



**PENGARUH MEDIA PENDINGIN DAN KECEPATAN
SPINDEL TERHADAP TINGKAT KEKASARAN
PROSES *CNC TURNING* PADA ALUMINIUM
DAUR ULANG**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

Oleh

Sabbara Luxmana Irjayanti

NIM.5201415052

**PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Sabbara Luxmana Irjayanti

NIM : 5201415052

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Judul : Pengaruh Media Pendingin dan Kecepatan Spindel terhadap
Tingkat Kekasaran Proses CNC Turning pada Aluminium Daur
Ulang

Skripsi ini telah di setujui oleh pembimbing untuk di ajukan ke sidang panitia
ujian skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 28 Januari 2019

Dosen Pembimbing



Rusiyanto, S.Pd, MT

NIP. 197403211999031002

HALAMAN PENGESAHAN

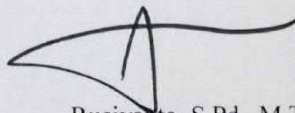
Skripsi dengan judul Pengaruh Media Pendingin dan Kecepatan Spindel terhadap Tingkat Kekasaran Proses CNC *Turning* pada Aluminium Daur Ulang telah di pertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 6 bulan Pebruari tahun 2019.

Oleh :

Nama : Sabbara Luxmana Irjayanti
NIM : 5201415052
Prodi : Pendidikan Teknik Mesin, S1

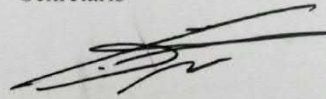
Panitia :

Ketua



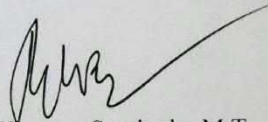
Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 1974032119990310

Sekretaris



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

Penguji 1



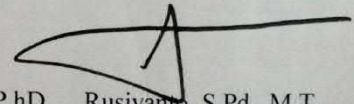
Dr. Wrawan Sumbodo, M.T.
NIP. 196601051990021002

Penguji 2



Samsudin Anis, S.T., M.T., P.hD.
NIP. 197601012003121002

Pembimbing



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 1974032119990310

Mengetahui,



Dekan Fakultas Teknik UNNES

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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa : Sabbara Luxmana Irjayanti

NIM : 5201415052

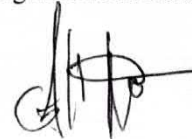
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Media Pendingin dan Kecepatan Spindel terhadap Tingkat Kekasaran Proses CNC Turning pada Aluminium Daur Ulang”** ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah di ajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak pernah di tulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dalam naskah dan di sebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 21 Januari 2019

Yang Membuat Pernyataan



Sabbara Luxmana Irjayanti

NIM. 5201415052

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

1. Jangan mudah mengeluh. Jika Tuhan selalu melancarkan jalanmu, lantas bagaimana caramu untuk belajar bersyukur?
2. Optimislah, jika ada kemauan siapapun bisa jadi apapun

Persembahan

1. Kedua orang tuaku (Bp. Kusnan dan Ibu Endang Yuniati) yang telah mendoakan, mendukung, memotivasi dan telah menjadi orang tua terhebat untukku, serta keluarga besarku yang lainnya.
2. Wisnu Giar Kurniadi dan sahabat yang selalu memberi semangat
3. Teman-teman jurusan Teknik Mesin dan jurusan lainnya yang ada di Unnes

RINGKASAN

Irjayanti, S.L, 2019. Pengaruh Media Pendingin dan Kecepatan Spindel terhadap Tingkat Kekasaran Proses CNC *Turning* pada Aluminium Daur Ulang. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Rusiyanto, S.Pd, MT

Kata kunci : kekasaran permukaan, pembubutan CNC, media pendingin, kecepatan spindel

Kualitas hasil pembubutan CNC (*Computer Numerical Control*) dapat di tinjau dari banyak segi termasuk sisi kehalusan permukaan benda kerja. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh media pendingin dan kecepatan spindel terhadap tingkat kekasaran proses CNC *Turning* pada aluminium daur ulang.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, dengan tujuan mengetahui sebab akibat berdasarkan perlakuan yang di berikan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah media pendingin dan kecepatan spindel. Media pendingin yang di gunakan yaitu *coolant*, oli SAE 40, angin dan kecepatan spindel yang di gunakan yaitu 800 rpm, 1000 rpm, 1200 rpm. Setelah pembubutan benda kerja, di lakukan pengujian kekasaran menggunakan alat *surf test* SJ-301. Analisis data yang di gunakan pada penelitian ini adalah statistik deskriptif.

Hasil penelitian ini menunjukkan nilai kekasaran yang berbeda pada masing-masing spesimen, nilai kekasaran paling tinggi dengan media pendingin angin dengan kecepatan spindel 800 rpm yaitu 2,50 μm , dan nilai kekasaran paling rendah dengan media pendingin oli SAE 40 dengan kecepatan spindel 1200 rpm yaitu 1,98 μm . Jadi di simpulkan bahwa pemilihan media pendingin yang tepat dan putaran spindel yang semakin besar maka akan menghasilkan kekasaran permukaan yang semakin rendah.

PRAKATA

Allhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Media Pendingin dan Kecepatan Spindel terhadap Tingkat Kekasaran Proses *CNC Turning* pada Aluminium Daur Ulang”

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 penyusunan skripsi ini. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih serta penghargaan 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. Rusiyanto, S.Pd.,M.T., Selaku Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian proposal skripsi ini.

4. Dr. Wirawan Sumbod M.T Selaku Penguji 1, dan Samsudin Anis S.T., M.T. Ph.D Selaku Penguji 2 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.

Penulis berharap dengan skripsi penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penyusun.

Semarang, 30 Januari 2019



Sabbara Luxmana I.

NIM. 5201415052

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
RINGKASAN.....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	5
1.3 Pembatasan Masalah.....	6
1.4 Rumusan Masalah.....	6
1.5 Tujuan Penelitian.....	7
1.6 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	8
2.1 Kajian Pustaka.....	8
2.2 Landasan Teori.....	13
2.2.1 Proses Pemesinan.....	13
2.2.2 Mesin Bubut CNC.....	14
2.2.3 Parameter Pembubutan.....	18

2.2.4 Cairan Pendingin.....	24
2.2.4.1 Cara Pemberian Cairan Pendingin.....	26
2.2.4.2 Pengaruh Cairan Pendingin Pada Proses Pemesinan.....	29
2.2.5 Aluminium.....	31
2.2.5.1 Pengertian Aluminium.....	22
2.2.5.2 Sifat Aluminium.....	32
2.2.5.3 Logam Aluminium Paduan.....	33
2.2.5.4 Standarisasi Aluminium.....	34
2.2.6 Tingkat Kekasaran.....	37
2.3 Kerangka Pikir.....	47
BAB III METODE PENELITIAN.....	49
3.1 Waktu Dan Tempat Pelaksanaan.....	49
3.1.1 Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	49
3.1.2 Tempat Pelaksanaan.....	49
3.2 Desain Penelitian.....	49
3.3 Proses Penelitian.....	50
3.4 Alat Dan Bahan Penelitian.....	54
3.4.1 Alat Penelitian.....	54
3.4.2 Bahan Penelitian.....	54
3.5 Parameter Penelitian.....	55
3.6 Teknik Pengumpulan Data.....	57
3.6.1 Uji Laboratorium.....	57
3.7 Kalibrasi Instrumen.....	58
3.7.1 Kalibrasi Mesin CNC TU-2A.....	58
3.7.2 Kalibrasi Alat Uji Kekerasan.....	58
3.8 Teknik Analisis Data.....	59

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
4.1 Deskripsi Data.....	60
4.1.1 Kekasaran Permukaan.....	61
4.2 Analisis Data.....	64
4.2.1 Pengaruh Kecepatan Spindel Terhadap Nilai Kekasaran.....	64
4.2.2 Pengaruh Media Pendingin Terhadap Nilai Kekasaran.....	67
4.3 Pembahasan.....	70
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	74
5.2 Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76
LAMPIRAN.....	79

DAFTAR GAMBAR

2.1 Mekanisme Arah Gerakan Mesin Bubut.....	15
2.2 Mesin Bubut CNC Goodway GCL-2B.....	16
2.3 Gerak Makan dan Kedalaman Potong.....	19
2.4 Panjang Benda Kerja Dilalui Pahat Setiap Putaran.....	21
2.5 Panjang Langkah Pembubutan Rata.....	23
2.6 Pemberian Cairan Pendingin.....	27
2.7 Cara Pendinginan.....	28
2.8 Beram Hasil Pematangan.....	30
2.9 Surface Roughnes.....	38
2.10 Kekasaran, Gelombang dan Kekasaran Bentuk Permukaan.....	39
2.11 Profil Suatu Permukaan.....	40
2.12 Kedalaman Total dan Perataan.....	41
2.13 Menentukan kekasaran rata-rata Ra.....	43
2.14 Menentukan kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah.....	43
3.1 Pembuatan titik uji kekasaran.....	51
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	53
3.3 Mesin CNC Turning CV. Laksana.....	54
4.1 Prose Pengujian Kekasaran Permukaan dengan Surfeset SJ-301.....	61
4.2 Grafik Hubungan Antara Sudut Potong Terhadap Kekasaran.....	63
4.3 Grafik Kekasaran dengan Kecepatan Spindel 800 rpm.....	64
4.4 Grafik Kekasaran dengan Kecepatan Spindel 1000 rpm.....	65
4.5 Grafik Kekasaran dengan Kecepatan Spindel 1200 rpm.....	66
4.6 Grafik Kekasaran dengan Media Pendingin <i>coolant</i>	67
4.7 Grafik Kekasaran dengan Media Pendingin Oli.....	68
4.8 Grafik Kekasaran dengan Media Pendingin Angin.....	69

DAFTAR TABEL

2.1 Arti kode M Mesin CNC.....	17
2.2 Arti kode G Mesin CNC.....	17
2.3 Standar Umum Vc dan f.....	19
2.4 Kecepatan Potong Untuk Beberapa Jenis Bahan.....	21
2.5 Shaper Speeds and Feeds.....	22
2.6 Cairan Pendingin yang di Rekomendasikan.....	30
2.7 Sifat-Sifat Fisik Alumunium.....	32
2.8 Sifat-Sifat Mekanik Alumunium.....	33
2.9 Nama-Nama Logam Alumunium Paduan.....	33
2.10 Perlakuan Panas Alumunium.....	36
2.11 Komposisi Kimia Paduan Alumunium.....	36
2.12 Toleransi Harga Kekasaran Rata-Rata.....	44
3.1 Spesifikasi Dromus.....	55
3.2 Spesifikasi Oli SAE 40.....	56
3.3 Data Penelitian.....	57
4.1 Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan Aluminium.....	61
4.2 Konversi Rata-rata Nilai Kekasaran.....	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Form Usul Topik Skripsi.....	80
Lampiran 2. Usulan Pembimbing.....	81
Lampiran 3. Surat Tugas Dosen Pembimbing.....	82
Lampiran 4. Laporan Selesai Bimbingan Proposal Skripsi.....	83
Lampiran 5. Persetujuan Seminar Proposal.....	84
Lampiran 6. Surat Tugas Dosen Pembimbing dan Penguji.....	85
Lampiran 7. Presensi Seminar Proposal Skripsi.....	86
Lampiran 8. Lembar Pernyataan Selesai Revisi Proposal.....	88
Lampiran 9. Form Izin Penelitian.....	89
Lampiran 10. Pemberitahuan Pengerjaan Benda.....	90
Lampiran 11. Laporan Hasil Uji Kekasaran Laboratorium.....	91
Lampiran 12. Surat Tugas Panitia Ujian Skripsi.....	92
Lampiran 13. Lembar Selesai Revisi Skripsi.....	93
Lampiran 14. Dokumentasi Proses Penelitian.....	94
Lampiran 15. NC Code Proses Machining.....	95
Lampiran 16. Dokumentasi Program saat Proses Pemesinan CNC.....	96
Lampiran 17. Desain Produk Tutup Motor Listrik.....	97
Lampiran 18. Perhitungan Nilai Kecepatan Spindel.....	98
Lampiran 19. Komposisi Aluminium Daur Ulang Berbasis Piston Bekas.....	99

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan zaman yang sangat pesat ini dan sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat maju, mesin-mesin perkakas yang dahulu dioperasikan secara manual kini telah beralih fungsi menjadi teknologi kontrol otomatis, karena hal itu tenaga manusia akan lebih ringan dan terbantu akan adanya teknologi yang canggih tersebut. Pada kegiatan industri, mesin produksi, perkakas, metalurgi, konstruksi dan sebagainya merupakan peran penting dalam bidang pemesinan khususnya mesin perkakas, pekerjaan pada industri misalnya pengerjaan pembubutan, penyekrapan, pengeboran dan lain-lain. Oleh karena itu adanya mesin perkakas produksi akan mempermudah pembuatan komponen-komponen benda kerja pada industri sehingga pengerjaan dengan mesin telah menjadi kebutuhan pada manufaktur.

Sangat pesatnya perkembangan mesin bubut sebagai alat produksi pembentuk logam ditunjukkan dengan adanya penemuan mesin bubut non konvensional yaitu berupa teknologi *Computer Numerical Controlled (CNC)*. Mesin CNC tersebut dapat mempermudah pengoperasiannya dalam mendapatkan produk yang memiliki 2 karakteristik geometrik ideal serta bentuk yang rumit, salah satunya adalah pembubutan muka. Namun seiring dengan majunya dunia industri manufaktur, maka pola pikir konsumen saat ini semakin berkembang. Konsumen tidak hanya memilih harga yang paling murah, namun juga menjadi

lebih memperhatikan kualitas dari produk hasil permesinan, salah satunya adalah tingkat kekasaran permukaan atau yang dikenal dengan *surface roughness*.

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. Sumbodo (2008:402). Dengan demikian dalam menggunakan mesin CNC akan memenuhi tuntutan konsumen yang harus menghasilkan benda kerja yang berkualitas tinggi, presisi, dan pengerjaan jumlah yang banyak dengan lebih mudah.

Menurut Sidi, et.al (2013:101) bahwa, “Untuk mendapatkan produk yang berkualitas yang salah satunya berupa kebulatan perlu didukung oleh proses pemesinan yang gerakannya dikontrol secara otomatis atau elektrik.” Mesin bubut CNC (*Computer Numerical Controlled*) merupakan sebuah solusi alat dari proses pemesinan yang dapat mengerjakan sebuah benda, mulai dari pekerjaan benda kerja yang kasar hingga menghasilkan pekerjaan halus sesuai dengan perintah-perintah yang dimasukkan oleh operator dalam bentuk program dengan tingkat kepresisian yang tinggi.

Menurut Hidayat (2016:63) bahwa “Secara garis besar tingkat kekasaran permukaan bergantung kepada parameter pemesinan, diantaranya kecepatan spindle, kecepatan pemakanan (*Feeding*), kecepatan potong, kedalaman pemakanan, gerak pemakanan, pendinginan, karakteristik pahat, dan lain-lain” pendinginan pada proses permesinan dilakukan dengan penggunaan media pendingin. Media pendingin digunakan untuk memperpanjang umur pahat,

mengurangi deformasi benda kerja karena panas, meningkatkan kualitas permukaan hasil permesinan dan membersihkan beram dari permukaan potong.

Peningkatan suhu selama proses penyayatan benda kerja menimbulkan masuknya panas yang tinggi dan itu merupakan penyebab utama terjadinya *overheating* dan kerusakan benda kerja, Untuk menghindari hal tersebut maka biasanya diberikan pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan bagian yang bersinggungan. Secara umum jenis pendingin yang dipergunakan dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu *oil – based cutting fluids*, *water – based cutting fluids*, dan *Air Blow*. (Ardiansyah, 2013:84).

Menurut Asmed (2016:119) kekasaran permukaan produk logam penting untuk diperhatikan, kekasaran permukaan berpengaruh pada performansi produk. Semakin rendah nilai kekasaran dari suatu benda kerja menandakan bahwa benda kerja tersebut semakin baik, dengan kata lain benda kerja tersebut lebih presisi. Dari hal tersebut dapat dilakukan evaluasi apakah benda tersebut diterima atau tidak untuk selanjutnya digunakan untuk menjadi suatu komponen bubut. Komponen yang memiliki kekasaran rendah cenderung akan menjadikan kinerja mesin lebih maksimal. Untuk mendapatkan kekasaran yang rendah, parameter pembubutan harus diatur pada pengaturan yang sesuai dengan benda tersebut. Parameter pemesinan pada proses pembubutan meliputi kecepatan pemakanan(*feeding*), jenis pendingin, gerak pemakanan, kecepatan spindel, dan kedalaman pemotongan.

Motor listrik merupakan salah satu komponen yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Motor listrik dapat kita temukan di dalam penggerak mesin

cuci, kipas angin, pompa air listrik, dsb. Dalam pompa air listrik komponen motor listrik harus dilindungi agar tidak terkena percikan air yang akan menyebabkan korslet pada motor listrik tersebut. Dengan demikian dibuatlah komponen body motor listrik yang terdapat komponen berupa tutup motor listrik dan body dari penutup motor listrik tersebut. Seluruh bagian dari body penutup motor listrik tersebut biasanya terbuat dari komponen aluminium Adc 12. Adc 12 merupakan suatu komponen yang memiliki kandungan Si sebesar 9,6% s.d. 12%. Komponen penutup motor listrik juga berbeda-beda bentuknya tergantung jenis motor listriknya. Namun dari semua penutup motor listrik harus memiliki kekasaran yang rendah karena untuk finishing dari penutup motor listrik tersebut akan di cat ataupun di elektroplating. Maka dari itu perlunya proses permesinan untuk membuat komponen tersebut memiliki nilai kekasaran yang rendah.

Salah satu parameter yang menjadikan syarat untuk mempengaruhi hasil tingkat kekasaran pembubutan adalah media pendingin dan kecepatan spindel. Dengan menggunakan beberapa jenis pendingin dengan putaran spindel tinggi atau rendah bertujuan agar dapat mengetahui perbedaan hasil tingkat kekasaran pada aluminium. Sebelumnya terdapat penelitian tentang parameter-parameter pembubutan yang mempengaruhi tingkat kekasaran seperti kedalaman potong, *nose* radius pahat, kecepatan potong dan lain-lain pada bahan ST 45 dan baja EMS 45, namun masih jarang yang meneliti tentang pengaruh jenis pendingin dan kecepatan spindel pada aluminium.

Pengukuran kekasaran permukaan dari hasil pengerjaan pembubutan dengan mesin CNC dalam penelitian ini menggunakan alat ukur yang lebih teliti

yaitu dengan alat *Surfcorder SE-300* berupa angka kekasaran dari permukaan dalam satuan μm (*micronmeter*). Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka perlu diadakan penelitian yang berhubungan dengan perbedaan penggunaan variasi media pendingin dan kecepatan spindel didalam proses hasil pembubutan permukaan sangat berpengaruh pada tingkat kekasaran. Oleh karena itu, dilakukan penelitian tentang hasil kekasaran permukaan pembubutan dengan mesin CNC antara variasi media pendingin dan kecepatan spindel pada bahan aluminium dengan mengambil judul penelitian: “PENGARUH MEDIA PENDINGIN DAN KECEPATAN SPINDEL TERHADAP TINGKAT KEKASARAN PROSES *CNC TURNING* PADA ALUMUNIUM DAUR ULANG”

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas terdapat beberapa permasalahan pokok yang mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan suatu benda kerja hasil proses pembubutan logam diantaranya:

1. Proses pembubutan memiliki peran penting di dunia industri otomotif atau pemesinan, maka perlu dilakukan secara efektif dan efisien dengan melibatkan mesin komputerisasi dalam pengerjaannya agar di dapat hasil produk yang berkualitas dan mempunyai harga jual tinggi.
2. Tingkat kekasaran permukaan suatu benda kerja dapat dipengaruhi oleh kecepatan putar mesin dan media pendingin, Oleh karena itu perlu diatur kecepatan putar dan media pendingin yang tepat untuk menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang rendah.

3. Proses pemesinan tidak lepas penggunaan alumunium yang sering dipakai untuk pembuatan komponen mesin seperti piston, tutup motor listrik dan lainnya. Perlu diadakan penelitian mengenai proses pemesinan untuk mengetahui kecepatan putar dan media pendingin yang terbaik pada bahan alumunium.
4. Salah satu faktor yang mempengaruhi rendahnya nilai kekasaran suatu benda kerja yaitu kecepatan spindel dan media pendingin.

1.3 Pembatasan Masalah

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

1. Variasi media pendingin menggunakan oli, coolant, dan angin.
2. Putaran mesin pada benda kerja sebesar 800 rpm, 1000 rpm, dan 1200 rpm.
3. Penelitian ini mengabaikan getaran yang terjadi pada saat proses pembubutan.
4. Nilai feeding pada penelitian ini disama ratakan untuk semua objek.
5. Mesin yang digunakan adalah mesin CNC *MAZAK QUICK TURN 10*

1.4 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh media pendingin terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan alumunium?

2. Bagaimana pengaruh kecepatan spindle terhadap tingkat kekasaran benda kerja hasil pembubutan alumunium?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. untuk mengetahui pengaruh media pendingin terhadap tingkat kekasaran benda kerja pada proses CNC turning bahan alumunium
2. untuk mengetahui pengaruh kecepatan spindle terhadap tingkat kekasaran benda kerja pada proses CNC turning bahan alumunium

1.6 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan di atas, dapat ditarik manfaat dari penelitian tersebut yaitu:

1. Mengetahui variasi media pendingin dan kecepatan spindle terhadap tingkat kekasaran permukaan alumunium sehingga mendapatkan kekasaran permukaan yang optimal.
2. Sebagai bahan referensi di bidang pendidikan atau *training* sehingga membantu memaksimalkan proses pembubutan CNC
3. Sebagai referensi untuk industri sehingga membantu kualitas produk hasil pembubutan yang maksimal.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Abda'u (2014;1) melakukan penelitian tentang Pengaruh Jenis Pahat, Jenis Pendinginan Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kerataan dan Kekasaran Permukaan Baja ST 42 Pada Proses Bubut Rata Muka. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis pahat, pendingin dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran dan kerataan permukaan baja ST 42 pada proses bubut rata muka. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen, menggunakan baja karbon rendah ST 42, dengan ukuran diameter 50.8 mm dan panjang 55 mm yang berjumlah 27 spesimen. Kekasaran permukaan benda kerja terbaik diperoleh dengan menggunakan jenis pahat dengan kekerasan yang tertinggi. Hal ini dikarenakan kekerasan pahat yang tinggi mengakibatkan pahat tidak mudah aus yang menyebabkan permukaan menjadi semakin halus. Selain itu menggunakan jenis pahat dengan kekerasan yang tinggi beban pada saat melakukan penyayatan semakin kecil, sehingga pahat tidak terlalu bergetar dan menerima beban ringan ketika melakukan penyayatan dan membuat permukaan menjadi halus.

Menurut Lesmono dan Yunus (2013:49) dengan judul penelitian “Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan *Spindle*, dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST. 42”. Mengingat begitu pentingnya arti kekasaran suatu komponen terutama poros, maka harus dapat dibuat produk yang

mempunyai tingkat kekasaran yang sesuai dengan kriteria. Hasil pembubutan yang memiliki tingkat kekasaran yang rendah pada kedalaman pemakanan 0,4 yaitu 3,28 μm . Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan pada pengerjaan logam dengan menggunakan mesin bubut, antara lain kondisi mesin bubut, kecepatan potong, kedalaman pemakanan, kecepatan pemakanan, bahan benda kerja, jenis pahat, pendinginan dan operator.

Mujahid et.al (2017) melakukan penelitian tentang Pengaruh Pengaruh Jenis Coolant dan Variasi *Side Cutting Edge Angle* terhadap Kekasaran Permukaan Bubut Tirus Baja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis coolant dan variasi sudut *Side Cutting Edge Angle* terhadap kekasaran permukaan bubut tirus EMS 45. Dalam proses pembubutan tirus, sebanyak 12 benda kerja mendapatkan perlakuan yang berbeda, yaitu dengan variasi jenis *coolant* dan variasi sudut *side cutting edge angle* (SCEA). Dari hasil penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa nilai kekasaran permukaan terbaik diperoleh pada penggunaan jenis *coolant Dromus* dan besar variasi sudut *Side Cutting Edge Angle* sebesar 80 yang menghasilkan nilai kekasaran rata-rata sebesar 3.200 μm . Kemudian untuk nilai kekasaran permukaan terendah adalah pada penggunaan jenis *coolant* air dan besar variasi sudut *Side Cutting Edge Angle* sebesar 180 yang menghasilkan nilai kekasaran rata-rata sebesar 7.311 μm .

Menurut Kurniawan dan Irfai (2014:123) dengan judul penelitian “Pengaruh Variasi Kedalaman Pemakanan dan Kecepatan Putar *Spindle* Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Aluminium 6061 Pada Mesin *CNC Tu- 2a* dengan Program Absolut G01” menyatakan bahwa dari hasil penelitian ini dapat

disimpulkan bahwa ada pengaruh variasi kedalaman pemakanan, jadi semakin dalam pemakanan maka nilai kekasaran yang dihasilkan semakin tinggi tingkat kekasaran permukaan benda kerja.

Menurut Yuri dan Djamil (2016:78) dengan judul penelitian “Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Hardening Material Baja S45C” Menyatakan bahwa media pendingin seperti air garam, air, oli, dan udara sangat mempengaruhi sifat mekanik yang baik pada material dan dapat menghasilkan nilai kekasaran yang rendah pada permukaan benda.

Menurut Zubaidi (2012:47) dengan judul penelitian “ Analisis Pengaruh Kecepatan Putar dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Material FCD 40 Pada Mesin Bubut CNC” menyatakan bahwa dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kecepatan putar juga mempengaruhi tingkat kekasaran semakin cepat putarannya maka semakin rendah tingkat kekasarannya

Menurut Ismanhadi (2013:224) dengan judul penelitian “Pengaruh Media Pendingin pada Proses Hardening terhadap Strukturmikro Baja Mangan Hadfield AISI 3401 PT Semen Gresik” menyatakan bahwa menggunakan media pendinginan yang berbeda-beda dengan waktu penahanan 60 menit menghasilkan nilai kekerasan yang berbeda-beda pula.

Menurut Aditia dan Arya (2013:311) dengan judul penelitian “Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel, dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kerataan Permukaan dan Bentuk Geram Pada Proses Bubut Konvensional” dapat diketahui bahwa jenis pahat, kecepatan spindel dan kedalaman pemakanan

mempunyai pengaruh terhadap kerataan permukaan pada proses pengerjaan mesin bubut konvensional.

Menurut Setiyorini dan Septianto (2013:342) dengan judul penelitian “Pengaruh Media Pendingin pada *Heat Treatment* Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Friction Wedge AISI 1340” menyatakan bahwa variasi media pendingin juga memberikan efek terhadap sifat termalnya dan berpengaruh terhadap *elongation* pada temperatur maksimum kerja.

Menurut Prasetyo dan Irfai'i (2014:141) dengan judul penelitian “Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel, dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja S45C Dengan Menggunakan *Software MasterCam* pada Mesin *MORI SEIKI CL2000*” menyatakan bahwa dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan spindel, maka semakin rendah tingkat kekasaran permukaan benda kerja.

Menurut Mu'afax (2010:3) dengan judul “Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Remelting Al-Si Berbasis Limbah Piston Bekas dengan Perlakuan Degassing” menyatakan bahwa perlakuan panas pada paduan aluminium dengan pemilihan media pendingin yang tepat merupakan upaya dalam memperbaiki sifat mekanis logam dalam segi kualitas”

Menurut Farokhi (2017:92) dengan judul penelitian “Pengaruh Kecepatan Putar Spindel(Rpm) dan Jenis Sudut Pahat Pada Proses Pembubutan Terhadap Tingkat Kekasaran Benda Kerja Baja EMS 45” dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan putar spindle (*Rpm*) yang digunakan, maka menghasilkan nilai

kekasaran yang rendah. Semakin rendah kecepatan putar spindle (*Rpm*) yang digunakan maka nilai kekasaran yang dihasilkan semakin tinggi

Menurut Abdunnaser (2015:155) dengan judul penelitian “Pengaruh Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Plat Baja Karbon ASTM A-36” menyatakan bahwa untuk meningkatkan sifat mekanik yang lebih baik dari suatu logam maka harus melalui proses pendinginan tungku, udara, air, dan oli.

Menurut Hermawan (2014:148) dengan judul penelitian “Pengaruh Kecepatan Putaran *Spindle* dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kerataan dan Kekasaran Permukaan Alumunium 6061 pada Mesin Frais CNC *HEADMAN*” menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi tingkat kerataan dan kekasaran permukaan suatu benda yang di hasilkan dari mesin freis CNC yaitu kecepatan putar spindel, kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan, dan bahan benda kerja.

Menurut Supramono (2014:462) dengan judul penelitian “Pengaruh Media Pendingin Minyak Pelumas SAE 40 Pada Proses *Quenching* dan *Tempering* Terhadap Ketangguhahn Baja Karbon Rendah” menyatakan bahwa material yang telah mengalami proses perlakuan panas kemudian *quenching* dengan menggunakan media pendingin oli mesran SAE 40 mengakibatkan peningkatan nilai ketangguhan di banding raw material.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Proses Pemesinan

Menurut Yunus dan Pandu (2013:57) menyatakan bahwa proses pemesinan adalah proses pemotongan atau pembuangan sebagian bahan dengan maksud untuk membentuk produk yang diinginkan. Proses pemesinan yang biasa dilakukan di industri manufaktur adalah proses penyekrapan (*shaping*), proses pembubutan (*turning*), proses penyayatan/frais (*milling*), proses gergaji (*sawing*), dan proses gerinda (*grinding*).

Proses pemesinan yaitu proses lanjutan dalam pembentukan benda kerja atau mungkin juga merupakan proses akhir setelah pembentukan logam menjadi bahan baku berupa besi tempa atau baja paduan atau dibentuk melalui proses pengecoran yang dipersiapkan dengan bentuk yang mendekati kepada bentuk yang sebenarnya (Lesmono, et al. 2013:50). Proses pemesinan akan terus berkembang sejalan dengan perkembangan teknologi dibidang manufaktur karena benda – benda (produk) yang dihasilkan juga beragam. Proses pemesinan dapat dibagi menjadi beberapa tipe, antara lain:

1. Proses Bubut (*Turning*)
2. Proses Gurdi (*Drilling*)
3. Proses Bor (*Boring*)
4. Proses Frais (*Milling*)
5. Proses Sekrap (*Planing, Shaping*)
6. Proses Gergaji atau parut (*Sawing, Broaching*)
7. Proses Gerinda (*Grinding*)

Menurut Nugroho, et al (2017:63) menyatakan bahwa mesin perkakas yang digunakan dalam dunia industri beragam jenis dan kegunaannya, salah satu yang digunakan adalah mesin bubut, mesin yang digunakan untuk mengerjakan benda – benda yang berpenampang bulat. Benda yang dibuat di mesin bubut biasanya berupa poros baik penyangga maupun poros transmisi. Dalam manufaktur mesin bubut dibagi menjadi beberapa kelompok. Pengelompokan ini tergantung dari jenis mesin bubut yang dilihat dari beberapa segi misalnya posisi pembubutan, kontrol mesin, panjang mesin. Pengelompokan mesin bubut berdasarkan posisi sumbu utama terdiri dari 2 tipe yaitu:

1. Mesin Bubut Horisontal
2. Mesin bubut Vertikal

Tingkat teknologi dalam mesin bubut mempengaruhi cara pengoperasian serta kontrol yang digunakannya. Pengelompokan mesin bubut tersebut terdiri dari:

1. Mesin bubut konvensional
2. Mesin bubut CNC

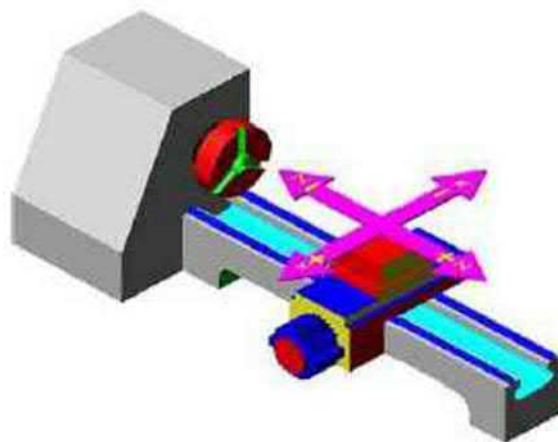
2.2.2 Mesin Bubut CNC

Mesin CNC (*computer numerical control*) adalah mesin yang menggunakan bahasa numerik dan dikontrol oleh komputer, salah satu produk mesin CNC adalah mesin bubut CNC, Mesin bubut CNC dibagi menjadi dua yaitu Mesin bubut CNC *Training Unit* dan Mesin bubut CNC *Production Unit*.

Mesin bubut CNC TU-2A mempunyai prinsip gerakan dasar seperti halnya mesin bubut konvensional yaitu gerakan ke arah melintang dan horizontal dengan sistem koordinat sumbu X dan Z. Prinsip kerja mesin bubut CNC TU-2A juga sama dengan mesin bubut konvensional yaitu benda kerja yang dipasang pada cekam bergerak sedangkan alat potong diam (Rahdiyanta, 2009). Untuk Arah gerakan pada mesin bubut diberi lambang sebagai berikut:

- a. Sumbu X untuk arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar.
- b. Sumbu Z untuk arah gerakan memanjang yang sejajar sumbu putar.

Untuk memperjelas fungsi sumbu-sumbu Mesin Bubut CNC TU-2A dapat dilihat pada gambar ilustrasi di bawah ini:



Gambar 2.1. Mekanisme arah gerakan Mesin Bubut (Rahdiyanta, 2009)

CNC singkatan dari *Computer Numerical Controlled* yang merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan sistem kontrol 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 atau 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 atau sistem kerja CNC dapat diubah (Sumbodo, 2008:402)



Gambar 2.2 Mesin Bubut CNC *GOODWAY GCL-2B*

Dalam menggunakan mesin CNC harus mengenal sistem koordinat yang ada pada mesin CNC, yaitu koordinat kartesius dan koordinat kutub. Namun yang sering di gunakan ialah sistem koordinat kartesius yang terdiri dari koordinat absolut dan koordinat incremental.

- a. Pemrograman absolut adalah pemrograman yang dalam menentukan titik koordinatnya selalu mengacu pada titik nol benda kerja.
- b. Pemrograman inkremental adalah pemrograman yang pengukuran lintasannya selalu mengacu pada titik akhir dari suatu pengukuran.

Pemakaian kode-kode pada mesin perkakas CNC terdapat beberapa bagian kode pada mesin antara lain kode G, kode M, kode F, kode S dan kode T yang mempunyai arti sebagai berikut:

Tabel 2.1 Arti kode M mesin CNC

Kode	Arti
M00	Mesin terhenti terprogram
M03	Sumbu utama berputar searah dengan jarum jam;
M04	Sumbu utama berputar berlawanan arah jarum jam
M05	Sumbu utama berhenti terprogram
M06	Penggantian alat potong dilakukan agar kualitas benda kerja meningkat.
M08	Cairan pendingin akan mengalir.
M09	Cairan pendingin berhenti mengalir
M17	Sub program (unterprogram) berakhir
M19	Sumbu utama posisi tepat
M30	Pemrograman berakhir dan kembali pada program semula
M38	Berhenti tepat, aktif
M39	Berhenti tepat, pasif
M90	Pembantalan fungsi pencerminan
M91	Pencerminan sumbu X
M92	Pencerminan sumbu Y
M93	Pencerminan sumbu X dan Y
M99	Penentuan parameter lingkaran I, J, K

Tabel 2.2 Arti kode G Mesin CNC

Kode	Arti
G00	Gerakan tanpa penyayatan
G01	Gerak dengan pemakanan
G02	Pahat bergerak searah jarum jam
G03	Pahat bergerak berlawanan arah jarum jam
G04	Progrma berhenti pada waktu tertentu
G10	Data progrma dapat di input
G15	Pembantalan perintah koordinat polar
G21	Konversi satuan mm(metric)
G28	Pengembalian posisi referensi
G31	Perintah skip (melangkahi)
G33	Pembuatan ulir
G45	Menaikkan offset tool
G46	Menurunkan offset tool
G90	Perintah sistem koordinat absolut
G91	Perintah sistem koordinat inkemental
G98	Kembali ke titik initial di sebuah siklus
G99	Kembali ke titik R di sebuah siklus

2.2.3 Parameter Pembubutan

Agar mendapat hasil pengerjaan mesin CNC yang baik bergantung pada parameter pemesinan, seperti kecepatan pemakanan (*cutting speed*), kedalaman pemakanan (*depth of cut*), material benda, karakteristik pahat, pendinginan dan lainnya. Namun demikian faktor-faktor pembubutan yang lain cukup berpengaruh terhadap hasil proses pemesinan.

a. Gerak makan, f (*feed*)

Gerak makan adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali (Gambar 2.3) sehingga satuan f adalah mm/putaran. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan (Widarto. 2018:146). Pada kecepatan gerak pemakanan terdapat rumus yang mempermudah cara perhitungan untuk mendapatkan nilai rata-rata sesuai dengan ketentuan yang diinginkan.

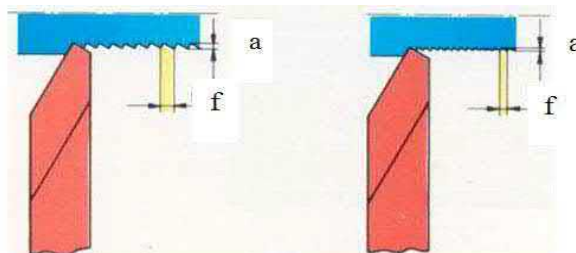
$$F = f \times n \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

F : kecepatan gerak pemakanan (mm/min)

f : gerak makan atau bergesernya pahat (mm/rev)

n : putaran mesin/kecepatan *spindle* (rpm)



Gambar 2.3 Gerak makan (f) dan kedalaman potong (a).
(Sumber: Widarto, 2008)

Tabel 2.3 Standar Umum Vc (Kecepatan Potong) dan f (kecepatan pemakanan)

Vc (HSS)	Vc (<i>Carbide</i>)	Vc (<i>Cooted Carbide</i>)
10-25 m/min	75-150 m/min	150-250 m/min
f (HSS)	f (<i>carbide</i>)	f (<i>Cooted Carbide</i>)
0,05-0,15 mm/rev	0,15-0,25 mm/rev	0,2-0,35 mm/rev

(Sumber: Zubaidi, 2012)

b. Kedalaman Potong (*depth of cut*)

Kedalaman potong merupakan tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong (lihat Gambar 2.2). 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 (Widarto. 2018:146).

Menurut sivaraman, et al (2012:160) bahwa *dept of cut* dan *feeding* adalah parameter penting yang mempengaruhi tingkat kekasaran mempunyai hubungan bahwa kedalaman pemakanan juga dapat dimaksud selisih antara diameter awal sebelum pemakanan dengan diameter sesudah dilakukan pemakanan.

$$a = \frac{do - dm}{2} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

a : kedalaman potong (mm)

do : diameter awal (mm)

dm : diameter akhir (mm)

Menurut Rizwan, et.al (2014:62) bahwa standar proses pembubutan pada kedalaman pemotongan dengan proses pengerjan halus 0,38-2,29 mm dan pada proses pengerjaan kasar 4,75 – 9,53 mm.

c. Kecepatan *Spindle* (rpm)

Kecepatan putar (*speed*) selalu dihubungkan dengan sumbu utama (*spindle*) dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran per menit (*rotation per minute, rpm*). Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (*cutting speed, v*) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/keliling benda kerja. Menurut Widarto (2018:243) secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar, rumusnya sebagai berikut:

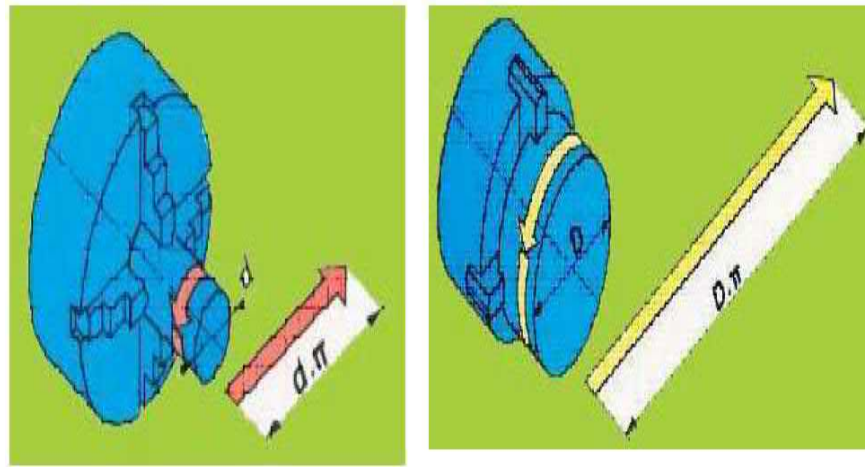
$$Cs = \frac{\pi dn}{1000} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

Cs= kecepatan potong (m/menit)

d = diameter benda kerja (mm)

n = putaran benda kerja (putaran/menit)



Gambar 2.4 Panjang Benda Kerja Yang Dilalui Pahat Setiap Putaran
(Sumber : Widarto,2008)

Dalam menentukan besarnya kecepatan potong dan putaran mesin, selain dapat dihitung dengan rumus diatas juga dapat dicari pada tabel kecepatan potong pembubutan yang hasil pembacaannya mendekati dengan angka hasil perhitungan yaitu:

Tabel 2.4 Kecepatan Potong Untuk Beberapa Jenis Bahan

Bahan	Cutter HSS		Cutter 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
Besi Cor Kelabu	40 – 45	25 - 30	110 - 140	60 - 75
Kuningan	85 – 110	45 - 70	185 - 215	120 - 150
Alumunium	70 – 110	30 - 45	140 - 215	60 - 90

(Sumber: Wirawan, 2008:302)

Menurut Widarto (2008:243) bahwa besar kecilnya kecepatan potong tergantung pada jenis material yang dipotong dan alat pahat yang digunakan.

Tabel 2.5 *Shaper Speeds and Feeds*

<i>Cutting tool</i>	<i>Machine steel</i>				<i>Tool steel</i>			
	<i>Speed per minute</i>		<i>Feed</i>		<i>Speed per minute</i>		<i>Feed</i>	
	Ft	M	In.	mm	ft	m	In.	mm
<i>H.S.S</i>	80	24	.010	0.25	50	15	.015	0.38
<i>Carbide</i>	150	46	.010	0.25	150	46	.012	0.30
<i>Cutting tool</i>	<i>Cast iron</i>				<i>Brass</i>			
	<i>Speed per minute</i>		<i>Feed</i>		<i>Speed per minute</i>		<i>Feed</i>	
	Ft	M	In.	mm	ft	m	In.	mm
<i>H.S.S</i>	60	18	.020	0.51	160	48	.010	0.25
<i>Carbide</i>	100	30	.012	0.30	300	92	.015	0.38

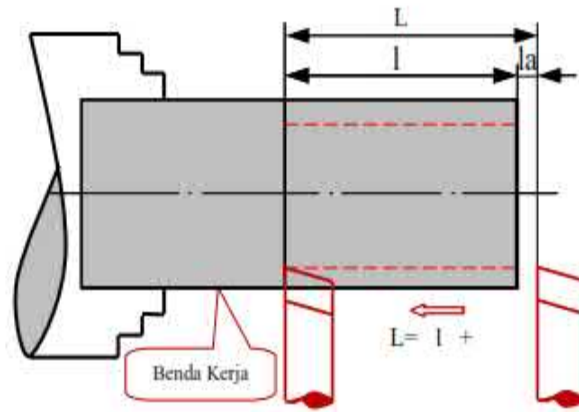
(Widarto, 2008:243)

d. Waktu Pemesinan Bubut (tm)

Dalam membuat suatu produk atau komponen pada mesin bubut, lamanya waktu proses pemesinannya perlu diketahui/dihitung. Hal ini penting karena dengan mengetahui kebutuhan waktu yang diperlukan, perencanaan dan kegiatan produksi dapat berjalan lancar. Apabila diameter benda kerja, kecepatan potong dan kecepatan penyayatan/ penggeseran pahatnya diketahui, waktu pembubutan dapat dihitung. (Kementerian Kebudayaan dan Pendidikan, 2013:214)

Perhitungan waktu pemesinan bubut rata pada prinsipnya sama dengan menghitung waktu pemesinan bubut rata, perbedaannya hanya terletak pada arah pemakanan yaitu melintang. Pada gambar di bawah menunjukkan bahwa, panjang total pembubutan (L) adalah panjang pembubutan muka ditambah start awal pahat (l_a), untuk nilai kecepatan

pemakanan (F), dengan mengacu pada uraian sebelumnya $F = f \cdot n$ (mm/putaran).



Gambar 2.5 Panjang Langkah Pembubutan Rata

(Sumber:Kementrian Kebudayaan dan pendidikan, 2013:124)

Dimana:

$$L = d^2 + l a \text{ (mm)}$$

$$F = f \cdot n \text{ (mm/menit)}$$

Keterangan:

d = diameter benda kerja

f = pemakanan dalam satu putaran (mm/putaran)

n = putaran benda kerja (Rpm)

l = panjang pembubutan muka (mm)

la = jarak start pahat (mm)

L = panjang total pembubutan muka (mm)

F = kecepatan pemakanan setiap (mm/menit)

2.2.4 Cairan Pendingin

Daniar (2013:84) menyatakan bahwa masuknya panas yang tinggi merupakan penyebab utama terjadinya overheating dan kerusakan permukaan benda kerja, untuk menghindari hal tersebut maka biasanya diberikan pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan bagian yang bersinggungan.

Cairan pendingin yang biasa dipakai dalam proses pemesinan dapat di kategorikan dalam empat jenis utama yaitu *straight oils* (minyak bumi), *soluble oils*, *semisynthetic fluids* (cairan semi sintetis), dan *synthetic fluids* (cairan sintetis) Widiarto (2008:300)

a. *straight oils* (minyak bumi)

Minyak murni (*straight oils*) adalah minyak yang tidak dapat diemulsikan dan digunakan pada proses pemesinan dalam bentuk sudah diencerkan. Minyak ini terdiri dari bahan minyak mineral dasar atau minyak bumi, dan kadang mengandung pelumas yang lain seperti lemak, minyak tumbuhan, dan ester. Selain itu bisa juga ditambahkan aditif tekanan tinggi seperti *Chlorine*, *Sulphur* dan *Phosporus*. Minyak murni ini berasal 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 sulfur, klor atau fosfor (*EP additives*) menaikkan daya lumas pada temperatur dan tekanan tinggi.

Minyak murni menghasilkan pelumasan terbaik , akan tetapi sifat pendinginannya paling jelek di antara cairan pendingin yang lain.

b. Synthetic fluids

Minyak sintetis (*synthetic fluids*) tidak mengandung minyak bumi atau minyak mineral dan sebagai gantinya dibuat dari campuran organik dan anorganik alkaline bersama-sama dengan bahan penambah (additive) untuk penangkal korosi. Minyak ini biasanya digunakan dalam bentuk sudah diencerkan (biasanya dengan rasio 3 sampai 10%). Minyak sintetis menghasilkan unjuk kerja pendinginan terbaik di antara 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 tegangan 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.

c. Soluble Oil

Soluble Oil akan membentuk emulsi ketika dicampur dengan air. Konsentrat 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

penghantaran panasnya bagus. Minyak ini digunakan luas oleh industri pemesinan dan harganya lebih murah di antara cairan pendingin yang lain.

d. *Semisynthetic fluids* (cairan semi sintetis)

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

1. Kandungan minyaknya lebih sedikit (10% s.d 45% dari tipe B)
2. Kandungan pengemulsinya (molekul penurun tegangan permukaan) lebih banyak dari tipe A
3. Partikel minyaknya lebih kecil dan lebih tersebar. Dapat berupa jenis dengan minyak yang sangat jenuh (“super-fatted”) atau jenis EP (Extreme Pressure).

2.2.4.1 Cara pemberian Cairan Pendingin

selain dipilih cairan pendingin harus juga dipakai dengan cara yang benar. Banyak cara yang dipraktekkan untuk mengefektifkan pemakaian cairan pendingin, yakni sebagai berikut :

1. Secara manual. Apabila mesin perkakas tidak dilengkapi dengan sistem cairan pendingin, misalnya Mesin Gurdi atau Frais jenis “bangku” (*bench drilling/milling machine*) maka cairan pendingin hanya dipakai secara terbatas. Pada umumnya operator memakai kuas untuk memerciki pahat gurdi, tap atau frais dengan minyak pendingin. Selama hal ini dilakukan secara teratur dan kecepatan potong tak begitu tinggi maka umur pahat bisa sedikit diperlama.

Penggunaan alat sederhana penetes oli yang berupa botol dengan selang berdiameter kecil akan lebih baik karena akan menjamin keteraturan penetesannya minyak. Penggunaan pelumas padat (gemuk/*vaselin*, atau *molybdenum-disulfide*) yang dioleskan pada lubang-lubang yang akan ditap sehingga dapat menaikkan umur pahat pengulir.

2. Disiramkan ke benda kerja (*flood application of fluid*). Cara ini memerlukan sistem pendingin, yang terdiri atas pompa, saluran, nozel, dan tangki, dan itu semua telah dimiliki oleh hampir semua mesin perkakas yang standar. Satu atau beberapa nozel dengan selang fleksibel diatur sehingga cairan pendingin disemprotkan pada bidang aktif pemotongan. Keseragaman pendinginan harus diusahakan dan bila perlu dapat dibuat nozel khusus. Pada pemberian cairan pendingin ini seluruh benda kerja di sekitar proses pemotongan disirami dengan cairan pendingin melalui saluran cairan pendingin yang jumlahnya lebih dari satu.



Gambar 2.6 Pemberian cairan pendingin dengan cara menyiramkan pada benda kerja.

3. Disemprotkan (*jet application of fluid*). Dilakukan dengan cara mengalirkan cairan pendingin dengan tekanan tinggi melewati saluran pada pahat. Untuk penggurdian lubang yang dalam (*deep hole drilling; gun-drilling*) atau pengefraisan dengan posisi yang sulit dicapai dengan semprotan biasa. Spindel mesin perkakas dirancang khusus karena harus menyalurkan cairan pendingin ke lubang pada pahat. Pada proses pendinginan dengan cara ini cairan pendingin disemprotkan langsung ke daerah pemotongan (pertemuan antara pahat dan benda kerja yang terpotong). Sistem pendinginan benda kerja dibuat dengan cara menampung cairan pendingin dalam suatu tangki yang dilengkapi dengan pompa yang dilengkapi filter pada pipa penyedotnya. Pipa keluar pompa disalurkan melalui pipa/selang yang berakhir di beberapa selang keluaran yang fleksibel. Cairan pendingin yang sudah digunakan disaring dengan filter pada meja mesin kemudian dialirkan ke tangki penampung.



Gambar 2.7 Cara pendinginan dengan cairan pendingin disemprotkan langsung ke daerah pemotongan pada proses pembuatan lubang.

4. Dikabutkan (*mist application of fluid*). Pemberian cairan pendingin dengan cara ini cairan pendingin dikabutkan dengan menggunakan semprotan udara dan kabutnya langsung diarahkan ke daerah pemotongan. Cairan dalam tabung akan

naik melalui pipa berdiameter kecil, karena daya vakum akibat aliran udara di ujung atas pipa, dan menjadi kabut yang menyemprot keluar. Pemakaian cairan pendingin dengan cara dikabutkan dimaksudkan untuk memanfaatkan daya pendinginan karena penguapan.

2.2.4.2 Pengaruh Cairan Pendingin pada Proses Pemesinan

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 pendingin 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 serpihan 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 :

1. Memperpanjang umur pahat.
2. Mengurangi deformasi benda kerja karena panas.

3. Permukaan benda kerja menjadi lebih baik (halus) pada beberapa kasus.
4. Membantu membuang/membersihkan beram (Gambar 2.8)



Gambar 2.8 Beram hasil pemotongan tersingkir karena ada aliran media pendingin sehingga memudahkan dalam penanganan/ pembersihannya.

Untuk beberapa proses pemesinan yaitu : gurdi (*drilling*), reamer (*reaming*), pengetapan (*taping*), bubut (*turning*), dan pembuatan ulir (*threading*) yang memerlukan cairan pendingin, saran penggunaan cairan pendingin dapat dilihat pada Tabel 2.4 Bahan benda kerja yang dikerjakan pada proses pemesinan merupakan faktor penentu jenis cairan pendingin yang digunakan pada proses pemesinan. Widarto(2008:306)

Tabel 2.6 Cairan pendingin yang direkomendasikan untuk beberapa material benda kerja.

<i>Material</i>	<i>Drilling</i>	<i>Reaming</i>	<i>Tapping</i>	<i>Turning</i>	<i>Threading</i>	<i>Milling</i>
<i>Aluminium</i>	<i>Soluble oil Kerosene and lard oil</i>	<i>Soluble oil Kerosene mineral oil</i>	<i>Soluble oil Mineral oil</i>	<i>Soluble oil</i>	<i>Soluble oil Kerosene and lard oil</i>	<i>Soluble oil lard oil Kerosene and lard oil</i>
<i>Brass</i>	<i>Dry Soluble oil Kerosene and lard oil</i>	<i>Soluble oil dry</i>	<i>Soluble oil Lard oil Dry</i>	<i>Soluble oil</i>	<i>Soluble oil Lard oil</i>	<i>Soluble oil dry</i>

Tabel 2.6 Cairan pendingin yang direkomendasikan untuk beberapa material benda kerja.

<i>Bronze</i>	<i>Dry Soluble oil Kerosene and lard oil</i>	<i>Soluble oil Lard oil Dry</i>	<i>Soluble oil Lard oil Dry</i>	<i>Soluble oil</i>	<i>Soluble oil Lard oil</i>	<i>Soluble oil dry</i>
<i>Cast iron</i>	<i>Dry Soluble oil Dry jet</i>	<i>Soluble oil Mineral oil</i>	<i>Mineral lard oil</i>	<i>Soluble oil Mineral lard oil- oil dry</i>	<i>Dry Soluble oil</i>	<i>Dry Soluble oil</i>
<i>Copper</i>	<i>Dry Soluble oil Or Lard oil Kerosene lard oil</i>	<i>Soluble oil Lard oil dry</i>	<i>Soluble oil Mineral Lard oil</i>	<i>Soluble oil</i>	<i>Soluble oil Lard oil</i>	<i>Soluble oil Dry</i>
<i>Malleable iron</i>	<i>Dry soda water</i>	<i>Dry soda water</i>	<i>Soluble oil</i>	<i>Soluble oil</i>	<i>Lard oil soda water</i>	<i>Dry soda water</i>
<i>Monel metal</i>	<i>Soluble oil Lard oil</i>	<i>Soluble oil Lard oil</i>	<i>Mineral oil Sulfurized oil</i>	<i>Soluble oil</i>	<i>Lard oil</i>	<i>Soluble oil</i>
<i>Steel alloys</i>	<i>Mineral oil Sulfurized oil mineral</i>	<i>Soluble oil Mineral Lard oil</i>	<i>Soluble oil Mineral oil</i>	<i>Soluble oil</i>	<i>Lard oil Sulfurized Oil</i>	<i>Lard oil Mineral lard oil</i>

2.2.5 Aluminium

2.2.5.1 Pengertian Aluminium

Material aluminium merupakan logam kedua setelah baja yang digunakan untuk pembuatan beberapa komponen Industri, termasuk Industri permesinan dan manufaktur. Oleh sebab itu logam non ferrous yang dijelaskan pada kesempatan ini adalah logam aluminium. Aluminium didapat dari tanah liat jenis bauksit yang

dipisahkan lebih dahulu dari unsur – unsur yang lain dengan menggunakan larutan tawas murni sampai menghasilkan oksid aluminium (Al_2O_3). Melalui proses elektrolitik oksid aluminium (Al_2O_3) dipisahkan dari unsur – unsur zat asam untuk dijadikan cairan aluminium murni sampai mempunyai kandungan aluminium sebesar 99,9%.

2.2.5.2 Sifat Aluminium

Sundari (2011:18) menyatakan aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik, berat jenis aluminium adalah 2.643 kg/m^3 cukup ringan di bandingkan logam lain. Kekuatan aluminium yang berkisar 83-310 Mpa dapat melalui pengerjaan dingin atau pengerjaan panas. Di pasaran aluminium di temukan dalam bentuk kawat foil, lembaran, pelat dan profit. Semua paduan aluminium ini dapat mampu di bentuk, di mesin, di las atau di patri.

Tabel 2.7 Sifat-sifat fisik aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian (Al) (%)	
	99,9996	>99,0
Massa jenis (200° C)	2,6989	2,71
Titik Cair	660,2	653-657
Panas jenis(cal/g. 0° C) (1000°C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59(danil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (10°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuai (200°C-1000°C)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis kristal, konstanta kisi	Fcc, $a=4,013 \text{ kX}$	Fcc, $a=4,04 \text{ kX}$

Tabel 2.8 Sifat-sifat mekanik aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al(%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	H 18
Kekuatan tarik (kg/mm ²)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%) (kg/mm ²)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan <i>Brinell</i>	17	27	23	44

2.2.5.3 Logam aluminium paduan

Pada aluminium seperti *hydronalium*, *silumin*, dan *duralumin* memiliki paduan sebagai berikut

Tabel 2.9 Nama-nama logam aluminium paduan

	Nama Aluminium	Keterangan
a	Hydronalium	Logam tersebut terbentuk dari penambahan unsur paduan jenis magnesium sebesar 4% sampai dengan 10% pada aluminium murni, sehingga logam tersebut mempunyai sifat tahan terhadap air laut.
b	Silumin	Silumin terbentuk dari penambahan unsur paduan jenis silikon (Si) sebesar 12% sampai dengan 13% pada aluminium murni, sehingga logam tersebut mempunyai sifat mudah dituang dan dalam penggunaannya digunakan untuk komponen mobil, saluran air dan komponen – komponen kamera.
c	Duralumin	Duralumin terbentuk dari penambahan unsur paduan jenis Cuppri (Cu) sebesar 1,5 %, mangan sebesar 1,5 % dan magnesium sebesar 2,5 % pada aluminium murni, sehingga logam tersebut mempunyai sifat kekerasan dan ductility yang baik dan dalam penggunaannya digunakan untuk bahan – bahan konstruksi

Sumber: Sunaryo (2008:20)

2.2.5.4 Standarisasi Aluminium

Standarisasi aluminium digunakan untuk menggolongkan logam aluminium paduan berdasarkan komposisi kimia, penetapan standarisasi logam aluminium menurut American Society for Materials (ASTM) mempergunakan angka dalam menetapkan penggolongan aluminium paduan.

Adapun cara – cara yang ditentukan ASTM dalam menetapkan penggolongan aluminium paduan sebagai berikut :

1. Aluminium murni (kandungan aluminium sebesar 99%) 1xxx.
2. Cupper 2xxx
3. Manganase 3xxx
4. Silicon 4xxx
5. Magnesium 5xxx
6. Magnesium dan silicon 6xxx
7. Zincum 7xxx
8. Elemen – elemen yang lain 8xxx

Sistem angka

- a. Angka pertama menunjukkan jenis – jenis unsur paduan yang terdapat pada logam aluminium.
- b. Angka kedua menunjukkan sifat khusus misalnya : angka kedua menunjukkan bilangan nol (0) maka tidak memerlukan perhatian khusus dan jika angka kedua menunjukkan angka satu (1) sampai dengan sembilan (9) memerlukan perhatian khusus.

- c. Dua angka terakhir tidak mempunyai pengertian, tetapi hanya menunjukkan modifikasi dari paduan dalam perdagangan.

Contoh pembacaan

ASTM 2017	artinya adalah paduan aluminium – cupper tanpa perhatian khusus dan mengalami modifikasi dari paduan Al – Cu
ASTM 2117	artinya adalah paduan aluminium – magnesium tanpa perhatian khusus dan mengalami modifikasi dari paduan Al - Mg
ASTM 5056	artinya adalah paduan aluminium – magnesium dengan perhatian khusus dan mengalami modifikasi dari paduan Al – Mg
ASTM 1030	artinya adalah aluminium murni tanpa perhatian khusus, dengan kadar aluminium sebesar 99,30%
ASTM 1130	artinya adalah aluminium murni dengan perhatian khusus dengan kadar aluminium sebesar 99,30%
ASTM 1230	artinya adalah aluminium murni dengan perhatian khusus dengan kadar aluminium sebesar 99,30

Untuk memperbaiki kekuatan dan kekerasan aluminium paduan dapat dilakukan perlakuan panas atau perlakuan dingin (proses heat treatment) tetapi tidak semua aluminium paduan dapat dilakukan proses heat treatment

Tabel 2.10 Perlakuan panas terhadap aluminium paduan

Dapat di beri perlakuan panas	Tak dapat di beri perlakuan panas
2011	1060
2014	1100
2017	3003
2018	3004
2024	4043
2025	5005
2117	5052
2118	5056
218	5083
4032	5086
6053	5184
6061	5252
6063	5257
6066	5357
6101	5454
6151	5456
7039	5557
7075	5657
7079	
7178	

Sumber : Sunaryo (2008:15)

Menurut Sidharta, dkk (2014:12), komponen otomotif yaitu piston menggunakan bahan baku aluminium ADC 12 (Aluminium Die Casting dengan kadar Si maksimum 12%) yang merupakan paduan antara Al-Si-Cu-Mg-Zn serta unsur lainnya yang terdapat pada tabel 2.9

Tabel 2.11 Komposisi kimia paduan Aluminium ADC 12(JIS H5302)

Si	Cu	Mg Max.	Zn Max	Mn Max	Fe Max	Ni Max
9,6 s/d 12,0	1,5 s/d 3,5	0,3	1	0,5	0,9	0,5

2.2.6 TINGKAT KEKASARAN (UJI KEKASARAN)

a. Alat Uji Tingkat Kekasaran

Surfcorder SE-300 merupakan alat yang mampu mengukur tingkat kekasaran permukaan. Setiap permukaan komponen dari suatu benda mempunyai beberapa bentuk dan variasi yang berbeda baik menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. *Roughness*/kekasaran didefinisikan sebagai ketidakhalusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin. Nilai kekasaran dinyatakan dalam *Roughness Average (Ra)*. Ra merupakan parameter kekasaran yang paling banyak dipakai secara internasional. Pengukuran kekasaran permukaan diperoleh dari sinyal pergerakan stylus berbentuk diamond untuk bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai alat indicator pengukur kekasaran permukaan benda uji. Prinsip kerja dari *Surface Roughness* adalah dengan menggunakan *transducer* dan diolah dengan *mikroprocessor*.

Pemeriksaan profil dengan sentuhan probe pada alat uji kekasaran memungkinkan untuk pengukuran tepat pada profil permukaan, diperlukan peralatan tambahan inspeksi, siklus mesin yang berkepanjangan dan sentuhan probe tipis jika diperlukan untuk permukaan yang lebih rumit (Koleva, et al. 2015:521)



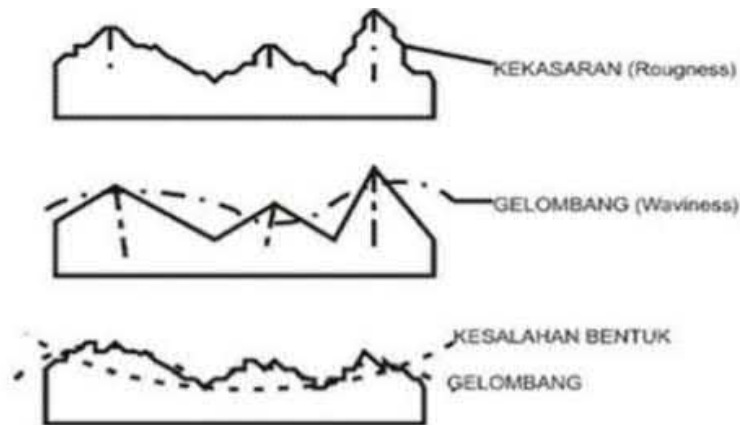
Gambar 2.9 *Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210 Standart Type*
(Sumber: Laboratorium Polines, 2019)

b. Menentukan Kekasaran Rata-rata

Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Salah satu karakteristik geometris yang ideal dalam suatu komponen adalah permukaan yang halus. Agar proses pembuatannya tidak terjadi penyimpangan yang berarti maka karakteristik permukaan ini harus dipahami oleh perencana. Kekasaran permukaan juga merupakan ukuran penting dalam hasil proses pembubutan, tingkat kekasaran permukaan rendah mempengaruhi hambatan gesekan, kekuatan komponen mesin (Rao, et al. 2012:1405)

Pada komponen-komponen mesin tertentu tingkat kehalusan menjadi sangat penting karena menyangkut gesekan, keausan, dan ketahanan terhadap faktor lainnya (Munadi S,1988:303).

Bentuk dari suatu permukaan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu permukaan yang kasar (*roughness*) dan permukaan yang bergelombang. Berdasarkan kekasaran (*roughness*) dan gelombang (*waviness*) inilah maka kemudian timbul yang namanya kesalahan bentuk (Munadi, 1988: 305).



Gambar 2.10 Kekasaran, Gelombang, dan Kesalahan Bentuk Dari Suatu Permukaan (Sumber: Munadi S, 1988: 305)

c. Parameter-parameter permukaan

Sebelum membicarakan parameter-parameter permukaan perlu dibicarakan terlebih dulu mengenai profil permukaan.

1. Profil Geometris Ideal (*Geometrically Ideal Profile*)

Profil ini merupakan profil dari geometris permukaan yang ideal yang tidak mungkin diperoleh dikarenakan banyaknya faktor yang mempengaruhi dalam proses pembuatannya. Bentuk dari profil geometris ideal ini dapat berupa garis lurus, lingkaran, dan garis lengkung.

2. Profil Referensi (*Reference Profile*)

Profil ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis karakteristik dari suatu permukaan. Bentuknya sama dengan bentuk profil geometris ideal,

tetapi tepat menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur pada panjang sampel yang diambil dalam pengukuran.

3. Profil Terukur (*Measured Profile*)

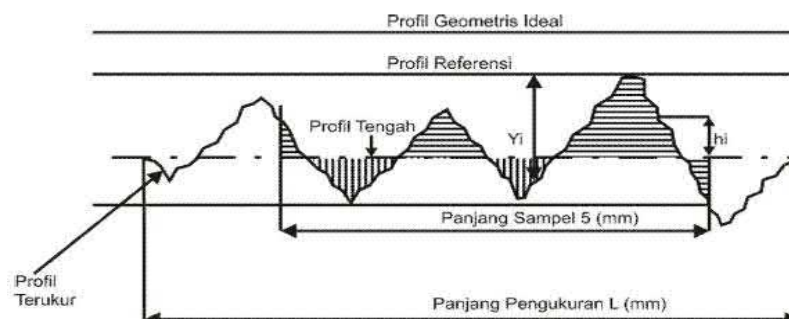
Profil terukur adalah profil dari suatu permukaan yang diperoleh melalui proses pengukuran. Profil inilah yang dijadikan sebagai data untuk menganalisis karakteristik kekasaran permukaan produk pemesinan.

4. Profile Dasar (*Root Profile*)

Profil dasar adalah profil referensi yang digeserkan kebawah hingga tepat pada titik paling rendah pada profil terukur.

5. Profile Tengah (*Centre Profile*)

Profil tengah adalah profil yang berada ditengah-tengah dengan posisi sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagian atas profil tengah sampai pada profil terukur sama dengan jumlah luas bagian bawah profil tengah sampai pada profil terukur. Profil tengah ini sebetulnya merupakan profil referensi yang digeserkan kebawah dengan arah tegak lurus terhadap profil geometris ideal sampai pada batas tertentu yang membagi luas penampang permukaan menjadi dua bagian yang sama yaitu atas dan bawah.



Gambar 2.11 Profil suatu permukaan
Sumber : Munadi (1980 : 227)

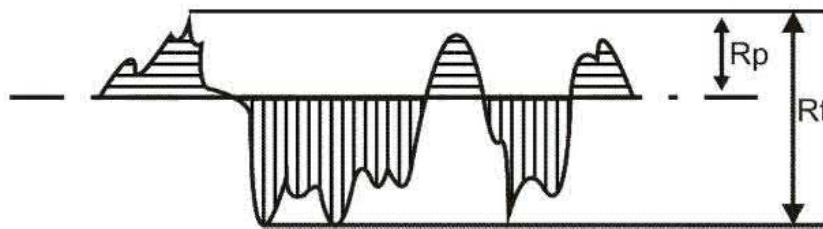
Beberapa parameter yang bisa dijabarkan dari profil-profil yang telah disebutkan diatas antara lain adalah:

6. Kedalaman Total (*Peak to Valley*), R_t

Kedalaman total ini adalah besarnya jarak dari profil referensi sampai dengan profil dasar. Satuannya adalah dalam micron (μm).

7. Kedalaman Perataan (*Peak to Mean Line*), R_p

Kedalaman perataan (R_p) merupakan jarak rata-rata dari profil referensi sampai dengan profil terukur. Bila juga dikatakan bahwa kedalaman perataan merupakan jarak antara profil tengah dengan profil referensi.



Gambar 2.12 Kedalaman total dan kedalaman perataan
Sumber : Munadi (1980 : 229)

d. Kekasaran Rata-rata Aritnetis (*Mean Roughness Indec/Center Line Average, CLA*), R_a

Kekasaran rata-rata merupakan harga-harga rata-rata secara aritmetis dari harga absolut antara harga profil terukur dengan profil tengah.

$$R_a = \frac{1}{s} \int_0^{-2} ht^2 \cdot dx (\mu\text{m}) \dots \dots \dots (2.5)$$

Menentukan kekasaran rata-rata (R_a) dapat pula dilakukan secara grafis. Adapun caranya adalah sebagai berikut :

Pertama, gambarkan sebuah garis lurus pada penampang permukaan yang diperoleh dari pengukuran (profil terukur) yaitu garis X – X yang posisinya tepat menyentuh lembah paling dalam.

Kedua, ambil sampel panjang pengukuran sepanjang L yang memungkinkan memuat sejumlah bentuk gelombang yang hampir sama.

Ketiga, ambil luasan daerah A di bawah kurve dengan menggunakan planimeter atau dengan metode ordinat. Dengan demikian diperoleh jarak garis center C – C terhadap garis X – X secara tegak lurus yang besarnya adalah :

$$H_m = \frac{\text{daerah A}}{L} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keempat, sekarang diperoleh suatu garis yang membagi profil terukur menjadi dua bagian yang hampir sama luasnya, yaitu luasan daerah diatas ($P_1 + P_2 + \dots$ dan seterusnya) dan luasan daerah di bawah ($Q_1 + Q_2 + \dots +$ dan seterusnya).

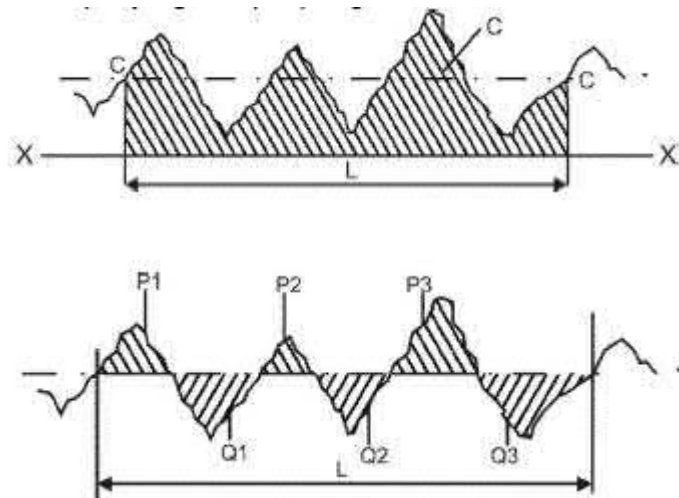
Lihat gambar 2.13, dengan demikian maka R_a dapat ditentukan besarnya yaitu:

$$R_a = \frac{\text{Luas daerah P} + \text{Luas daerah Q}}{L} \times \frac{10000}{V_v} (\mu\text{m}) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

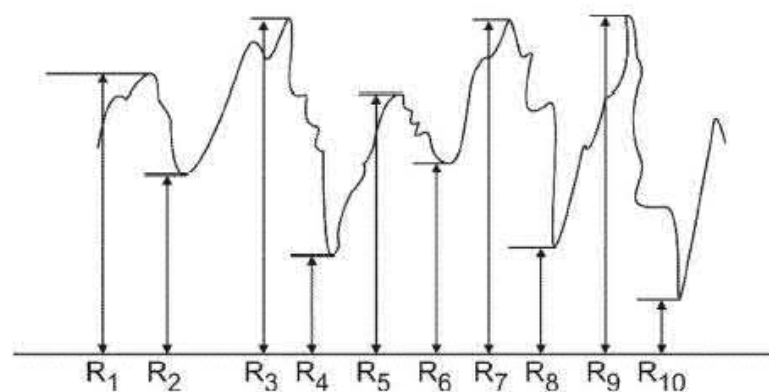
V_v = perbesaran vertikal. Luas P dan Q dalam milimeter

L = panjang sampel pengukuran dalam milimeter



Gambar 2.13. Menentukan kekasaran rata-rata Ra
Sumber : Munadi (1980 : 229)

Kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah, R_z sebetulnya hampir sama dengan kekasaran rata-rata aritmetis R_a , tetapi cara menentukan R_z adalah lebih mudah daripada menentukan R_a , Gambar 2.14. menunjukkan cara menentukan R_z . Sampel pengukuran diambil sejumlah profil yang memuat, misalnya 10 daerah yaitu 5 daerah puncak dan 5 daerah lembah



Gambar 2.14 Menentukan kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah
Sumber : Munadi (1980 : 237)

Kemudian buat garis lurus horisontal di bawah profil permukaan. Tarik garis tegak lurus dari masing-masing ujung puncak dan lembah ke garis horisontal. Dengan cara ini maka diperoleh harga Rz yang besarnya adalah:

$$Rz = \frac{1}{5} (R1 + R3 + R5 + R7 + R9 + Pa) - \frac{1}{5} (R2 + R4 + R6 + R8 + R1) \times \frac{1000}{v_v} \dots \dots \dots (2.8)$$

e. Toleransi Harga Ra

Harga kekasaran rata-rata aritmetis Ra mempunyai harga toleransi kekasaran. Masing-masing harga kekasaran mempunyai kelas kekasaran yaitu dari N1 sampai N12. Besarnya toleransi untuk Ra biasanya diambil antara 50% ke atas dan 25% ke bawah. Tabel 2.10 menunjukkan harga kekasaran rata-rata beserta toleransinya.

Tabel 2.12 Toleransi Harga Kekasaran Rata-rata Ra
Sumber : Munadi (1980 : 237)

Kelas kekasaran	Harga C.L.A (μm)	Harga Ra (μm)	Toleransi $\begin{matrix} +50\% \\ -25\% \end{matrix}$	Panjang sampel (mm)
N1	1	0.0025	0.02 – 0.04	0.08
N2	2	0.05	0.04 – 0.08	
N3	4	0.0	0.08 – 0.15	0.25
N4	8	0.2	0.15 – 0.3	
N5	16	0.4	0.3 – 0.6	
N6	32	0.8	0.6 – 1.2	
N7	63	1.6	1.2 – 2.4	
N8	125	3.2	2.4 – 4.8	0.8
N9	250	6.3	4.8 – 9.6	
N10	500	12.5	9.6 – 18.75	2.5
N11	1000	25.0	18.75 – 37.5	
N12	2000	50.0	37.5 – 75.0	8

Banyak cara yang bisa dilakukan untuk memeriksa tingkat kekasaran permukaan suatu benda. Bila dilihat dari proses pengukurannya maka cara

pengukuran permukaan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: pengukuran secara tidak langsung atau membandingkan dan pengukuran secara langsung (Munadi, 1988: 321).

a. Pengukuran Kekasaran Permukaan Secara Tidak Langsung

1) Pengukuran kekasaran permukaan dengan cara meraba (*touch inspection*)

Pengukuran kekasaran ini adalah dengan meraba permukaan yang diukur menggunakan ujung jari. Untuk mengetahui tingkat kehalusan biasanya dilakukan dengan permukaan standar (*surface finish comparator*). Alat ini ditempatkan dalam satu set yang terdiri dari beberapa lempengan baja yang masing-masing lempengan mempunyai angka kekasaran sendiri, dan dikelompokkan menurut jenis mesin yang digunakan.

2) Pengukuran kekasaran permukaan dengan mikroskop (*microscopic inspection*)

Pengukuran kekasaran dengan menggunakan mikroskop ini lebih baik bila dibandingkan dengan metode meraba. Keterbatasan pengukuran dengan mikroskop adalah pengambilan bagian permukaan yang sempit setiap kali akan melakukan pengukuran, maka pengukuran harus dilakukan berulang-ulang untuk dicari harga rata-ratanya.

3) Pengukuran kekasaran permukaan dengan peralatan kekasaran secara mekanik (*mechanical roughness instrument*)

Mechanical roughness instrument adalah peralatan untuk mengukur kekasaran permukaan. Alat ini bekerja dengan sistem mekanik dan

diproduksi oleh Messrs, Ruber *and* Co. Alat ini hanya cocok untuk permukaan yang tidak teratur. Alat ini terdiri dari pelat tipis sebagai peraba, penutup pelat, jam ukur (*dial indicator*) dan kait pengatur.

4) Alat ukur kedalaman kekasaran (*the dial depth gauge*)

Keuntungan dari alat ini adalah dapat dilakukan pengukuran secara cepat tanpa membuat grafik kekasaran permukaan terlebih dahulu. *Dial depth gauge* sebenarnya dapat dikatakan sebagai pengukuran permukaan secara langsung. Hanya saja sistem kerjanya secara mekanis dan juga tidak diperoleh grafik kekasaran permukaan pada saat pengukuran dilakukan.

b. Pengukuran Kekasaran Permukaan Secara Langsung

Pengukuran kekasaran permukaan secara langsung adalah dengan menggunakan peralatan yang dilengkapi dengan peraba yang disebut *stylus*.

1) Pengukuran kekasaran permukaan dengan profilometer

Sistem kerja dari profilometer pada dasarnya sama dengan prinsip peralatan *gramophone*. Perubahan gerakan *stylus* sepanjang muka ukur dapat dibaca pada bagian amplimeter. Gerakan *stylus* bisa dilakukan dengan tangan dan bisa secara otomatis dengan dilakukan dengan motor penggerak. Angka yang ditunjukkan pada bagian skala adalah angka tinggi rata-rata dari kekasarannya.

2) Alat ukur permukaan *Tomlinson Surface Meter*

Alat pengukur kekasaran permukaan ini memiliki prinsip kerja mekanis optis yang dirancang oleh Dr. Tomlinson dari *National Physical*

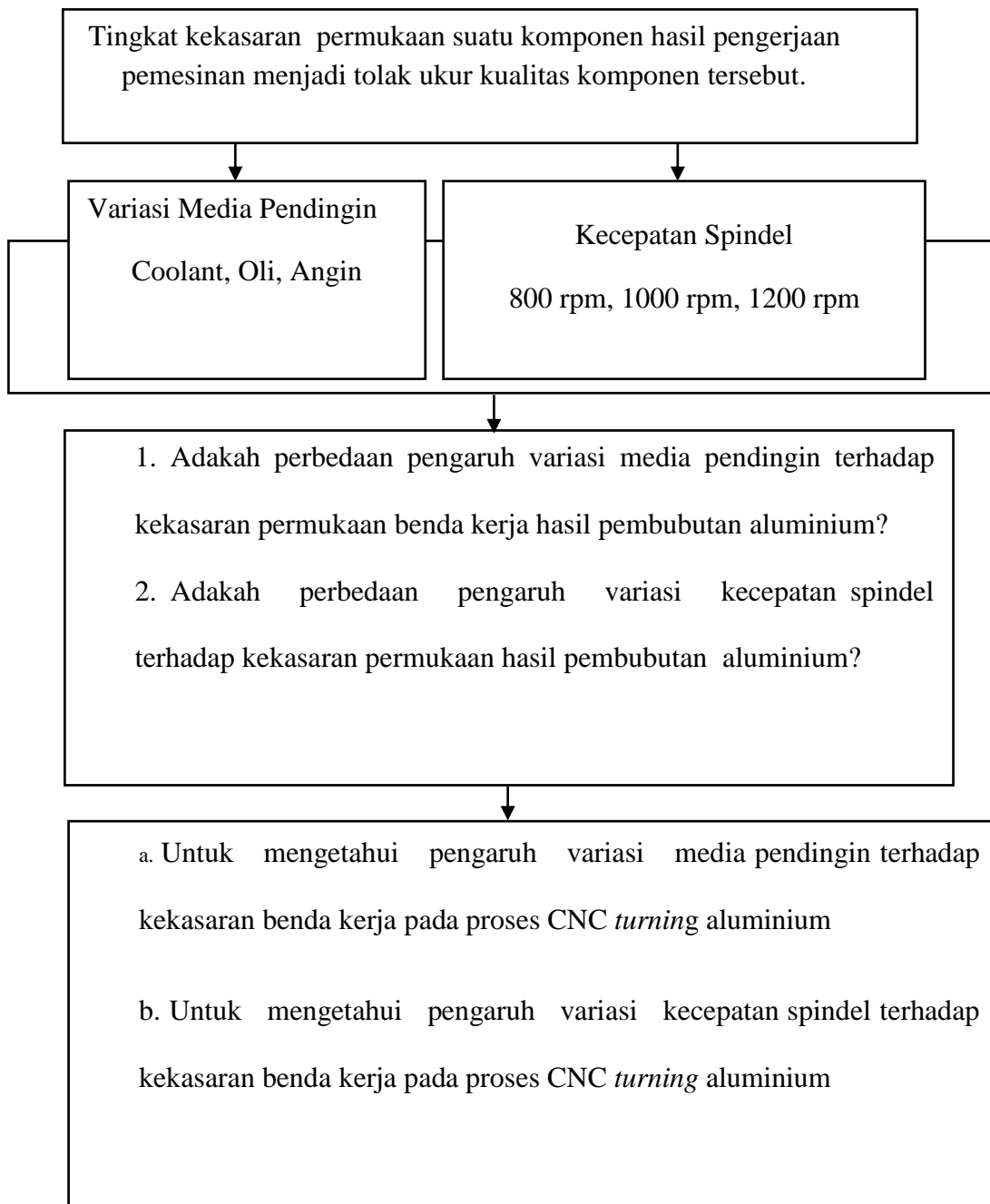
Laboratory (NPL). Peralatan ukur *Tomlinson Surface Meter* terdiri dari beberapa komponen antara lain, yaitu : *stylus*, *skid*, pegas spiral, pegas daun, rol tetap, kaca tetap yang dilapisi bahan tertentu sehingga terdapat bekas ada goresan pada permukaannya dan badan.

3) Alat ukur *Taylor-Hobson Talysurf*

Alat ukur ini merupakan alat ukur elektronik dan bekerja atas dasar prinsip modulasi (*modulating principle*). Pada dasarnya, *Taylor-Hobson Talysurf* ini bentuknya hampir sama dengan *Tomlinson Surface Meter*, bedanya hanya terletak pada sistem perbesarannya. Alat ukur *Taylor-Hobson Talysurf* ini dapat memberikan informasi yang lebih cepat dan bahkan lebih teliti dari pada *Tomlinson Surface Meter*.

2.3 KERANGKA PIKIR

Kerangka pikir merupakan arahan untuk mendapatkan jawaban sementara atas permasalahan yang diteliti. Berdasarkan kajian pustaka dan kajian teori yang ada dalam kaitannya dengan penelitian eksperimental berjudul “pengaruh variasi media pendingin dan kecepatan spindel terhadap tingkat kekasaran proses CNC *turning* pada bahan alumunium” terdapat beberapa variabel yaitu variasi media pendingin dan kecepatan spindel sebagai variabel bebas (*independen*) dan tingkat kekasaran permukaan alumunium sebagai variabel terikat (*dependen*). Suatu komponen mesin contohnya tutup motor listrik membutuhkan tingkat kekasaran yang rendah dan optimal, tingkat kekasaran permukaan dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya variasi media pendingin dan kecepatan spindel.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian dari pengaruh media pendingin dan kecepatan spindel terhadap tingkat kekasaran permukaan aluminium daur ulang yang di lakukan dan mengacu pada rumusan masalah, maka dapat di simpulkan:

1. Terdapat pengaruh media pendingin dan variasi kecepatan spindel terhadap kekasaran permukaan aluminium daur ulang, hal ini di tunjukkan dari tabel 4.2 bahwa pemilihan media pendingin yang tepat dan semakin tinggi kecepatan spindel maka semakin berkurang nilai kekasaran permukaan suatu benda.
2. Angka nilai kekasaran yang optimal dari proses pembubutan CNC antara pengaruh media pendingin dan kecepatan spindel terhadap tingkat kekasaran permukaan di dapat pada penggunaan media pendingin oli SAE 40 dengan kecepatan spindel 1200 rpm, hasil kekasaran permukaan tersebut adalah 1.98 μm , dikarenakan oli SAE 40 memiliki daya pelumas paling besar di antara *coolant* dan angin, sehingga menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang rendah.
3. Ketiga media pendingin berupa coolant, oli SAE 40, dan angin nilai kekasaran permukaannya mencapai kategori standar kekasaran di buktikan ketiganya memiliki nilai kekasaran yang rendah yaitu antara N7-N8.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti, maka pada penelitian selanjutnya sebaiknya memperhatikan beberapa hal berikut:

1. Untuk memperoleh hasil pembubutan aluminium pada proses CNC yang optimal, maka perlu dilakukan pengujian kekasaran permukaan dengan variabel media pendingin dan kecepatan spindle terhadap kekasaran permukaan di rekomendasikan dengan media pendingin oli SAE 40 dengan kecepatan spindle 1200 rpm.
2. Ketebalan benda yang tipis yaitu 13 mm mengakibatkan pencekaman pada spindle mesin *CNC Turning* kurang efisien, dan pencekaman yang baik untuk benda dengan ketebalan 13 mm ialah dengan di bubut bagian luarnya terlebih dahulu.
3. Meskipun ketiga media pendingin yang diteliti mencapai nilai kekasaran yang standar, namun media pendingin angin kurang di rekomendasikan pada proses pemesinan bubut, karena beres hasil pembubutan yang disemprot oleh angin dari kompresor sangat membahayakan, sehingga media pendingin yang di rekomendasikan untuk proses pemesinan facing adalah oli SAE 40, karena memiliki daya pelumas yang tinggi dan *safety*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abda'u, F., dan A.M. Sakti. 2014. Pengaruh Jenis Pahat, Jenis Pendinginan Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kerataan Dan Kekasaran Permukaan Baja St 42 Pada Proses Bubut Rata Muka. *Teknik Mesin*, 3(1), 23–32.
- Abdunnaser dan Sumiyanto .2015. Pengaruh Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Plat Baja Karbon ASTM A-36. *Bina Teknika* 11(2): 155-170.
- Aditia M, dan A.M. Sakti. 2013. Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel, dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kerataan Permukaan dan Bentuk Geram Pada Proses Bubut Konvensional. *Jurnal Teknik Mesin* 1(2): 311-318.
- Ardiansyah D, dan A.M. Sakti. 2013. Pengaruh Jenis Pahat dan Cairan Pendingin Serta Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekerasan Permukaan Baja ST 60 Pada Proses Bubut Konvensional. *Jurnal Teknik Mesin* 1(3): 83-90.
- Farokhi,W. Sumbodo, dan Rusiyanto. 2017. Pengaruh Kecepatan Putar Spindle (RPM) dan Jenis Sudut Pahat Pada Proses Pembubutan Terhadap Tingkat Kekasaran Benda Kerja Baja Ems 45. *Jurnal Sainsteknologi* 15(1): 85-94.
- Hidayat T, dan B.A.Hasyim. 2015. Pengaruh Kedalaman Pemakanan, Jenis Pendingin dan Kecepatan Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Bubut Konvensional. *Jurnal Teknik Mesin*. 1(1): 62-67
- Ismanhadi M., dan Setyorini Y. 2013. Pengaruh Media Pendingin pada Proses Hardening terhadap Strukturmikro Baja Mangan Hadfield AISI 3401 PT Semen Gresik. *Jurnal Teknik Pomits* 2(2): 224-227
- Koleva, et.al. 2015. The influence of the mechanical deformations on the machining accuracy of complex profiles on CNC Lathes. *Journal Mechanical Engineering*
- Kurniawan P, dan Arif M . 2014. Pengaruh Variasi Kedalaman Pemakanan Dan Kecepatan Putar Spindle Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Aluminium 6061 Pada Mesin Cnc Tu- 2a dengan Program Absolut G01. *Jurnal Teknik Mesin* 3(1): 120-125.
- Lesmono I, dan Yunus. 2013. Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel, Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Dan Kekerasan

- Permukaan Baja St. 42 Pada Proses Bubut Konvensional. *Jurnal Teknik Mesin* 1(3): 48-55.
- Munadi, Sudji. 1988. *Dasar-Dasar Metrologi Industri*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Mu'afax F., Harjanto Budi., dan Suharno. 2010. Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Remelting Al-Si Berbasis Limbah Piston Bekas dengan Perlakuan Degassing. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Nugroho E, Ridhuan K, dan Suraya. 2017. Pengaruh Jenis Pahat Dan Variabel Pemotongan Dengan Menggunakan Toolpost Segmentasi Pada Mesin Bubut Merk Knuth Tipe Turnado 230 Terhadap Efisiensi Pembubutan. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro* 6(1): 62-75.
- Nurkholiq, M. S., Purwanto, H., dan Respati, S. M. B. (2013). Analisa Pengaruh Variasi Tekanan Pada Pengecoran Squeeze Terhadap Kekerasan Produk Sepatu Kampas Rem Dengan Bahan Aluminium (Al) Silikon (Si) Daur Ulang, 9(2), 34–37.
- Pramawata P, Yunus. 2013. Pengaruh Jenis Pahat, Sudut Pahat Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Dan Kekerasan Pada Proses Bubut Rata Baja St 42. *Jurnal Teknik Mesin* 1(3): 56-64
- Prasetya T. 2010. Pengaruh Gerak Pemakanan Dan Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Logam Hasil Pembubutan Pada Material Baja HQ 760. *Skripsi*. Program S1 Pendidikan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Prasetyo M., Irfa'i M. 2014. Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel, dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja S45C Dengan Menggunakan *Software MasterCam* pada Mesin *MORI SEIKI CL2000*. *Jurnal Teknik Mesin* 3(1): 141-146.
- Rao C.J, et.al. 2013. Influence of cutting parameters on cutting force and surface finish in turning operation. *Procedia Engineering*
- Setiyorini, dan Septianto B. 2013. Pengaruh Media Pendingin pada Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Friction Wedge AISI 1340. *Jurnal Teknik Pomits* 2(2): 224-227.
- Sidi, P., & Wahyudi, M. T. (2013). Aplikasi Metoda Taguchi Untuk Mengetahui Optimasi Kebulatan Pada Proses Bubut Cnc. *Jurnal Rekayasa Mesin Tahun* 4(2): 101–108.

- Sumbodo, W. (2008). *Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 2* (2nd ed.). Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Supramono., Bahtiar., Dan Iqbal., 2014. Pengaruh Media Pendingin Minyak Pelumas SAE 40 Pada Proses *Quenching* dan *Tempering* Terhadap Ketangguahn Baja Karbon Rendah. *Jurnal Mekanikal* 5(1): 455-463
- Yuri S., Djamil S., dan Lubis. 2016. Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Hardening Material Baja S45C. *Jurnal Teknik Mesin* 14(2): 79-87.
- Zubaidi A, Syafaat I, dan Darmanto. 2012. Analisis Pengaruh Kecepatan Putar Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Material FCD 40 Pada Mesin Bubut CNC. *Jurnal Momentum* 8(1): 40-47.