satu atau tunggal. Pemakaiannya meliputi *turning process* maupun *reciprocating*.

2. Pahat potong bermata ganda (*multiple point cutting tools*)

Pahat bermata ganda merupakan pahat yang memiliki mata potong lebih dari satu. Biasanya digunakan pada proses *frais*, *drill* dan lainnya. Sedangkan pahat potong menurut material dibedakan menjadi pahat carbon, pahat HSS, pahat karbida, pahat keramik dan patat intan. Sedangkan pahat yang biasa digunakan pada mesin CNC adalah jenis pahat karbida. (Syamsir, 1989)

Pahat Karbida merupakan pahat yang dibuat dari campuran antara karbida dan kobalt. Karbida mendapatkan kekerasan mereka dari biji-bijian tungsten dan ketangguhan mereka dari ikatan ketat yang dihasilkan oleh aksi penyemenan dari logam tersebut kekerasannya sekitar 89 – 94 HRC. Ketahanan aus dan ketangguhan (*resistensi shock*) dari karbida dapat diubah dengan memvariasikan jumlah kekerasan kobalt. Pahat jenis ini lebih unggul dibandingkan dengan pahat HSS, karena pahat ini memiliki ketangguhan dan ketahanan terhadap abrasi serta keausan. Selain itu, resistensi terhadap deformasi termal/perubahan bentuk karena panas, juga cukup baik. (Iskandar, 2016: 10)

### **2.5.3 Pahat Insert**

Pada mesin bubut CNC pahat yang umum digunakan adalah pahat insert karbida yang diklrm/ dibaut pada holder. Karena karbida terbuat dari bahan yang keras sehingga mampu untuk digunakan putaran tinggi pada mesin CNC. Selain itu pahat *insert* mempunyai spesifikasi khusus kekerasan, ukuran, sudut presisi sehingga hasil pembubutan menjadi presisi pula. Pahat bubut sisipan (*inserts*) biasanya dipasang pada pemegang pahat (*tool holders*)



Gambar 2.5 Holder dan Insert

### 2.3.4 Geometri Pahat

Menurut Widarto (2008:147) geometri/bentuk pahat bubut terutama tergantung pada material benda kerja dan material pahat. Terminologi standar ditunjukkan pada pahat bermata potong tunggal, sudut pahat yang paling pokok adalah sudut beram (*rake angle*), sudut bebas (*clearance angle*), dan sudut sisi potong (*cutting edge angle*).

### 2.6 Baja

Utami (2008: 10) menyatakan bahwa baja merupakan besi yang mempunyai kandungan karbon (C) antara 0,02 - 2,11 %. Suarsana (2017 : 32) mengkasifikasikan jenis- jenis baja antara lain:

1. Menurut penggunaannya; baja konstruksi, baja mesin, baja pegas, baja ketel, baja perkakas, dan lainnya.
2. Menurut kekuatannya ; baja kekuatan lunak, baja kekuatan tinggi
3. Menurut komposisi kimianya; baja karbon, baja paduan rendah, baja paduan tinggi, dan lainnya. Berikut baja karbon menurut komposisi kimianya :

1) *Low carbon steel*

Baja ini memiliki kadar karbon sampai 0,2 %, sangat luas penggunaannya, sebagai baja konstruksi umum, untuk baja profil rangka bangunan, baja tulangan beton, rangka kendaraan, mur baut, pelat, pipa dan lain-lain. Baja ini kekuatannya relatif rendah, lunak, tetapi keuletannya liuggi, mudah dibentuk dan dimachining. Baja ini tidak dapat dikeraskan.

2) *Medium carbon steel*

Baja ini memiliki kadar karbon 0,25-0,55 %, lebih kuat dan keras, dan dapat dikeraskan. Penggunaannya hampir sama dengan low carbon steel, digunakan untuk yang memerlukan kekuatan dan ketangguhan yang lebih tinggi. Juga banyak digunakan sebagai baja konstruksi mesin, untuk poros, roda gigi, dan lainnya.

3) *High carbon steel*

Baja ini memiliki kadar karbon lebih dari 0,55 %, lebih kuat dan lebih keras lagi, tetapi keuletan dan ketangguhannya rendah. Baja ini terutama digunakan untuk perkakas, yang biasanya memerlukan sifat tahan aus, misalnya untuk mata bor, hamer, tap dan perkakas tangan yang lain.

4) *Low alloy steel*

Baja paduan dengan kadar unsur paduan rendah (kurang dari 10 %), mempunyai kekuatan dan ketangguhan lebih tinggi daripada baja karbon dengan kadar karbon yang sama atau mempunyai keuletan lebih tinggi daripada baja karbon dengan kekuatan yang sama. Hardenability dan sifat tahan korosi pada umumnya lebih baik. Banyak digunakan sebagai baja konstruksi mesin.

### 5) *High alloy steel*

Baja paduan dengan kadar unsur paduan tinggi, mempunyai sifat khusus tertentu, baja tahan karat (*stainless steel*), baja perkakas (*tool steel*, misalnya *High Speed Steel* atau HSS), baja tahan panas (*heat resisting steel*) dan lain-lain.

## 2.7 Baja VCN 150

VCN 150 merupakan nama dari jenis material baja yang artinya *Vanadium Carbon Nickel* dengan kekuatan tarik maksimal 150 N/m<sup>2</sup>. Baja ini merupakan produk baja paduan rendah kekuatan tinggi (*High strength low Alloy- HSLA steel*) keluaran Bohler yaitu yang ekuivalen dengan standard Europe EN 25 atau jermannya DIN 34cr. Sedangkan perbedaan VCN dan material lainnya adalah terletak pada kandungan Cr nya yang lebih tinggi sehingga tahan terhadap karat (Herlina, 2016).

Bahan penelitian ini adalah baja V-155 (VCN 150) yang mana baja ini termasuk dalam golongan *machinery steel* (baja mesin). Baja V-155 mempunyai kadar sebagai berikut:

Tabel 2.6 Komposisi VCN 150

C	Si	Mn	Cr	Fe	Mo	Ni
0,38 %	0,20%	0,70%	1,50%	96,79 %	0,20%	1,64%

(Grade Bohler PT. Bohlindo Baja)

## 2.8 Kekasaran Permukaan

### 2.8.1 Pengertian

ISO 1302 - 1978 yang dimaksud dengan kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil. Definisi ini digunakan

untuk menentukan harga dari rata-rata kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan dari bagian-bagian mesin dan juga bekas pengerjaannya merupakan faktor yang sangat penting untuk menjamin mutu bagian-bagian, seperti misalnya suaian atau ketahanan, maupun tampak dari bagian-bagian. Penunjukan konfigurasi permukaan yang mencakup kekasaran permukaan, arah bekas pengerjaan dan sebagainya, diperlukan untuk menjamin tujuan-tujuan diatas. Perincian konfigurasi permukaan tidak diperlukan jika proses pembuatan biasa dapat menjamin pengerjaan akhir yang dapat diterima.

Dalam proses pemesinan (*machining process*), kekasaran permukaan (*surface roughness*) merupakan sifat yang penting, karena sifat ini menentukan kualitas produk yang dihasilkan. Kekasaran permukaan merupakan sifat permukaan suatu benda yang dapat dirasakan oleh indera. Pada industri pemesinan, pengukuran sifat permukaan sangat diperlukan, terutama yang bergerak dibidang produksi. Elemen-elemen mesin seperti poros, pasak dan sebagainya memerlukan pengukuran untuk menentukan nilai kekasaran permukaan, selain toleransi pengukuran dan presisinya.

Kekasaran permukaan adalah salah satu sifat bahan yang sangat penting dan dapat dirasakan oleh indera kita. Pada industri permesinan, pengukuran terhadap permukaan sangat penting terutama yang bergerak dalam bidang produksi. Elemen-elemen mesin seperti poros, lubang pasak, dan sebagainya memerlukan pengukuran yang teliti untuk menentukan nilai kekasaran permukaan, disamping toleransi ukuran dan posisinya.

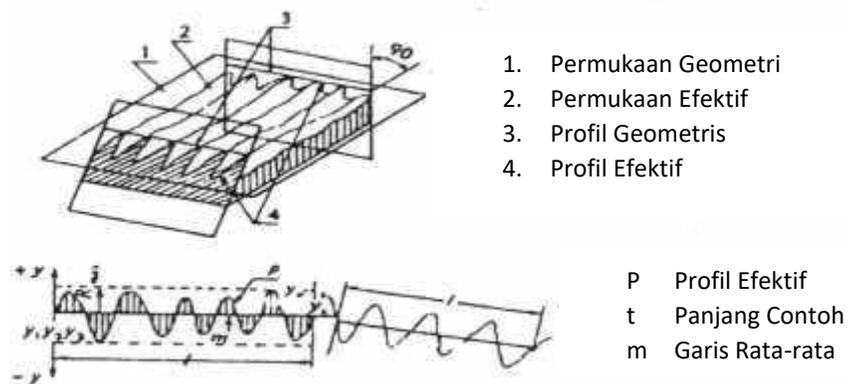
Kekasaran permukaan dapat dinyatakan dalam beberapa cara. Terutama sekali

dipergunakan “penyimpangan rata-rata aritmetik dan garis rata-rata profil”, sesuai perkembangan alat ukur dan persyaratan rencana. Dibeberapa negara dipakai “sepuluh titik ketinggian  $R_z$ , dari ketidakrataan” dan “ketinggian maksimum  $R_{max}$  dari ketidakrataan” secara konvensional.

Ketentuan-ketentuan dari tiga macam kekasaran permukaan nilai-nilai numeriknya digariskan dalam ISO/R 468-1966, yaitu :

#### 2.7.1.1 Kekasaran atau penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil.

Kekasaran rata-rata  $R_a$  adalah harga rata-rata ordinat-ordinat profil efektif garis rata-ratanya. Profil efektif berarti garis bentuk dari potongan permukaan efektif oleh sebuah bidang yang telah ditentukan secara konvensional, terhadap permukaan geometris ideal.



Gambar 2.5 Penyimpangan rata-rata aritmetik  $R_a$  dari garis rata-rata profil

(Sato, 2008)

Tabel 2.9 Nilai Kekasaran (Munadi, 1998 : 230)

Angka Kelas	Harga	Harga	Toleransi	Panjang
-------------	-------	-------	-----------	---------

Kekasaran	Kekasaran $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	C.L.A ( $\mu\text{m}$ )	+50% -25%	Sampel (mm)
N12	50	2000	37,5 - 75,0	8
N11	25	1000	18,75 - 37,5	
N10	12,5	500	9,6 - 18,75	2,5
N9	6,3	250	4,8 - 9,6	
N8	3,2	125	2,4 - 4,8	0,8
N7	1,6	63	1,2 - 2,4	
N6	0,8	32	0,6 - 1,2	
N5	0,4	16	0,3 - 0,6	
N4	0,2	8	0,15-0,3	
N3	0,1	4	0,08 - 0,15	0,25
N2	0,05	2	0,04 - 0,08	
N1	0,025	1	0,02 - 0,04	0,08

Tabel 2.10 Tingkat Kekasaran Rata-Rata Permukaan Menurut Proses Pengerjaannya (Munadi, 1988: 230)

Proses Pengerjaan	Selang (N)	Harga $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )
<i>Flat and cylindrical lapping,</i>	N1 - N4	0.025 - 0.2
<i>Superfinishing Diamond Turning</i>	N1 - N6	0.025 - 0.8
<i>Flat cylindrical grinding</i>	N1 - N8	0.025 - 3.2
<i>Finishing</i>	N4 - N8	0.1 - 3.2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming</i>	N5 - N12	0.4 - 50.0
<i>Drilling</i>	N7 - N10	1.6 - 12.5
<i>Shapping, planing, horizontal milling</i>	N6 - N12	0.8 - 50.0
<i>Sandcasting and forging</i>	N10 - N11	12.5 - 25.0
<i>Extruding, cold rolling, drawing</i>	N6 - N8	0.8 - 3.2
<i>Die Casting</i>	N6 - N7	0.8 - 1.6

## 2.7.2 Pengukuran Kekasaran

Pengukuran permukaan dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu: pengukuran permukaan secara tak langsung atau membandingkan dan pengukuran permukaan secara langsung.

### 2.7.2.1 Pengukuran secara tidak langsung

Dalam pemeriksaan permukaan secara tidak langsung atau membandingkan ini ada beberapa cara yang bisa dilakukan, antara lain yaitu dengan meraba (*touch*

*inspection*), dengan melihat/mengamati (*visual inspection*), dengan menggaruk (*scratch inspection*), dengan mikroskop (*microscopic inspection*) dan dengan potografi permukaan (*surface photographs*).

### **2.7.2.2 Pengukuran kekasaran secara langsung**

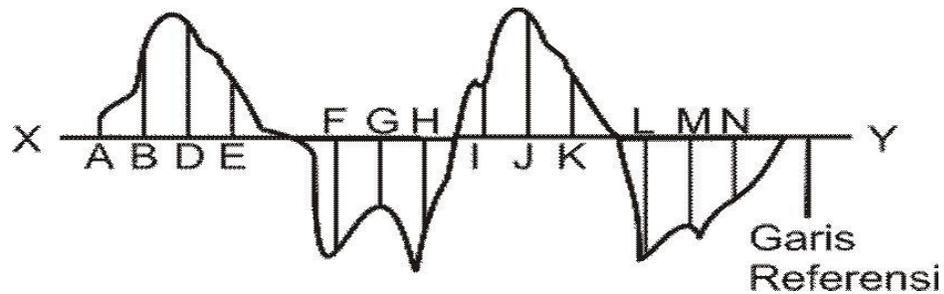
Pengukuran kekasaran permukaan secara langsung adalah dengan menggunakan peralatan yang dilengkapi dengan peraba yang disebut *stylus*. *Stylus* merupakan peraba dari alat ukur kekasaran permukaan yang bentuknya konis atau piramida. Bagian ujung dari *stylus* ini ada yang berbentuk rata dan ada pula yang berbentuk radius. Untuk ujung *stylus* yang berbentuk radius, jari-jari keradiusannya biasanya sekitar 2  $\mu\text{m}$ .

Pergeseran *stylus* menunjukkan perubahan yang dialami oleh *stylus* karena permukaan yang tidak halus akan nampak pada kertas grafik dari peralatan ukurnya karena perubahan ini terekam secara otomatis. Dengan adanya bagian pembesar pada peralatan ukurnya (*amplifier*) kekasaran permukaan yang tidak jelas dilihat dengan mata akan nampak lebih jelas tergambar pada kertas di bagian *rekorder* (perekam) jalannya *stylus*. Beberapa peralatan ukur permukaan yang menggunakan *stylus* ini antara lain adalah *profilometer*, *The Tomlinson Surface Meter* dan *The Taylor-Hobson Taysurf*.

#### **1) Pengukuran kekasaran permukaan dengan *profilometer***

Sistem kerja dari *profilometer* pada dasarnya sama dengan prinsip peralatan *gramophone*. Alat yang sering digunakan adalah *Surface Roughness Tester*. Perubahan gerakan *stylus* sepanjang muka ukur dapat dibaca pada bagian *amplimeter*.

Gerakan *stylus* bisa dilakukan dengan tangan dan bisa secara otomatis dengan yang dilakukan oleh motor penggerakannya. Angka yang ditunjukkan pada bagian skala adalah angka tinggi rata-rata dari kekasarannya. Sebagai contoh hasil pemeriksaan permukaan dengan *profilometer* dapat dilihat sampel pengukuran berikut ini.



Gambar 2.8 Pengukuran kekasaran dengan *profilometer*

(Munadi, 1989 :243)

Misalnya :

Tabel 2.11 Contoh Pengukuran Kekasaran

A	B+	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
5	15	21	16	29	19	26	18	29	12	20	16	5

Jumlah puncak dan lembah yaitu jumlah dari titik A sampai dengan titik M adalah = 231. Sedangkan jumlah kuadratnya adalah = 4863. Jadi, harga rata-rata kekasaran aritmetis adalah  $231/13 = 17.7$  microinch. Sedangkan harga kekasaran rata-rata kuadratis adalah  $4863/13 = 19.3$  microinch.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Proses pembubutan pada baja VCN 150 dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin tinggi kecepatan potong (*cutting speed*) maka semakin rendah nilai kekasaran permukaannya dan nilai kekasaran terendah adalah kecepatan potong 200 m/menit dan kecepatan pemakanan 350 mm/menit yaitu 1,336  $\mu\text{m}$ .
2. Semakin tinggi kecepatan pemakanan (*feed rate*) maka semakin tinggi pula nilai kekasaran permukaannya dan nilai kekasaran terendah adalah kecepatan pemakanan 200 mm/menit dan kecepatan potong 135 m/menit yaitu 1,192  $\mu\text{m}$ .

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka pada penelitian selanjutnya sebaiknya memperhatikan beberapa saran berikut ini:

- 1 Untuk pembubutan VCN 150 sebaiknya menggunakan variasi kecepatan potong tertinggi yaitu 200 m/menit karena menghasilkan nilai kekasaran paling paling baik yaitu 1,336  $\mu\text{m}$ .
- 2 Untuk pembubutan VCN 150 sebaiknya menggunakan variasi kecepatan pemakanan terendah karena menghasilkan nilai kekasaran paling rendah yaitu 1,192  $\mu\text{m}$ .

3. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan pahat yang *finishing* dan menggunakan parameter sesuai tabel yang ditentukan untuk mendapatkan hasil yang lebih halus
4. Penelitian selanjutnya bisa dilakukan penelitian tentang bentuk pahat, jenis pahat, sudut atau radius mata pahat karena berpengaruh terhadap kekasaran permukaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. B. Chiya, L.Y dan Samad, Z. 2008. *The Effect of Feedrate and Cutting Speed to Surface Rougness. Asian Journal of Scientific Research Vol 1 [1]1 : 2008 :12-21.*
- Abimayu, Dimas dan Nurdin, Hendri. 2019. *Pengaruh Gerak Makan dan Kecepatan Putaran Spindle Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Alumunium pada Proses Pembubutan Menggunakan Mesin Bubut Konvensional. Jurnal Of Multidisiplinary Research and Development.*
- Al-Dolaimy, Kholid Ahmad. 2016. *Effect of Cutting Parameters on Surface Rougness in Turning Operations. Al-Qadisiyah Journal For Engineering Sciences Vol 9[4] : 2016 : 442-449.*
- Ayodeji, O.O., Abolarin, M.S., Yisa, J.J., Olaoluwa, P.S. dan Kehinde A.C.. 2015. *Effeck of Cutting Speed and Feed Rate on Tool Wear Rate and Surface Rougness in Lathe Turning Process. International Journal of Engineering Trends and Technology Vol22 [4].*
- Bordin, Bruschi, S., Ghiotti, A.. 2014. *The Effect of Cutting Speed and Feed Rate on the Surface Integrity in Dry Turning of CoCrMo Alloy. Elsevier : vol.2*
- Elmunafi, M.H.S., Yusof, N.M., Kurniawa, D.. 2015. *Effect of cutting speed and feed in turning hardened stainless steel using coated carbide cutting tool under minimum quantity lubrication using castor oil. Advanced in Mechanical Engineering 7(8) : 1-7*
- Febriyanto, R.T.V., Sutrisno, A. dan Poeng, R. 2018. *Analisis Pengaruh Cutting Speed dan Feeding Rate Terhadap Kekasaran Permuikaan Benda Kerja dengan Metode Analisis Warians. Jurnal Online Poros Teknik Mesin Vol 4 [3].*
- Hasan, M., Hartono, P., & Margianto, M.. 2017. *Analisa Pengaruh Variasi Putaran Spindel dan Variasi Gerakan Makan Terhadap Kekasaran Permukaan Pembubutan Dalam Material ST50. Jurnal Teknik Mesin. 5(01)*
- Herlina, F., M. Firman, dan M. Najib. 2016. *Analisa Uji Kekerasan Baja VCN 150 Pada Poros Baling-Baling Pisau Mesin Crusher. Jurnal Teknik Mesin UNISKA 1(2): 26-32.*
- Iskandar, W. dan Supriyono 2016. *Analisa Teoritis Kebutuhan Daya Mesin Bubut Gear Head Turred. SKRIPSI. Universitas Muhammadiyah Surakarta*

- Izelu, C.O., Eze, S.C. dan Edward, B.A.. 2014. *Effect of Dept of Cut, Cutting Speed and Work-piece Overhang of induced Vibration and Surface Rougness in the Turning OF 41Cr4 Alloy Steel. International of Journal Emerging Technology and Advanced Engineering Vol 4*[1]
- Kumar, Niraj dan Kumar, Punit. 2016. *Effect of Milling Parameters on Surface Roughness and Dry Friction: An Experimental and Modeling Study. American Journal of Mechanical and Industrial Engineering (8) : 64-69*
- Lubis, S. Y., Christian, A.. 2016 *Pengaruh Kecepatan Potong Pada Proses Pembubutan terhadap Surface Rougness dalam Topografi Permukaan Alumunium Alloy. Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI X) 2016.*
- Lubis, S. Y., Rosehan dan Rico, W.. 2019 *Pengaruh Cutting Speed Terhadap Kekasaran Permukaan Bahan Allumunium Alloy 6061 pada Proses Pembubutan. SEMNASTEK UISU 2019*
- Lubis, S.Y., Siahaan, E., Brian, K.. 2016. *Pengaruh Kecepatan Potong pada Proses Pembubutan terhdap Surface Roughness dan Topografi Permukaan Material Allumunium Alloy. Artikel: Teknik Mesin Universitas Tarumanagara.*
- Muin, Syamsir A. 1989. *Dasar-Dasar Perancangan Perkakas dan Mesin-Mesin Perkakas. Jakarta : Rajawali.*
- Munadi, Sudji. 1988. *Dasar-Dasar Metrologi Industri. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.*
- Parphad, P.. 2015. *The Effect of Cutting Speed and Dept of Cut on Surface Rougness During of Machinning of Austempered Ductile Iron Vol 68 [1] : 99-108.*
- Prasetyo, Hendra Eko. 2018. *Analisa Pengaruh Cairan Pendingin Terhadap Kekerasan dan Kelurusan Baja AISI 1045 pada Proses Mesin Computer Numerical Control (CNC). Simki-Techsain 2 (3) : 3.*
- Prasetyo, M.H. dan Irfa'I, M.A.. 2016. *Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel, dan Kedalaman Pemaknan Terhadap Tingkt Kekasaran Permukaan Baja S45C dengan Menggunakan Software Mastercam pada Mesin Mori Seiki CL2000. Jurnal Teknik Mesin 3[1] : 141-146.*
- Putra, I. E., & Adil, R.. 2016. *Pengaruh Kecepatan Asutan dan Kedalaman Potong Terhadap Kekasaran Permukaan Aluminium pada Bubut CNC TU-2A. Jurnal Momentum. 18(1)*

- Raul, Widiyanti dan Poppy. 2016. *Pengaruh Variasi Kecepatan Potong dan Kedalaman Potong pada Mesin Bubut Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja ST 41*. Jurnal Teknik Mesin Tahun 24 (1): 3.
- Sadat, A. B. 2013. *Effect of Hit Cutting Speed on Surface Integrity of AISI 4340 Steel During Turning*. *Material science and Tecnology*. Vol 6 (2)
- Sato, G. T dan Hartanto, N.S. 2013. *Menggambar Teknik Sesuai Standard ISO*. Jakarta: 2013.
- Siswanto, B. dan Sunyoto. 2018. *Pengaruh Kecepatamn Potong dan Kedalaman Potong pada Proses Pembubutan Konvensional Terhadap Kekasaran Permukaan Lubang*. Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin 3 (2) : 82-86
- Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sumardiyanto, D., Susilowati,S.E., Cahyo, A.. 2018. *Effect of Cutting Parameter on Surface Roughness Crbon Steel S45C*. *Journal of Mechanical Engineering and Automaion* 8 [1] : 1-6.
- Sumbodo,W. 2008. *Teknik Produksi Mesin Industri*. Jakarta: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.
- Utami, Sri. 2008. *Ketahanan Material Baja Sebagai Struktur bangunan Terhadap Kebakaran*.
- Vadgeri, S.S., Patil, S.R., Chavan, S.T.. 2017. *Static and Fatigue Analysis of Lathe spindle for Maximum Cutting Force*. Elsevier : 1-7
- Widarto. 2008. *Teknik Permesinan*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Nasional.
- Yasir, M., Ginta, T.L., Ariwahjoedi, B., Alkali, A. U. dan Danish, M. dkk.. 2016. *Effect of Cutting Speed and Feed Rate on Surface Roughness of AISI 316L SS Using End-Mil*. *ARPNS Journals*.
- Zurita, O., Di-Graci, V., Capace, M.. 2018. *Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness in turning of Annealed AISI-102 Steel*. *Revista Facultad De Ingenieria* Vol 27 [47].