



**SURAT PERJANJIAN PENUGASAN
DALAM RANGKA PELAKSANAAN PROGRAM PENELITIAN
TAHUN ANGGARAN 2016**

Nomor : *441* -SPK-LPPI/Untar/*VI* /2016

Pada hari ini, *dua* tanggal *29* bulan *Juli* tahun Dua ribu enam belas kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. Jap Tji Beng, Ph.D. : Ketua Lembaga Penelitian dan Publikasi Ilmiah Universitas Tarumanagara, bertindak atas nama Rektor Universitas Tarumanagara yang selanjutnya dalam Surat Perjanjian ini disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**;
2. Dr. Ir. Muhammad Sobron Yamin Lubis, M.Sc. : Dosen Universitas Tarumanagara, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2016 dan atas nama 1 (satu) orang Peneliti Anggota:

Nama : Steven Dermawan, ST. MT.
Jabatan : Dosen Tetap Fakultas Teknik

untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

Perjanjian penugasan ini berdasarkan pada Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian bagi dosen perguruan tinggi Swasta Kopertis Wilayah III, Tahun Anggaran 2016, Nomor: 776/K3/KM/SPK.LT/2016, tanggal 14 Juni 2016.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian **Hibah Bersaing** Tahun 2016 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagaimana diatur dalam pasal-pasal sebagai berikut:

Pasal 1

PIHAK PERTAMA memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk melaksanakan Penugasan Penelitian **Hibah Bersaing** Baru tahun 2016 dengan judul :

"Penggunaan Keramik Alumina (Al₂O₃) Untuk Bahan Mata Pahat Insert Pemotong Logam"

1. **PIHAK KEDUA** bertanggung jawab penuh atas pelaksanaan Administrasi dan keuangan atas pekerjaan sebagai mana dimaksud pada ayat 1 dan berkewajiban menyerahkan semua bukti-bukti pengeluaran serta dokumen pelaksanaan lainnya dalam bendel laporan yang tersusun secara sistematis kepada **PIHAK PERTAMA**.
2. Pelaksanaan Penugasan Penelitian **Hibah Bersaing** Baru tahun 2016 sebagaimana dimaksud judul penelitian di atas didanai dari DIPA Kopertis Wilayah III Jakarta Nomor: 776/K3/KM/SPK.LT/2016, tanggal 14 Juni 2016.

Pasal 2

PIHAK PERTAMA menyerahkan dana penelitian sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 sebesar **Rp. 50.000.000,- (lima puluh juta rupiah)** yang berasal dari DIPA Kopertis Wilayah III, Nomor: 776/K3/KM/SPK.LT/2016, tanggal 14 Juni 2016. Dana Penugasan Pelaksanaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total bantuan dana kegiatan yaitu $70\% \times \text{Rp } 50.000.000,- = \text{Rp.35.000.000,-}$ (**tiga puluh lima juta rupiah**).
- b. Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% dari total dana yaitu $30\% \times \text{Rp. 50.000.000,-} = \text{Rp. 15.000.000,-}$ (**lima belas juta rupiah**), dibayarkan setelah **PIHAK KEDUA** menyerahkan *hardcopy* Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penugasan Penelitian **Hibah Bersaing** Tahun Anggaran 2016 dan Laporan Penggunaan Anggaran 70% yang telah dilaksanakan kepada **PIHAK PERTAMA** dan mengunggah *soft copy*nya ke SIMLITABMAS paling lambat tanggal 10 Agustus 2016.
- c. **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab mutlak dalam pembelanjaan dana tersebut pada ayat (1) sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui dan berkewajiban untuk menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** semua bukti-bukti pengeluaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan ke kepada **PIHAK PERTAMA** untuk disetor ke Kas Negara.

Pasal 3

Dana Penugasan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat 1 dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** melalui rekening yang diajukan dan atas nama **PIHAK KEDUA**.

Pasal 4

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menindaklanjuti dan mengupayakan hasil Program Hibah Penelitian berupa hak kekayaan intelektual dan atau publikasi ilmiah sesuai dengan luaran yang dijanjikan pada Proposal.
- (2) Perolehan hasil sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi.

- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan perolehan hasil sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA** selambat-lambatnya pada tanggal 10 Agustus 2016.

Pasal 5

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah laporan kemajuan pelaksanaan kegiatan ke SIM-LITABMAS paling lambat tanggal 10 Agustus 2016 sesuai ketentuan pada Buku Panduan Program Hibah Penelitian Tahun 2016.
- (2) **PIHAK PERTAMA** melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Program Hibah Penelitian tahun 2016 sebelum pelaksanaan monitoring dan evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat Ristekdikti.

Pasal 6

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Program Hibah Penelitian dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat Ristekdikti.

Pasal 7

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah ke Simlitabmas dokumen sebagai berikut:
- Catatan harian dan penggunaan dana 30%, paling lambat tanggal 15 Oktober 2016.
 - Catatan akhir, laporan keuangan 100%, capaian hasil, poster, artikel ilmiah dan profile, selambat-lambatnya 31 Oktober 2016.
- Format dokumen mengacu pada buku panduan edisi X tahun 2016
- (2) Hard copy Laporan Akhir dan Rekapitulasi Laporan Penggunaan Anggaran sebagaimana dimaksud ayat (1) diserahkan kepada **PIHAK PERTAMA** paling lambat tanggal 31 Oktober 2016. Di bawah bagian kulit laporan akhir ditulis:

Dibiayai oleh

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Hibah Penelitian
Nomor: 033/SP2H/LT/DRPM/II/2016 dan 214/SP2H/LT/DRPM/III/2016, tanggal 17
Februari 2016 dan 10 Maret 2016

Pasal 8

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 tidak dapat melaksanakan Program Hibah Penelitian Tahun 2016, maka **PIHAK**

KEDUA wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.

- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 9

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Hibah Penelitian telah berakhir, **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya dan atau terlambat mengirim laporan Kemajuan dan atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi denda sebesar 1 ‰ (satu permil) setiap hari keterlambatan sampai dengan setinggi-tingginya 5% (lima persen), terhitung dari tanggal jatuh tempo sebagaimana tersebut pada pasal 1 ayat (1), 2 dan ayat (3), yang terdapat dalam Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Program Hibah Penelitian Universitas Tarumanagara Tahun Anggaran 2016 ;
- (2) Denda sebagaimana dimaksud pada ayat (3) disetorkan ke Kas Negara dan foto copy bukti setor denda yang telah divalidasi oleh KPPN setempat diserahkan kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 10

- (1) Apabila dikemudian hari judul Penelitian **Hibah Bersaing** sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Hibah Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidak-jujuran/itikad kurang baik yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka kegiatan Program Hibah Penelitian tersebut dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana Penelitian **Hibah Bersaing** Tahun 2016 yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 11

Hal-hal dan atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan ke kantor pelayanan pajak setempat sebagai berikut:

1. Pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%;
2. Belanja honorarium dikenai PPh Pasal 21 dengan ketentuan:
 - a. 5% bagi yang memiliki NPWP untuk golongan III, serta 6% bagi yang tidak memiliki NPWP.
 - b. Untuk golongan IV sebesar 15%; dan
3. Pajak-pajak lain sesuai ketentuan yang berlaku.

Pasal 12

- (1) Hak atas kekayaan intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan Program Hibah Penelitian diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.
- (2) Hasil Program Hibah Penelitian berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga/masyarakat melalui Surat Keterangan Hibah.

Pasal 13

- (1) Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.
- (2) Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini diatur kemudian oleh kedua belah pihak.

Pasal 14

Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Hibah Penelitian ini dibuat rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

PIHAK PERTAMA



Jap Tji Beng, Ph.D

PIHAK KEDUA

Dr. Ir. Muhammad Sobron Yamin Lubis
M.Sc.

LAPORAN AKHIR TAHUN
PENELITIAN HIBAH BERSAING



**PENGUNAAN KERAMIK ALUMINA (Al_2O_3) UNTUK BAHAN MATA
PAHAT INSERT PEMOTONG LOGAM**

Tahun 1 dari rencana 2 tahun

OLEH:

Ketua: Dr.Ir.M.SOBRON YAMIN LUBIS,M.Sc (0114056705)
Anggota : Dr. STEVEN DARMAWAN, S.T.,M.T. (0311015701)

UNIVERSITAS TARUMANAGARA

NOVEMBER 2016

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : PENGGUNAAN KERAMIK ALUMINA (Al₂O₃)
UNTUK BAHAN MATA PAHAT INSERT
PEMOTONG LOGAM

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap : Ir MUHAMMAD SOBRON YAMIN LUBIS M.Sc
Perguruan Tinggi : Universitas Tarumanagara
NIDN : 0114056705
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Mesin
Nomor HP : 085215285583
Alamat surel (e-mail) : sobronl@ft.untar.ac.id

Anggota (1)

Nama Lengkap : STEVEN DARMAWAN S.T., M.T
NIDN : 0324108702
Perguruan Tinggi : Universitas Tarumanagara
Institusi Mitra (jika ada) :
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 50.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 100.000.000,00

Mengetahui,
Dekan



(Prof. Dr. Agustinus Purna Irawan, S.T., M.T.)
NIP/NIK 10398021

Jakarta, 24 - 11 - 2016
Ketua,



(Ir. MUHAMMAD SOBRON YAMIN LUBIS
M.Sc)
NIP/NIK 10311009

Menyetujui,
Ketua LPPI



(Ir. Jap Tji Beng, MMSI, Ph.D.)
NIP/NIK 10038104

RINGKASAN

Dalam proses pemesinan logam, disamping penggunaan mesin perkakas, mata pahat merupakan hal yang penting untuk dipertimbangkan. Dewasa ini berbagai jenis mata pahat telah dikembangkan dengan tujuan untuk mengefisiensikan dan mengoptimalkan proses pemotongan. Mata pahat jenis baja karbon merupakan mata pahat yang awal sekali digunakan.

Penelitian ini diawali dengan melakukan proses pemesinan logam menggunakan mata pahat karbida coated dan uncoated, proses pemesinan dilakukan dengan menggunakan mesin bubut. Benda kerja yang digunakan adalah jenis AISI 4340. Kajian awal tersebut bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan keausan yang terjadi pada permukaan mata pahat karbida tersebut.

Dari hasil penelitian awal diketahui bahwa Nilai kekasaran benda kerja (R_a) berbanding lurus dengan nilai keausan mata pahat (VB), karena pada proses pemotongan, bagian sudut potong mata pahat bukan lagi melakukan pemotongan, tetapi lebih karena pemotongan yang disebabkan oleh gesekan dari mata pahat yang sudah aus. Semakin aus mata pahat maka kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan semakin buruk.

Nilai kekasaran permukaan naik secara signifikan setelah VB mencapai 0.3 mm. Hal ini terjadi karena setelah VB 0.3 mm, gesekan antara mata pahat yang sudah aus dengan benda kerja semakin besar.

Mekanisme keausan yang terjadi adalah proses adhesi karena pada proses pemesinan berlangsung, terjadi penumpukan metal pada mata pahat yang bergesekan dengan benda kerja. Mekanisme keausan ini terjadi pada kedua mata pahat karbida coated dan uncoated.

Geram yang kontinu menghasilkan temperatur mata pahat saat memotong benda kerja semakin tinggi, sehingga dapat merusak mata pahat lebih cepat. Pada karbida coated, keausan terjadi lebih lambat dibanding karbida uncoated. Hal ini terjadi karena karbida coated memiliki lapisan berupa $TiCN+Al_2O_3+TiN$ yang keras dan lebih tahan terhadap temperatur tinggi dibanding karbida uncoated yang tidak memiliki lapisan.

Selanjutnya dilakukan pembuatan bahan mata pahat keramik alumina. Kajian dilakukan dengan metode eksperimental. Bahan serbuk keramik alumina dimasukkan kedalam sebuah mold yang berbentuk insert diberi beban sebesar 150 bar untuk menghasilkan bentuk keramik yang padat. Setelah dikeluarkan dari mold yang terbuat dari bahan baja perkakas, kemudian dilakukan proses sintering pada suhu $1000^{\circ}C$, $1600^{\circ}C$ dan $1700^{\circ}C$ selama 120 menit. Dari hasil pengujian bahan alumina diketahui bahwa spesimen bahan Alumina Pure memiliki sifat fisik dan mekanik terbaik pada suhu $1700^{\circ}C$. Spesimen bahan Alumina – A12 hasil pembakaran $1600^{\circ}C$, diprediksi membentuk alumina titanat membuat sifat mekanik dan sifat fisiknya lebih baik dibandingkan dengan prototipe bahan untar yang dibuat dari alumina murni sehingga penambahan TiO_2 menurunkan titik sinter alumina. Spesimen bahan Alumina-A12 hasil pembakaran $1700^{\circ}C$ kekerasan yang tinggi sebesar 2694,8 HV. Sehingga diperkirakan mampu melakukan pemotongan logam-logam.

PRAKATA

Puji syukur disampaikan kepada Tuhan yang Maha Kuasa atas segala limpahan Rahmat-Nya sehingga laporan penelitian ini dapat diselesaikan.

Penelitian ini merupakan salah satu tugas pokok seorang Dosen dalam melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan dan mengembangkan kompetensi keilmuan agar lebih memahami implementasi disiplin ilmu dalam perkembangan teknologi.

Keramik merupakan bahan non logam yang sekarang dikembangkan untuk keperluan dalam bidang engineering. Bahan keramik alumina memiliki ketahanan terhadap suhu yang tinggi, keras dan kuat. Pembentukan bahan keramik alumina dilakukan dengan menggunakan metode penekanan dan pensinteran. Dalam penelitian ini, bahan keramik alumina dilakukan proses sintering untuk menganalisa karakteristik yang dihasilkan dan mengaplikasikannya sebagai bahan mata pahat pemotong logam. Hasil kajian ini semoga memberi manfaat kepada para praktisi dalam melakukan pemesinan logam dan para peneliti yang berkaitan dengan pemotongan logam. Disamping itu dapat memperkaya referensi keilmuan dalam mata kuliah proses produksi dan proses pemesinan.

Dalam melakukan penyelesaian penelitian ini beberapa banyak memberikan bantuan sehingga terlaksananya kajian ini. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih khusus kepada:

1. Kementrian Riset Pendiidakn dan Kebudayaan Republik Indonesia
2. Ketua Lembaga Penelitian & Publikasi Ilmiah Universitas Tarumanagara Jakarta
3. Balai Besar Keramik Bandung
4. Dekan Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara Jakarta
5. Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Tarumanagara Jakarta
6. Kepala Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Universitas Tarumanagara Jakarta
7. Kepala Laboratorium Metrologi Industri Jurusan Teknik Mesin Universitas Tarumanagar Jakarta
8. Para rekan Dosen yang telah membantu dalam diskusi-diskusi ilmiah.

Semoga kiranya yang tersebut diatas mendapat balasan dari Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala kebaikan hati yang diberikan.

Pada kesempatan ini penulis juga memohon ma'af jika dalam penyampaian laporan ini terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif untuk menyempurnakan laporan penelitian ini.

Semoga laporan penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan berguna untuk Bangsa dan Negara

Jakarta, November 2016

Penulis

DAFTAR ISI	HALAMAN
HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1 Keramik Alumina Oksida (Al_2O_3)	3
2.2 Keramik Silikon Nitrida (Si_3N_4) Elemen-elemen Dasar pada Proses Pembubutan	3
2.3 Keramik Tradisional	3
2.4 .Keramik Modern	4
2.5 Keramik Struktur	5
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	7
BAB 4 METODE PENELITIAN	8
4.1 Penelitian keausan mata pahat potong	8
4.1.a. Peralatan dan Bahan	8
4.1.b. Parameter Pemotongan	10
4.1.c. Prosedur Eksperimental	10
4.1.d. Persiapan Mikroskop	11
4.1.e. Proses Pemesinan	12
4.1.f. Pengecekan Keausan dan Kekasaran Permukaan	12
4.2 Pembuatan Bahan Mata Pahat Keramik	15
4.2.a. Peralatan dan Bahan	15
BAB.5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	20
5.1. Analisa Keausan Mata Pahat Pada Proses Pemotongan Logam	20
5.2 Pembuatan Mata Pahat Keramik	28

BAB 6 RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	34
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL	HALAMAN
Tabel 5.1 Data Awal Parameter Pemesinan	20
Tabel 5.2 Pertumbuhan Keausan Karbida Coated	21
Tabel 5.3 Nilai VB Karbida Coated	23
Tabel.5.4 Pertumbuhan Keausan Karbida Uncoated	24
Tabel 5.5 Nilai VB Karbida Uncoated	25
Tabel 5.6 Perbandingan VB Karbida Coated dan Uncoated	26
Tabel 5.7 Ra Benda Kerja pada Mata Pahat Karbida Coated	27
Tabel 5.8 Ra Benda Kerja pada Mata Pahat Karbida Uncoated	27
Tabel 5.9 Perbandingan Ra Karbida Coated dan Uncoated	28
Tabel 5. 10. Hasil Pengujian Kuat Tekan, Kekerasan, Susut Bakar dan Penyerapan Air Keramik Alumina	32

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 4.1 Mesin CNC Bubut “Mazak Mazatech Quick Turn 8N”	8
Gambar 4.2 Benda Kerja Alloy steel AISI 4340	8
Gambar 4.3 Gambar Teknik Karbida TNMG 160404 (a) coated dan (b) uncoated	9
Gambar 4.4 Tool Holder	9
Gambar 4.5 Mikroskop Digital Jenco	9
Gambar 4.6 Alat Ukur Kekasaran Permukaan (surface test)	10
Gambar 4.7 Bagian Sisi dan Kulit Benda Kerja diratakan	11
Gambar 4.8 Benda Kerja dilubangi dengan Center Drill dan Siap dilakukan Pemesinan	11
Gambar 4.9 Setting Mikroskop	11
Gambar 4.10 Setting Meja Mikroskop	12
Gambar 4.11 (a) Posisi mata pahat Sebelum Meja Mikroskop disetting (b) Mata Pahat Setelah Meja Mikroskop disetting	12
Gambar 4.12 Pengaturan Surface Tester	13
Gambar 4.13 Posisi Pengujian Surface Tester	13
Gambar 4.14 Diagram Alir Eksperimen	14
Gambar 4.15 Mold	15
Gambar 4.16 Timbangan digital	15
Gambar 4.17 Alat penekan	16
Gambar 4.18 Bahan Serbuk Keramik Alumina	17
Gambar 4.19 Proses Pembuatan Mata Pahat Keramik	18
Gambar 5.1 Keausan Mata Pahat Menit 36 Karbida Uncoated	21
Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Keausan Karbida Coated dan Uncoated	26
Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Ra Karbida Coated dan Uncoated	28
Gambar 5.4 Spesimen Keramik Alumina yang Telah di Press	29
Gambar 5.5 Spesimen Keramik Alumina tersinter	29
Gambar 5.5 Pengamatan Struktur Mikro Spesimen Keramik Alumina	30
Gambar 5.7 Struktur Mikro Keramik Alumina Sebelum Sintering (a) Pembesaran 50 x (b) Pembesaran 100 x (c) Pembesaran 200 x	30
Gambar 5.8 Struktur Mikro Keramik Alumina Setelah Sintering 1000 °C (a) Pembesaran 50 x (b) Pembesaran 100 x (c) Pembesaran 200 x	30
Gambar 5.9 Struktur Mikro Keramik Pure Alumina 0.6 mikron Setelah Sintering 1600 °C (a) Pembesaran 50 x (b) Pembesaran 100 x (c) Pembesaran 200 x	31
Gambar 5.10 Struktur Mikro Keramik Pure Alumina 0.6 mikron Setelah Sintering 1700 °C (a) Pembesaran 50 x (b) Pembesaran 100 x (c) Pembesaran 200 x	31
Gambar 5.11 Struktur Mikro Keramik Alumina A-12 Setelah Sintering 1600 °C (a) Pembesaran 50 x (b) Pembesaran 100 x (c) Pembesaran 200 x	31

Gambar 5. 12 Struktur Mikro Keramik Alumina A-12 Setelah Sintering 1700 °C
(a) Pembesaran 50 x (b) Pembesaran 100 x (c) Pembesaran 200 x

32

DAFTAR LAMPIRAN

HALAMAN

Lampiran 1. Artikel Ilmiah	39
Lampiran 2. Draft Artikel Ilmiah	50



**KONTRAK PENELITIAN
TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI
TAHUN ANGGARAN 2018
NO : 668-SPK-DIR.PPKM/UNTAR/V/2018**

Pada hari ini **Jumat**, tanggal **25** bulan **2018** tahun **dua ribu delapan belas**, kami yang bertanda tangan di bawah ini :

1. **Jap Tji Beng, Ph.D** : Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Rektor Universitas Tarumanagara yang berkedudukan di Jl. Letjen. S. Parman No. 1 Grogol Jakarta Barat untuk selanjut disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**.
2. **Ir. M. Sobron Yamin Lubis, M.Sc., Ph.D.** : Dosen Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2018; untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA** secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2018 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut :

**Pasal 1
Ruang Lingkup Kontrak**

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2018 dengan judul : **APLIKASI BAHAN KOMPOSIT KERAMIK ALUMINA ZIRKONIA SEBAGAI BAHAN MATA PAHAT INSERT PEMOTONG BAJA**.

**Pasal 2
Dana Penelitian**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar **Rp. 83.985.000 (Delapan puluh tiga juta sembilan ratus delapan puluh lima ribu rupiah)** sudah termasuk pajak.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Penelitian Anggaran Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan (DIPA), Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor SP DIPA- 042. 06.1.401516 / 2018 tanggal 5 Desember 2017.

Pasal 3
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut :
- (a) Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total bantuan dana penelitian yaitu $70\% \times \text{Rp. } 83.985.000,- = \text{Rp. } 58.789.500,-$ (**Lima puluh delapan juta tujuh ratus delapan puluh sembilan ribu lima ratus rupiah**), yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PARA PIHAK** membuat dan melengkapi rancangan pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai.
 - (b) Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu $30\% \times \text{Rp. } 83.985.000,- = \text{Rp. } 25.195.500,-$ (**Dua puluh lima juta seratus sembilan puluh lima ribu lima ratus rupiah**), dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah ke SIMLITABMAS yaitu Laporan Pelaksanaan Penelitian dan Catatan Harian.
 - (c) Biaya tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** bersamaan dengan pembayaran Tahap Kedua dengan melampirkan Daftar Luaran Penelitian yang sudah di validasi oleh **PIHAK PERTAMA**
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut :

Nama	: Ir. Muhammad Sobron Yamin Lubis, M.Sc.
Nomor Rekening	: 378304204
Nama Bank	: BNI

- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

Pasal 4
Jangka Waktu

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak **Tanggal 6 Maret 2018** dan berakhir pada **Tanggal 16 November 2018**.

Pasal 5
Target Luaran

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa Artikel Ilmiah pada *Jurnal International School of Mechanical University Pahang Malaysia*.
- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian berupa *Hak Kekayaan Intelektual*.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 6
Hak dan Kewajiban Para Pihak

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA** :
 - (a) **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7:
 - (b) **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA** :
 - (a) **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
 - (b) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran Penelitian Produk Terapan dengan judul **APLIKASI BAHAN KOMPOSIT KERAMIK ALUMINA ZIRKONIA SEBAGAI BAHAN MATA PAHAT INSERT PEMOTONG BAJA** dan catatan harian pelaksanaan penelitian;
 - (c) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggung jawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang disetujui;
 - (d) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penggunaan dana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7.

Pasal 7
Laporan Pelaksanaan Penelitian

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan kemajuan dan laporan akhir mengenai luaran penelitian dan rekapitulasi penggunaan anggaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA** yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Kemajuan dan Catatan harian penelitian yang telah dilaksanakan ke SIMLITABMAS paling lambat **10 September 2018**.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Kemajuan dan Rekapitulasi Penggunaan Anggaran 70% kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat **17 September 2018**.

- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Akhir, Capaian Hasil, Poster, Artikel Ilmiah dan Profil pada SIMLITABMAS paling lambat **16 November 2018** (bagi penelitian tahun terakhir).
- (5) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :
 - a. Format Font : Times New Romans ukuran 12 spasi 1,5 dan kertas A4;
 - b. Di bawah bagian cover ditulis;

Dibiayai oleh :
**Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementrian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2018
Nomor : 010/KM/PNT/2018, 6 Maret 2018**

Pasal 8 Monitoring dan Evaluasi

- (1) **PIHAK PERTAMA** dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2018 ini sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementrian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.
- (2) Peneliti/Pelaksana penelitian yang tidak hadir dalam kegiatan pemantauan dan evaluasi tanpa pemberitahuan sebelumnya kepada Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, maka pelaksanaan penelitian tidak berhak menerima sisa dana tahap kedua.

Pasal 9 Penilaian Luaran

- (1) Penilaian luaran Penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- (2) Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima oleh peneliti harus disetorkan kembali ke Kas Negara.

Pasal 10 Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementrian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi.

Pasal 11
Penggantian Ketua Pelaksana

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat (1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 12
Sanksi

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya, terlambat mengirim laporan Kemajuan, dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA** yang apabila tidak dapat dilunasi oleh **PIHAK KEDUA**, akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 13
Pembatalan Perjanjian

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 14
Pajak-Pajak

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggung jawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan oleh **PIHAK KEDUA** ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

Pasal 15
Peralatan dan/alat Hasil Penelitian

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Universitas Tarumanagara sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Pasal 16
Penyelesaian Sengketa

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

Pasal 17
Lain-lain

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh **PARA PIHAK** pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.



Jap Tji Beng, Ph.D.



PIHAK KEDUA

Ir. Muhammad Sobron Vamin Lubis, M.Sc., Ph.D.

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PRODUK TERAPAN



**APLIKASI BAHAN KERAMIK ALUMINA ZIRKONIA SEBAGAI BAHAN
MATA PAHAT INSERT PEMOTONG BAJA**

Tahun 1 dari rencana 2 tahun

OLEH:

Ketua: Dr.Ir.M.SOBRON YAMIN LUBIS,M.Sc (0114056705)
Anggota : Dr. STEVEN DARMAWAN, S.T.,M.T. (0311015701)
Dr.ADIANTO, M.Sc (0329045501)

UNIVERSITAS TARUMANAGARA

NOVEMBER 2018

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : APLIKASI BAHAN KOMPOSIT KERAMIK ALUMINA
ZIRKONIA SEBAGAI BAHAN MATA PAHAT
INSERT PEMOTONG BAJA

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap : Dr. Ir MUHAMMAD SOBRON YAMIN LUBIS, M.Sc.,
Ph.D

Perguruan Tinggi : Universitas Tarumanagara

NIDN : 0114056705

Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

Program Studi : Teknik Mesin

Nomor HP : 085215285583

Alamat surel (e-mail) : sobronl@ft.untar.ac.id

Anggota (1)

Nama Lengkap : Dr STEVEN DARMAWAN S.T, M.T

NIDN : 0324108702

Perguruan Tinggi : Universitas Tarumanagara

Anggota (2)

Nama Lengkap : Dr. Ir ADIANTO M.Sc.

NIDN : 0329045501

Perguruan Tinggi : Universitas Tarumanagara

Institusi Mitra (jika ada)

Nama Institusi Mitra : -

Alamat : -

Penanggung Jawab : -

Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun

Biaya Tahun Berjalan : Rp 83,985,000

Biaya Keseluruhan : Rp 322,750,000

Mengetahui,
Dekan Fak. Teknik

(Harto Tanujaya, S.T., M.T., Ph.D)
NIP/NIK 10393041



D.K.I. JAKARTA, 13 - 11 - 2018
Ketua,

(Dr. Ir MUHAMMAD SOBRON YAMIN
LUBIS, M.Sc., Ph.D)
NIP/NIK 10311009

Menyetujui,
Direktur Direktorat Penelitian dan PKM

(Ir Jap Tji Beng, MMSI., Ph.D)
NIP/NIK 10038104



RINGKASAN

Perkembangan material logam yang menghasilkan tingkat kekerasan yang semakin tinggi tentunya memerlukan memerlukan jenis mata pahat potong yang mampu melakukan fungsinya untuk membentuk logam tersebut dengan menggunakan mesin-mesin perkakas.berbagai jenis mata pahat terus dikembangkan untuk memenuhi keperluan dalam proses pembentukan logam tersebut agar dapat dilakukan pemesinan secara efektif dan ekonomis.

Pada penelitian ini diawali dengan kajian proses pemesinan logam untuk memotong material logam yang keras dengan menggunakan mata pahat karbida dan keramik. Pemesinan dilakukan dengan memvariasikan parameter pemotongan. Pemilihan parameter pemotongan berdasarkan jenis benda kerja dan mata pahat yang digunakan sebagaimana yang tertera pada katalog mata pahat. Pengamatan dilakukan terhadap kinerja mata pahat yang meliputi kenaikan dan sebaran temperatur pada mata pahat, keausan dan umur mata pahat yang dihasilkan dari proses pemesinan benda kerja proses bubut, pengamatan juga dilakukan terhadap kondisi kekasaran permukaan benda kerja logam yang dihasilkan.

Kemudian penelitian berikutnya adalah Investigasi Variasi Kecepatan Potong Optimal Pada Proses Pemesinan Baja AISI 4140 pada kajian ini menghitung biaya pemesinan logam dan menentukan kecepatan pemotongan yang optimal. Penentuan kecepatan potong optimal dapat diketahui melalui grafik yang diperoleh dari hasil perhitungan biaya pemesinan minimal dan jumlah produksi maksimal.

Penelitian Analisis Regresi Linier Kecepatan Pemotongan Pada Proses Pembubutan Gray Cast Iron dilakukan untuk mengetahui umur pahat sebagai efek dari perubahan kenaikan kecepatan pemotongan logam.

Selanjutnya dilakukan pembuatan bahan mata pahat keramik alumina zirkonia.

Penelitian diawali dengan pencampuran bahan alumina zirkonia dengan perbandingan 70 % : 30 %, 80 % : 20 %. Bahan keramik alumina zirkonia dibakar pada suhu 900 oC dan kemudian dilakukan pengukuran penyusutan yang dihasilkannya.

PRAKATA

Puji syukur disampaikan kepada Tuhan yang Maha Kuasa atas segala limpahan Rahmat-Nya sehingga laporan penelitian ini dapat diselesaikan.

Penelitian ini merupakan salah satu tugas pokok seorang Dosen dalam melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan dan mengembangkan kompetensi keilmuan agar lebih memahami implementasi disiplin ilmu dalam perkembangan teknologi.

Bahan keramik alumina zirconia merupakan bahan non logam yang sekarang dikembangkan untuk keperluan dalam bidang engineering. Bahan keramik alumina zirconia memiliki ketahanan teradap suhu yang tinggi, keras dan kuat. Pembentukan bahan keramik alumina zirconia dilakukan dengan menggunakan metode penekanan dan pensinteran. Dalam penelitian ini, bahan keramik alumina zirconia dilakukan proses sintering untuk menganalisa karaktersitik yang dihasilkan dan mengaplikasikannya sebagai bahan mata pahat pemotong logam. Diharapkan penelitian ini memberi manfaat kepada para praktisi dan dalam melakukan pemesian logam dan para peneliti yang berkaitan dengan pemotongan logam. Disamping itu dapat memperkaya referensi keilmuan dalam mata kuliah proses produksi dan proses pemesian.

Dalam melakukan penyelesaian penelitian ini beberapa banyak memberikan bantuan sehingga terlaksananya kajian ini. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih khusus kepada:

1. Kementrian Ristek Dikti Republik Indonesia
2. Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Tarumanagara Jakarta
3. Balai Besar Keramik Bandung
4. Dekan Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara Jakarta
5. Ketua Prodi Teknik Mesin Universitas Tarumanagara Jakarta
6. Kepala Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Universitas Tarumanagara Jakarta
7. Para rekan Dosen yang telah membantu dalam diskusi-diskusi ilmiah.

Semoga kiranya yang tersebut diatas mendapat balasan dari Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala kebaikan hati yang diberikan.

Pada kesempatan ini penulis juga memohon ma'af jika dalam penyampaian laporan ini terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapakan kritik dan saran yang konstruktif untuk menyempurnakan laporan penelitian ini.

Semoga laporan penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan berguna untuk Bangsa dan Negara

Jakarta, November 2018

Penulis

DAFTAR ISI	HALAMAN
HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1 Perkembangan Industri Keramik	3
2.2 Keramik Tradisional	4
2.3 .Keramik Modern	4
2.3.1 Keramik Struktur	4
2.3.2 Keramik Elektronik	5
2.3.3 Keramik Modern lainnya	6
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	8
BAB 4 METODE PENELITIAN	10
4.1 Penelitian Proses Pemesinan	10
4.2 Pembuatan Bahan Mata Pahat Keramik	11
BAB.5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	16
5.1. Penelitian Temperatur pada Mata Pahat Potong	16
5.2 Penelitian Investigasi Variasi Kecepatan Potong Optimal pada Proses Pemesinan Baja AISI 4140	18
5.3 Penelitian Analisis Regresi Linier Kecepatan Pemotongan pada Proses Pembubutan Gray Cast Iron	11
5.4 Penelitian Variasi Parameter Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 4340 pada Proses Pembubutan	20
5.5 Pembuatan Mata Pahat Keramik Alumina Zirkonia	24
	27

BAB 6 RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	29
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	30
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL	HALAMAN
Tabel 5.1 Pengukuran Temperatur Berdasarkan Waktu	16
Tabel 5.2 Hasil Pengukuran Rata-Rata	17
Tabel 5.3 Perpindahan Panas Pada Setiap Vc	17
Tabel.5.4 Hasil Perhitungan Temperatur Pada Ujung Mata Pahat	18
Tabel 5.5 Umur Pahat TNMA 160404	21
Tabel 5.6 Data Nilai Kekasaran Permukaan Baja AISI 4340 (tool coated carbide)	25
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Penekanan, Kekerasan, Shrinkage dan Penyerapan Air Keramik Alumina	27

DAFTAR GAMBAR	HALAMAN
Gambar 4.1 Mesin CNC Bubut “Mazak Mazatech Quick Turn 8N”	10
Gambar 4.2 Benda Kerja Alloy steel AISI 4340	11
Gambar 4.3 Mekanisme Pengukur Suhu pada Mata Pahat	11
Gambar 4.4 Mold	12
Gambar 4.5 Bahan Serbuk Keramik Alumina dan Zirkonia	13
Gambar 4.6 Timbangan	13
Gambar 4.7 Alat Pengaduk Keramik Alumina Zirkonia	14
Gambar 4.8 Mold Uji Spesimen Keramik Alumina Zirkonia	14
Gambar 4.9 Mold Mata Pahat Keramik Alumina Zirkonia	14
Gambar 4.10 Alat Penekan Serbuk Keramik Alumina Zirkonia	15
Gambar 5.1 Grafik Perubahan Temperatur Berdasarkan Waktu	16
Gambar 5.2 Grafik Temperatur Berdasarkan Kecepatan Potong	17
Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Temperatur pada Ujung Mata Pahat	18
Gambar 5.4 Tahapan Pembentukan Tail Stock	19
Gambar 5.5 Grafik Kecepatan Potong Optimal	20
Gambar 5.6 Mikroskop Digital Jenco	21
Gambar 5.7 Pertumbuhan Keausan pada Mata Pahat Coated Carbide	22
Gambar 5.8 Umur Pahat Berbanding Kecepatan Potong	22
Gambar 5.9 Pengukuran Nilai Kekasaran	24
Gambar 5.10 Feed Rate Vs Ra Pada Material Baja AISI 4340	25
Gambar 5.11 Vc Vs Ra Pada Material Baja AISI 4340	26

DAFTAR LAMPIRAN	HALAMAN
Lampiran 1. Artikel Ilmiah	34
Lampiran 2. Draft Artikel Ilmiah 1	44
Lampiran 3. Draft Artikel Ilmiah 2	52

BAB 1

PENDAHULUAN

Proses permesinan logam tidak dapat dipisahkan terhadap penggunaan mata pahat potong. Sifat-sifat mata pahat potong memberi spesifikasi tersendiri terhadap parameter pemotongan yang hendak digunakan. Pertimbangan yang umum dilakukan dalam pemilihan mata pahat adalah bergantung kepada jenis benda kerja yang hendak dipotong dan proses pemotongan yang akan digunakan. Proses pemotongan logam dengan menggunakan pahat potong (perkakas potong) pada mesin perkakas merupakan salah satu jenis proses pembuatan komponen mesin atau peralatan lainnya yang paling sering kita jumpai dibengkel-bengkel kecil maupun diindustri peralatan besar.

Beberapa faktor yang memberikan kontribusi secara kontinu dalam pengembangan pahat potong (Li.X.S, 1991) adalah :

1. Peningkatan produktivitas secara kontinu
2. Berkembangnya struktur alloy dengan berkurangnya kemampuan mesin tersebut
3. Peningkatan dalam penggunaan mesin-mesin yang otomatis dan dikontrol dengan komputer dan sistem yang memiliki derajat tinggi untuk reability dan kemampuan pahat.

Dengan meningkatnya tuntutan terhadap produksi yang tinggi dan biaya pembuatan yang rendah memberi efek terhadap meningkatnya pengembangan mata pahat yang mampu beroperasi pada kecepatan potong yang tinggi.

Bahan dasar keramik alumina zirconia memiliki sifat yang unik, yakni tahan terhadap suhu yang tinggi, keras dan kuat. Pembentukan bahan keramik alumina zirconia dilakukan dengan proses sintering pada suhu diatas 1500°C. Berdasarkan sifat-sifat yang dimiliki tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan keramik komposit alumina zirconia.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Keramik berasal dari perkataan greek yaitu keramos, yang bermaksud lempung yang di bakar pada temperatur tinggi (lebih 1500°C). Ada pendapat lainnya menyatakan bahwa keramik berasal dari perkataan keramikos yaitu segala hasil yang di perbuat dari lempung (tanah liat).

Jika di lihat daripada pengertian di atas, jelas menunjukkan bahwa ia agak terbatas, pengertian demikian hanya meliputi hasil-hasil tembikar saja. Oleh karena itu suatu pengertian yang lebih luas di perlukan memandang perkembangan tembikar dalam berbagai metode produksi dan penggunaan bahan keramik yang mempunyai sifat yang uniq dan modern pada masa kini.

Berdasarkan pengertian yang di beri oleh Kingery, keramik merupakan suatu seni dan pengetahuan dalam membuat dan menggunakan hasil padat yang sebahagian besar komponennya ialah bahan non organik yang bukan logam, hal ini selaras dengan pengertian yang di beri oleh Horslay di dalam *concise encyclopedia*. Berdasarkan pengertian ini, keramik adalah suatu bidang ilmu yang luas merangkumi bidang seperti tembikar, porselin, refraktori, lempung struktur, pelincir, semen, kaca, bahan bermagnet bukan logam, ferroelektrik, superkonduktor dan berbagai bahan tak organik lainnya.

2.1 Perkembangan Industri Keramik

Industri keramik berawal tahun 4500 sebelum Masehi yang di usahakan oleh penduduk di perkampungan neolitik di dalam daerah Shanxi di negeri China. Industri keramik pada masa itu hanya tertumpu pada produk tembikar.

Tembikar tertua di temui di England, dapat diketahui kembali pada pertama tahun masehi dan penaklukan Roma. Pada masa itu dan 1500 tahun Masehi, perkembangan yang paling penting adalah porselin yang dapat memantulkan cahaya. Aktivitas di England diawali dengan tembikar eistercian pada awal abad ke enam belas. Abad ketujuh belas mulai nampak permulaan industri tembikar Inggris melalui Tofst bersaudara yang membuat tembikar slip di Staffordshire. Dalam abad ke delapan belas mulai terlihat cikal bakal perkembangan yang telah menjadikan industri tembikar sebagaimana yang terdapat pada hari ini.

Cabang-cabang lain industri mula muncul pada abad kesembilan belas. Perhatian yang meningkat adalah tentang sanitasi yang berdasarkan air Herrington.

Di bagian akhir abad ini pengenalan elektrikal thermal telah membawa kepada cikal bakal permulaan industri porselin elektro.

Dalam masa setelah perang dunia kedua, industri keramik tertumpu kepada produksi yang dapat memberikan ciri-ciri yang istimewa serta Modern. Keramik dihasilkan daribahan mentah alami atau sintetis atau campuran yang melibatkan metode berteknologi modern. Keramik jenis ini digolongkan kepada keramik Modern atau advance keramik.

2.2 Keramik Tradisional

Sebelum perang dunia kedua, keramik tradisional meliputi industri keramik yang berdasarkan tanah liat. Ia merangkumi hasil tembikar, tanah liat semen, refraktori, dan hasil yang berkaitan dengan silikat.

Tembikar adalah sebutan umum yang digunakan bagi kumpulan hasil keramik yang di buat melalui proses pembakaran. Lebih kurang 40% dari industri refraktori terdiri dari hasil tanah liat yang di bakar, dan selebihnya adalah refraktori yang tidak berdasarkan tanah liat. Sektor yang terbesar dalam industri keramik tradisional adalah sektor yang mengeluarkan berbagai hasil kaca dan di ikuti oleh industri semen.

Satu lagi kumpulan keramik tradisional adalah tembikar putih. Hasil kumpulan ini juga melalui proses pembakaran tetapi strukturnya lebih luas dan terkontrol di bandingkan dengan tembikar. Hasil akhirnya dalam bentuk berkilat (glaze) ataupun tidak. Vorton membagikan tembikar putih kepada beberapa kelas yaitu tembikar tanah batu, tembikar cina, porselin dan keramik teknik.

Tembikar tanah di hasilkan daripada tanah liat yang di bakar pada temperatur dibawah 1200°C. Tembikar batu dihasilkan dari lempung api atau campuran lempung, silika dan fluks. Sifatnya lebih kuat dari tembikar tanah karena suhu pembakaran yang lebih tinggi, teksturnya lebih halus. Tembikar cina bersifat kaca, di hasilkan dari campuran mineral lempung, fluks, silika, alumina, abu tulang dan mineral-mineral lainnya. Suhu pembakaran sekitar 1300°C.

Porselin ialah tembikar kaca yang di hasilkan dalam bentuk berkilat atau tidak. Ia di buat daripada campuran mineral-mineral lempung, silika dan alumina untuk menambahkan kekuatan mekanik. Suhu pembakaran diatas 1300°C.

Keramik teknik adalah tembikar putih yang di gunakan sebagai tahanan listrik. Peralatan penahan panas dan kimia. Dihasilkan dengan menggabungkan penggunaan bahan mentah refraktori dan di bakar pada suhu melebihi 1300°C.

Hasil lempung yang di gunakan untuk bidang pembangunan perumahan (teknik sipil) terdiri daripada batubata, marmar dan saluran pipa. Mutunya agak rendah di bandingkan dengan tembikar putih.

2.3 Keramik Modern

Keramik Modern dihasilkan untuk memenuhi beberapa keperluan dari aspek ketahanan terhadap temperatur yang tinggi dan bahan kimia, ciri-ciri sifat mekanik dan listrik yang istimewa. Bahan-bahan ini terbagi kepada keramik oksida dan keramik bukan oksida. Beberapa contoh keramik oksida ialah alumina (Al_2O_3), Silika (SiO_2), Zirkonia (ZrO_2) dan Barium Titanat (BaTiO_2). Bahan jenis ini tersedia secara natural di dalam batu-batuan dan mineral. Keramik bukan oksida termasuklah nitrida (Si_3N_4 , TiN dan BN) dan karbida (SiC , TiC dan B_4C). Bahan – bahan ini di sintesisakan dengan menggunakan bahan mentah alami atau secara kimia. Klasifikasi seterusnya berkaitan dengan keramik modern adalah berdasarkan fungsi dan bidang penggunaannya.

2.3 a.Keramik Struktur

Keramik jenis ini mempunyai sifat mekanik yang baik. Bahan yang termasuk di dalam golongan ini adalah alumina, silikon karbida, silikon nitrida, komposite dan bahan yang di lapisi dengan keramik. Bahan ini sangat potensial di gunakan di dalam mesin diesel sebagai piston dan ruang pra pembakaran, turbo charge dan turbin gas. Keramik ini di gunakan juga sebagai bahan penyekat ruang pembakaran bertemperatur tinggi dan mata pahat potong logam (*Cutting tool*).

Keramik alumina adalah sebutan yang di gunakan bagi semua bahan yang kandungan utamanya terdiri daripada 85% alumina. Keramik alumina dihasilkan melalui proses penekanan panas ataupun proses sinter. Bahan ini di gunakan dalam bidang teknik karena sifatnya yang keras ($\pm 25 \text{ Gpa}$), suhu lebur tinggi (2025°C) dan konduktivitas listrik yang rendah ($\pm 10^{-11} \text{ Ohm}^{-1}\text{m}^{-1}$). Walau bagaimanapun, keramik alumina tidak tahan terhadap kejutan thermal, karena kekonduksian thermalnya yang rendah ($39\text{wm}^{-1}\text{k}$ pada range temperature $0\text{-}1200^\circ\text{C}$).

Zirkonia murni tidak stabil karena dapat berubah menjadi tiga fasa: monoklinik $\Rightarrow$ Tetragon $\Rightarrow$ Cubic, apabila di panaskan dari suhu kamar kepada titik leburnya 2770°C . Transformasi ini di susuli dengan perubahan volume sebanyak $\pm 5\%$. Yang mengakibatkan bahan tersebut menjadi retak. Untuk mengatasi masalah ini, zirkonia biasanya di stabilkan dengan penambahan 5 -10%

bahan penambah seperti Y_2O_3 , CaO atau MgO. Bahan ini digunakan sebagai kepala piston, pelapis klep, cetakan gigi dan tulang palsu.

Keramik karbida yang lain adalah boron karbida, tungsten karbida dan sebagainya.

Keramik silikon nitrida di hasilkan secara penekanan panas, proses sintenring dan tindak balas terikat pada temperatur antara $1200-1700^{\circ}C$. Oleh karena teknik penghasilannya berbeda-beda, maka kekuatannya bernilai antara 300 hingga 700 Mpa, bergantung kepada teknik yang di gunakan. Keramik nitrida yang lain antaranya ialah: SiAlON, Boron Nitrida, Aluminium Nitrida dan Titanium Nitrida.

Bahan-bahan tersebut di atas merupakan bahan utama dalam teknologi keramik. Walaupun bahan tersebut memiliki ke istimewaan dalam aspek kekuatan mekanik di bandingkan dengan logam dan alloy, tetapi ia bersifat rapuh dan mudah pecah/patah.

Untuk mengurangkan kerapuhan dan disamping memperbaiki sifat yang lain, bahan tersebut di campurkan dengan komposit. Contoh komposit antara lain: Si_3N_4-SiC , Al_2O_3-TiC dan $ZrO_2 - Al_2O_3$. di samping itu terdapat juga komposit keramik logam dan komposit keramik polimer yang masing-masing di kenal sebagai cermet dan cermers.

2.3 b. Keramik Elektronik

Yang termasuk di dalam katagori keramik ini mempunyai fungsi elektromagnet dan optik dan juga fungsi kimia yang berkaitan dengan penggunaanya secara langsung.

Keramik ini di gunakan sebagai bahan penyekat, dielektrik piezoelektrik, magnet, transducer dan pensemikonduksi. Kebanyakan keramik oksida dan silikat merupakan bahan penyekat yang sangat baik contohnya alumina, magnesia, beria, silica dan alumina silika. Karbon dan silikon karbida ialah antara keramik bukan oksida yang juga di gunakan sebagai bahan penyekat.

Bahan keramik yang memiliki ciri-ciri magnet terdiri daripada kumpulan ferit dengan gabungan satu atau lebih oksida Ba, Pb, Sr, Mn dan Zn. Bahan ini di hasilkan dalam bentuk keras ataupun lunak. Ciri magnet ini penting karena membolehkan bahan tersebut di gunakan dalam bidang elektronik gelombang mikro berfrekwensi tinggi.

Keramik superkonduktor ialah keramik elektronik terbaru yang di jumpai oleh saintis Bedurz dan Muller di laboratorium penelitian IBM Zurich pada tahun 1986.

Bahan ini tidak mempunyai hambatan terhadap arus listrik yang membolehkan arus listrik menjadi melaluinya selama-lamanya.

Bahan keramik konduktor adalah terdiri daripada system keramik oksida, sebagai contoh system Y-Ba-C-O, Bi-Sr-Ca-Cu-O dan Ti-Ca-Ba-Cu-O. Penemuan keramik superkonduktor adalah suatu bentuk bermulanya era baru dalam bidang teknologi elektronik.

Ditinjau dari aspek optik pula bahan keramik yang boleh menyerap, memancarkan dan memberikan bias cahaya, dan berisi pantulan adalah penting. Sebagai contoh alumina dan silika yang terlarut adalah memantulkan sinar dan di gunakan sebagai bahan jendela penghantaran infra merah litium niobat (LiNbO_2) digunakan sebagai unsur pingingat, system perekam dan video. Titanium nitrida digunakan sebagai pengumpul cahaya.

2.3 c. Keramik Modern Lainnya

Keramik Modern yang lain adalah bio keramik dan keramik nuklir. Bio keramik terdiri daripada bahan yang di gunakan dalam bidang kedokteran dan pergigian. contohnya ialah alumina dan zirkonia yang telah di gunakan sebagai gigi dan tulang sendi palsu. Kajian yang telah di jalankan di Pusat Pengajian Kejuruteraan Bahan dan Sumber Mineral USM Malaysia mendapati bahawa bahan keramik dapat di gunakan sebagai bahan pengganti tulang sekiranya organ manusia tersebut mengalami kerusakan. Misalnya dapat di gunakan sebagai pin untuk penyambung tulang yang patah. Pembedahan kedua tidak perlu di lakukan untuk mengeluarkan pin tersebut karena bahan tersebut didesain agar di serap kedalam tubuh manusia tanpa mendatangkan kemudaratan (Mohd. Azrone Sarabatin, 2000). Technology keramik ini di kenal dengan Technology Bioceramic.

Kajian kemampumesinan (machinability) bahan keramik pula di jalankan pada Pusat Pengajian Kejuruteraan Mekanik USM. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui kebolehan bahan keramik tersebut di bentuk dengan menggunakan mesin perkakas CNC. Penelitian yang di jalankan menunjukkan bahwa bahan keramik tersebut dapat di bentuk menggunakan mesin CNC tersebut. Ini merupakan satu kemajuan baru jika nantinya bahan keramik tersebut memerlukan bentuk yang kompleks. Namun demikian proses pemesinan tersebut haruslah di lakukan sebelum proses sintering bahan keramik. Hal tersebut untuk menghindari terjadinya keretakan yang terjadi semasa pemesinan tersebut.

Keramik nuklir ialah bahan yang di gunakan di dalam rector nuclear, contohnya Vc digunakan sebagai bahan bakar nukler, C dan SiC di gunakan sebagai pelindung bahan bakar dan BuC sebagai batang pengontrol.

Dalam dunia pemotongan logam, bahan mata pahat dewasa ini berkembang menggunakan bahan keramik. Mata pahat keramik ini dapat memotong logam-logam keras tanpa menggunakan cairan pendingin, ia juga dapat dioperasikan untuk pemotongan logam pada kecepatan pemotongan yang tinggi. Bahan dasar tersebut antara lain alumina (Al_2O_3), Silikon Nitrida (Si_3N_4) dan SiALON.

BAB 3

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Perkembangan material logam yang semakin meningkat kekerasannya sehingga diperlukan diperlukan jenis mata pahat yang mampu melakukan pemotongan logam-logam tersebut, disamping itu untuk mengembangkan potensi pemanfaatan bahan alam (lempung) sehingga dapat digunakan dalam industri manufaktur. Hal tersebut yang menjadi urgensi penelitian ini dilakukan. Proses pemesinan yang ramah lingkungan memerlukan pemesinan yang tidak menggunakan *coolant (dry machining)*, sehingga diperlukan jenis bahan mata pahat yang mampu melakukan pemotongan logam keras dengan kekerasan dan kekuatan yang tinggi tanpa menggunakan cairan pendingin.

Adapun target khusus yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah diperolehnya data awal tentang sifat-sifat daripada bahan mata pahat keramik alumina zirkonia, yang meliputi sifat-sifat physic, mekanik dan struktur, ketahanan terhadap keausan yang ditunjukkan melalui mekanisme keausan yang terjadi, kenaikan temperature pemotongan dan struktur permukaan mata pahat yang mengalami keausan, umur pahat diketahui melalui lamanya waktu pahat mampu melakukan pemotongan sehingga mengalami keausan dan panjang pemotongan yang dihasilkan, kualitas permukaan benda kerja yang dihasilkan yakni nilai kekasaran permukaan benda kerja yang diperoleh, parameter pemotongan optimal merupakan kombinasi parameter pemotongan yang sesuai digunakan dalam melakukan pemotongan. Hal tersebut tentunya akan memicu para ilmuan akademik untuk berinovasi dalam mengembangkan dan mendesain mata pahat potong khususnya untuk pemotongan benda kerja yang keras dan pemesinan kecepatan tinggi.

Dalam jangka panjang penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan dan mengembangkan mata pahat pemotong logam yang terbuat dari bahan keramik alumina zirkonia. Sehingga diharapkan mata pahat keramik dapat diproduksi di dalam negeri, dimanfaatkan oleh Industri pemesinan dan akan menghasilkan suatu industri manufaktur mata pahat keramik. Dari penelitian ini akan dihasilkan prototype mata pahat keramik alumina dan karya ilmiah yang akan di publish pada jurnal ilmiah.

Penelitian ini diharapkan memberi manfaat yang berarti bagi para peneliti, staf pengajar dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Dapat memperkaya referensi keilmuan dalam bidang

pemesinan khususnya yang terkait dengan bahan keramik. Penelitian ini juga diharapkan bisa menjadi cikal bakal pengembangan bahan komposit keramik dalam bidang teknik manufaktur

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1. Penelitian Proses Pemesinan

Selama proses pemesinan, beberapa parameter pemotongan ditetapkan seperti kecepatan potong, kedalaman potong, dan kecepatan pengumpanan. Variasi kecepatan pemotongan di samping mempengaruhi hasil pemesinan juga dapat mempengaruhi kenaikan suhu pada bidang kontak mata pahat selama proses pemesinan. Pada penelitian ini, mata pahat karbida dan keramik digunakan untuk melihat perbandingan kenaikan suhu diantara keduanya. Pengukuran suhu menggunakan termokopel tipe-K dan termometer yang dilekatkan pada ujung mata pahat. Percobaan dilakukan dalam pemesinan kering menggunakan bahan benda kerja baja paduan AISI 4340. Sisipan karbida insert dan insert keramik yang digunakan type DNMG 150404HQ CVD. Hasil percobaan menunjukkan Nilai suhu tertinggi pada alat pemotong karbida adalah 114 °C pada kecepatan pemotongan 240 m / menit sedangkan nilai suhu terendah adalah 87,8 °C pada kecepatan pemotongan 160 m / menit. Sedangkan pada mata pahat keramik nilai suhu terukur tertinggi adalah 52,5 °C pada kecepatan pemotongan 240 m / menit dan terendah 47,5 °C pada kecepatan potong 160 m / menit. Dilakukan pemotongan logam dengan menggunakan mata pahat karbida coated dan uncoated terhadap benda kerja baja paduan yang bertujuan untuk menganalisa keausan yang terjadi pada kedua jenis mata pahat tersebut. dan hasil penelitian ini nantinya akan dijadikan bahan perbandingan terhadap mata pahat keramik yang dihasilkan melalui proses sintering. Untuk mencapai objektif penelitian awal ini dilakukan dengan menggunakan Mesin CNC Bubut “Mazak Mazatech Quick Turn 8N”



Gambar 4.1 Mesin CNC Bubut “Mazak Mazatech Quick Turn 8N”

Bahan benda kerja *Alloy steel* AISI (*American Iron & Steel Institue*) 4340 dengan ukuran: Diameter: 50 mm, panjang: 180 mm (panjang pemakanan 150mm)



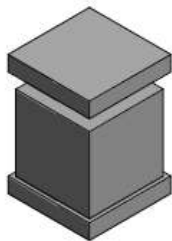
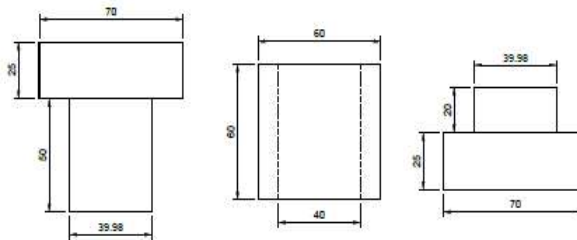
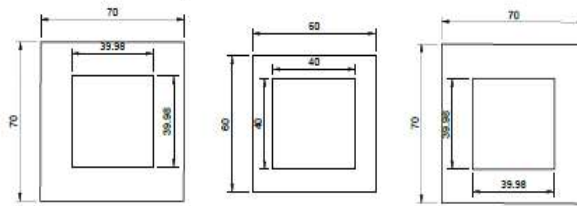
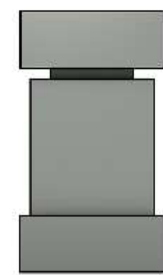
Gambar 4.2 Benda Kerja *Alloy steel* AISI 4340



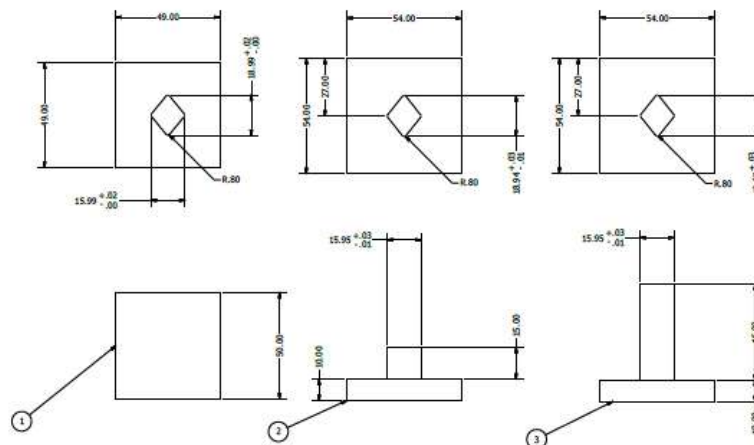
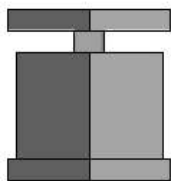
Gambar 4.3. Mekanisme Pengukuran Suhu Pada Mata Pahat

4.2. Pembuatan Mata Pahat Keramik Alumina Zirkonia

Pada pembuatan mata pahat keramik alumina peralatan dan bahan yang digunakan antara lain:



ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Die	
2	1	Anvil	
3	1	Punch	



Gambar 4.4 Mold

Dua buah Mold digunakan yaitu untuk pencetakan serbuk keramik alumina zirkonia untuk pengujian sifat-sifat mekanik dan satu mold digunakan untuk mencetak keramik alumina zirkonia untuk dijadikan mata pahat.

Bahan serbuk alumina dan zirkonia disampaikan pada gambar berikut :



Gambar 4.5 Bahan Serbuk Keramik Alumina dan Zirkonia



Gambar 4.6 Timbangan digital

Timbangan digunakan untuk menentukan jumlah berat serbuk yang akan dipadatkan dalam mold.



Gambar 4.7 Alat Pengaduk Keramik Alumina Zirkonia

Alat pengaduk berfungsi untuk mencampurkan bahan keramik dan zirkonia agar merata. Serbuk keramik alumina zirkonia dimasukkan kedalam mold untuk karakteristik sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 4.8 Mold Uji Spesimen Keramik Alumina Zirkonia



Gambar 4.9 Mold Mata Pahat Keramik Alumina Zirkonia



Gambar 4.10 Alat penekan Serbuk Keramik Alumina Zirkonia

Alat penekan digunakan untuk memadatkan dan membentuk serbuk keramik alumina zirkonia menjadi bentuk persegi empat untuk diujia sifat-sifat mekaniknya.

Setelah selesai dilakukan penekanan, kemudian spesimen dikeluarkan dari mold dan dilakukan pengukuran dimensi menggunakan alat ukur fernier caliper (jangka sorong).spesimen yang telah dipadatkan kemudian dilakukan proses pembakaran.

BAB 5

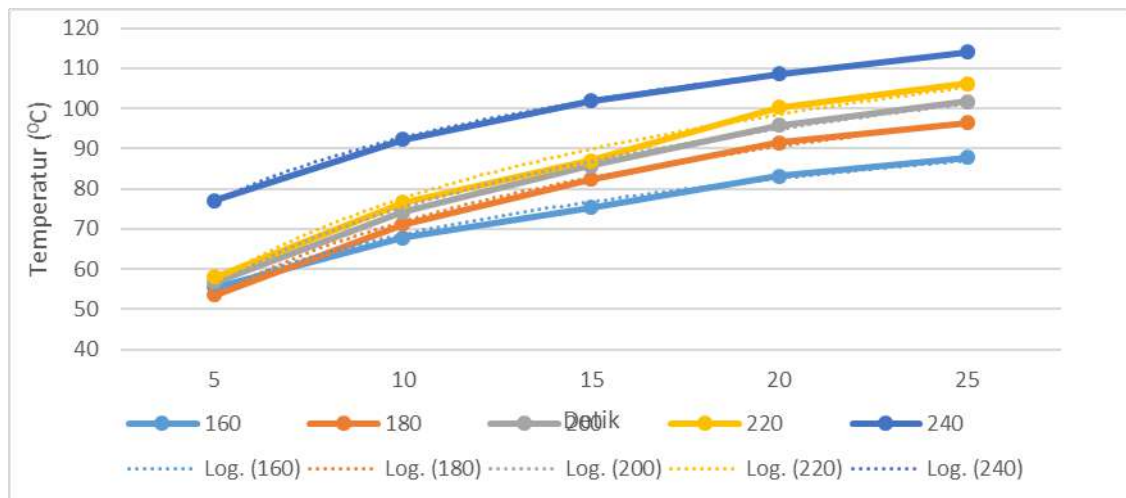
HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1 Penelitian Analisis Temperatur Pada Mata Pahat Potong

Berikut adalah hasil percobaan pengukuran temperatur pemesian pada mata pahat berdasarkan waktu dan suhu rata-rata yang diperoleh dari 3 kali percobaan. Dari data yang diperoleh dapat dilihat bahwa suhu pada mata pahat meningkat seiring dengan waktu.

Tabel 5.1 Pengukuran Temperatur Berdasarkan Waktu

<i>Cutting Speed</i> (m/min)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Detik ke-5	Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Detik ke-10	Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Detik ke-15	Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Detik ke-20	Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Detik ke-25
160	55,4	67,8	75,3	83,2	87,8
180	53,6	71,1	82,3	91,4	96,4
200	56,7	74,1	85,7	95,7	101,7
220	58,03	76,5	87	100,2	106,2
240	77,1	92,2	101,8	108,6	114

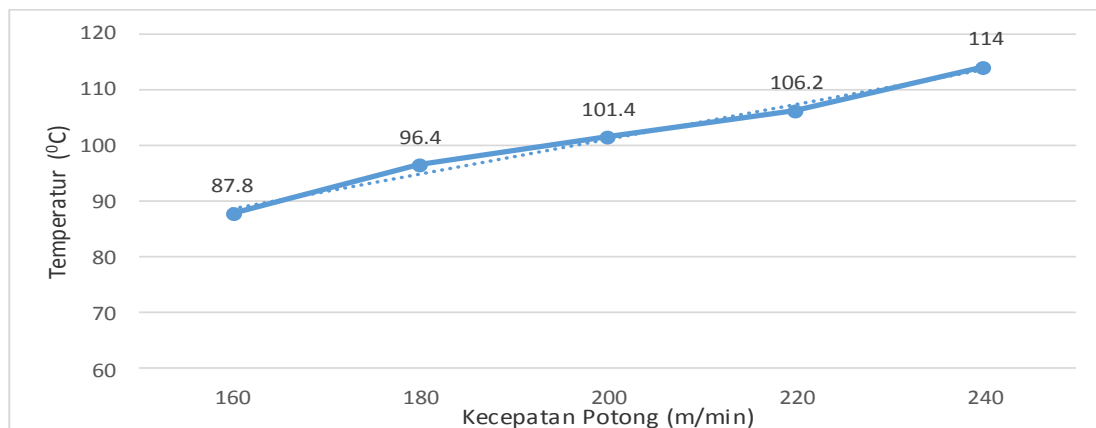


Gambar 5.1. Grafik Perubahan Temperatur Berdasarkan Waktu

Berikut adalah data yang diambil dengan 3 kali percobaan pada masing-masing *cutting speed* yang berbeda-beda. Dari 3 kali percobaan diambil suhu rata-rata untuk memperoleh data yang valid.

Tabel 5.2 Hasil Pengukuran Rata-Rata

Cutting Speed (m/min)	Suhu (°C) Percobaan 1	Suhu (°C) Percobaan 2	Suhu (°C) Percobaan 3	Suhu Rata-Rata (°C)
160	82,1	89,5	92	87,8
180	90,1	95	104,3	96,4
200	97,8	102,3	105	101,4
220	104,4	106,9	107,5	106,2
240	112,2	114,1	115,8	114



Gambar 5.2. Grafik Temperatur Berdasarkan Kecepatan Potong

Tabel 5.3 Perpindahan Panas Pada Setiap Vc

Mata Pahat Karbida	
Kecepatan Potong	Q (W)
160	3,86
180	2,06
200	2,72
220	3,37
240	4,49

titik pertama pada mata pahat,.

$$Q = k \cdot A \cdot \frac{T_1 - T_2}{\Delta L} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

Q = Laju Perpindahan Panas

k =Konduktivitas Thermal

A = Luas Penampang (m²)

T₁ = T_{Tip}

T₂ = Temperatur pada titik pengukuran pertama (°K)

ΔL = Jarak (m)

$$Q = k.A.\frac{T_1 - T_2}{\Delta L}$$

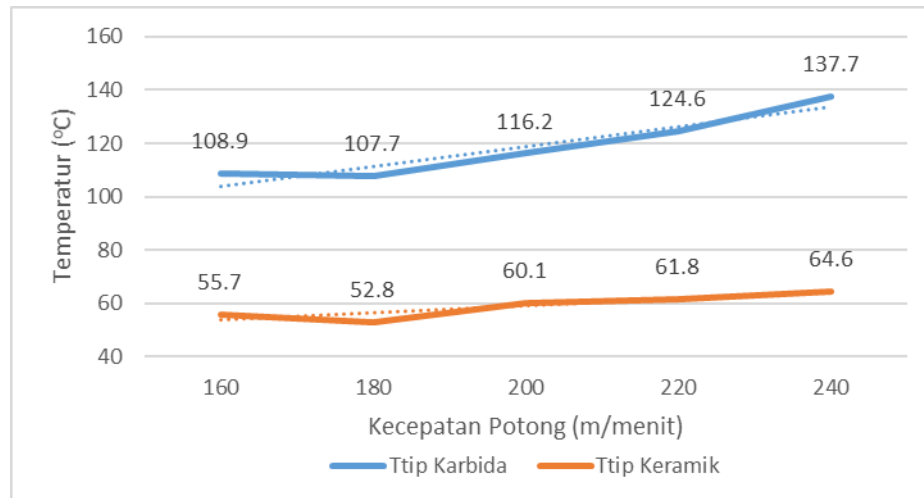
$$3,86 = 34.0,16 \times 10^{-4} \cdot \frac{T_1 - 360,8}{0,003}$$

$$5,45 \times 0,003 = 0,000544T_1 - 0,1962$$

$$T_1 = \frac{0,01158 + 0,1962}{0,000544} = 381,94 \text{ } ^\circ K = 108,7 \text{ } ^\circ C$$

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Temperatur Pada Ujung Mata Pahat

Mata Pahat Karbida	
Kecepatan Potong	T _{tip} (°C)
160	108,9
180	107,7
200	116,2
220	124,6
240	137,7



Gambar 5.3. Grafik Perbandingan Temperatur Pada Ujung Mata Pahat

5.2. Penelitian Investigasi Variasi Kecepatan Potong Optimal Pada Proses Pemessinan Baja AISI 4140

Penentuan kecepatan pemotongan optimal dalam proses bubut harus dipertimbangkan untuk menghasilkan biaya pemessinan minimal dan produksi maksimum. Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki pengaruh kecepatan potong ketika memotong baja AISI 4140 terhadap biaya

dan produksi yang diperoleh. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental menggunakan perhitungan bubut dan teoritis untuk menentukan biaya pemesinan dan jumlah produksi yang dihasilkan. Proses bubut dilakukan dengan menggunakan alat pemotong karbida untuk memotong logam baja AISI 4140. Dalam pemesinan ini data yang didapat adalah waktu pemotongan proses pemesinan proses pembubutan kemudian data dimasukkan ke dalam persamaan bersama dengan gaya potong, biaya alat pemotong, benda kerja, biaya tenaga kerja. Hasil yang diperoleh. Kenaikan tingkat pemotongan memberikan pengaruh terhadap peningkatan kuantitas produksi, sedangkan untuk perhitungan biaya pemesinan mengalami penurunan. Waktu pengerjaan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perubahan kuantitas produksi dan biaya pemesinan. Kecepatan potong optimal (V_{copt}) adalah 269 m / menit.

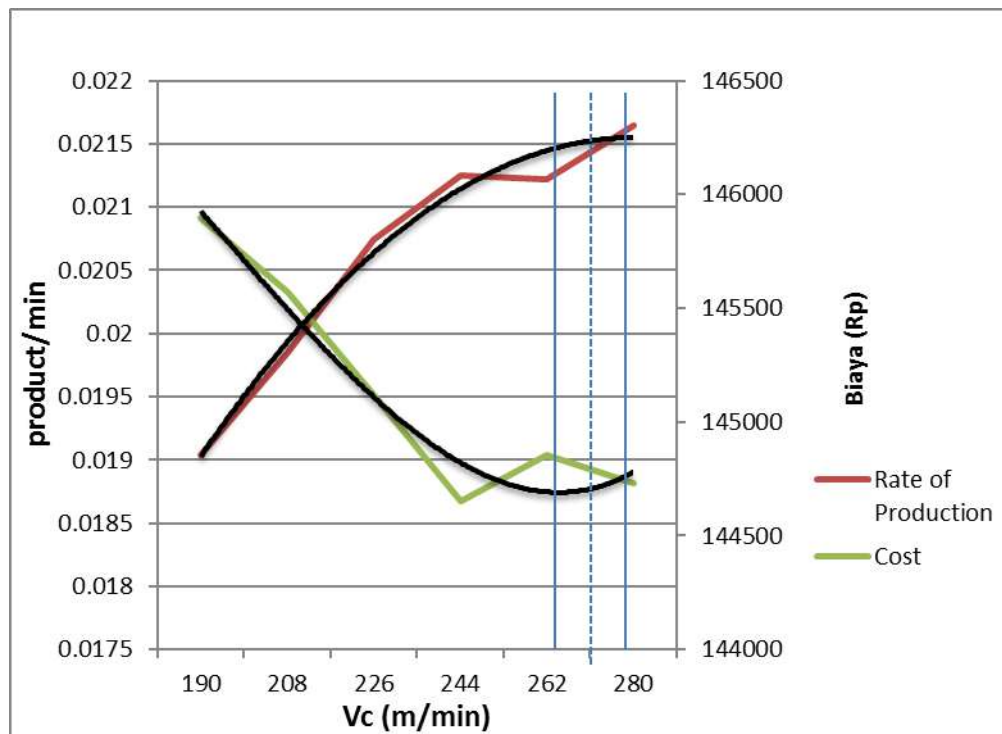
Pada proses pemesinan objek yang dibubut berupa bentuk *tailstock* pengerjaan dilakukan secara bertahap dikarenakan mata pahat tipe TNMG yang berbentuk segitiga yang tidak bisa dalam membentuk *grooving* sehingga proses tersebut dilakukan dalam 2 tahap yaitu depan dan belakang.



Gambar 5.4. Tahapan Pembentukan *Tailstock*

Pada proses pemesinan ini data yang diperoleh merupakan waktu pemesinan yang terjadi dari variasi kecepatan pemotongan.

Setelah diperoleh data proses pemesinan yaitu waktu pemesinan (t_m), maka selanjutnya dilakukan perhitungan *production rate* (R_p) dan perhitungan *cost per product* (C_e) pada masing-masing benda kerja dengan variasi nilai kecepatan potong. Adapun hasil yang diperoleh grafik pengaruh kecepatan pemotongan terhadap production rate disampaikan pada Gambar berikut :



Gambar 5.5 Grafik Kecepatan Potong Optimal

Dari hasil pengamatan pada proses pemesinan, menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan pemotongan memberi efek terhadap waktu pemesinan, dimana waktu potong menjadi lebih singkat, dan hal ini tentunya secara signifikan memberi pengaruh dalam perhitungan biaya produksi karena terjadi pengurangan penggunaan energy dan gaya pemotongan yang digunakan. Peningkatan kecepatan pemotongan memberi efek terhadap jumlah produksi yang dihasilkan hal ini dapat dilihat pada gambar 2.2. Dari kedua kurva diatas, dapat ditentukan titik nilai maksimal pada perhitungan produksi dan titik nilai minimal pada perhitungan biaya pemesinan. Sehingga diperoleh nilai kecepatan potong berdasarkan kurva tersebut adalah sebesar 269 m/min.

5.3. Penelitian Analisis Regresi Linier Kecepatan Pemotongan Pada Proses Pembubutan Gray Cast Iron

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan umur pahat menggunakan metode regresi linier pada proses pembubutan benda kerja Gray Cast Iron. Dua jenis mata pahat karbida digunakan untuk melihat perbandingan umur pahat tersebut. Pemesinan dilakukan dengan menggunakan mesin bubut CNC. Pengamatan dan pengukuran keausan pahat dilakukan dengan menggunakan mikroskop digital. Hasil yang ditemukan dari penelitian ini tingginya kecepatan potong mempengaruhi nilai keausan pada mata pahat tersebut. Nilai kekasaran permukaan

berbanding terbalik dengan kecepatan potong. Kecepatan potong yang semakin tinggi menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang semakin rendah. Semakin tinggi *feed rate* dan tinggi kecepatan maka menghasilkan mata pahat yang cepat aus. Lama umur pahat potong pada V_c 180 m/min adalah 49 menit 47 detik, V_c 201 m/min adalah 41 menit 40 detik, dan V_c 240 m/min adalah 38 menit dan 50 detik. Kecepatan pemotongan regresi linier merekomendasikan sebesar 165 m/min.

Pengukuran keausan mata pahat dilakukan dengan menggunakan mikroskop *Digital Jenco*.

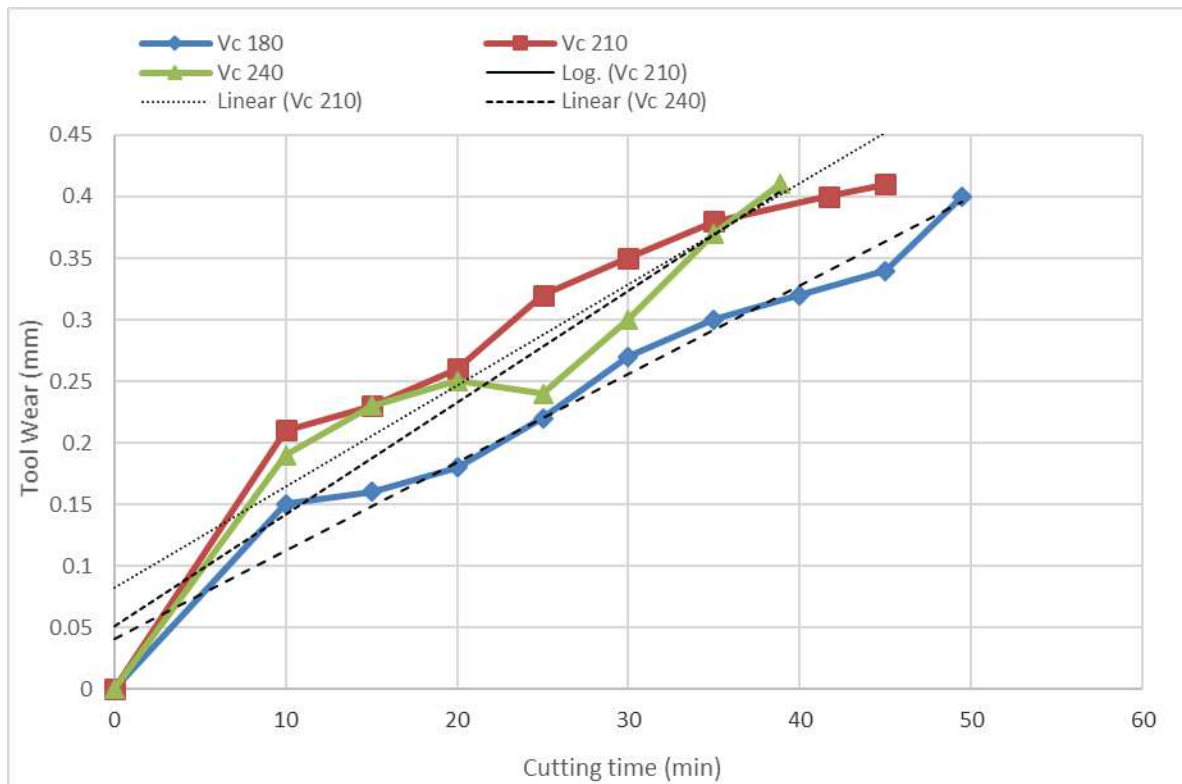


Gambar 5.6 Mikroskop *Digital Jenco*

Dengan penggunaan interpolasi pada data ini maka waktu yang didapat menjadi lebih spesifik pada tiap kecepatan potong mencapai nilai $VB = 0.4$ mm.

Tabel 5.5 Umur Pahat TNMA 160404

V_c (m/min)	Umur Pahat
$V_{c1} = 180$	$T_{L1} = 49'47''$
$V_{c2} = 210$	$T_{L2} = 41'40''$
$V_{c3} = 240$	$T_{L3} = 38'50''$



Gambar 5.7 Pertumbuhan Keausan Pada Mata Pahat *Coated Carbide*



Gambar 5.8 Umur Pahat Berbanding Kecepatan Potong

Nilai umur mata pahat yang diperoleh selanjutnya disubstitusikan dalam persamaan regresi linier sebagaimana disampaikan pada table berikut.

Mata Pahat Karbida Coated			
Percobaan	Umur Pahat T_c	$T_c - \bar{T}_c$	$(T_c - \bar{T}_c)^2$
1	49.79	6.15	37.82
2	41.67	-1.65	2.73
3	38.82	-4.50	20.22
$n=3$	$\sum T_c = 129.96 \text{ min}$	$\sum (T_c - \bar{T}_c)^2 = 60.77$	
$\bar{T}_c = \frac{\sum T_c}{n} = 43.32$ $s = \sqrt{\frac{\sum (T_c - \bar{T}_c)^2}{n-1}} = 5.51$			

Dengan menggunakan rumus Regresi Linear $y = a + k(x - \bar{x})$ menggunakan tabel perhitungan regresi maka didapatkan nilai C dari persamaan tabel ini :

no	V_c (m/min)	T_c (min)	$x = \log V_c$	$y = \log T_c$	Xy	x^2	y^2
1	180	10	2.255	1	2.255	5.086	1
2	180	50	2.255	1.699	3.832	5.086	2.887
3	210	10	2.322	1	2.322	5.392	1
4	210	45	2.322	1.653	3.832	5.392	2.732
5	240	10	2.38	1	2.38	5.664	1
6	240	40	2.38	1.602	3.813	5.664	2.566
sum			$\sum x = 13.915$	$\sum y = 7.954$	$\sum xy = 18.440$	$\sum x^2 = 32.285$	$\sum y^2 = 11.185$
$(\sum x)^2 = 193.615$				$\sum x \sum y = 110.676 \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \bar{y} = \frac{\sum y}{n} =$			
$(\sum x)^2 \ln = 5.266$				$\sum x \sum y \ln = 4.707$			
$k = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} = 0.508 =$				$\log c = \bar{y} - \frac{\bar{x}}{k} = 2.217, c = 165 \left(\frac{m}{\text{min}}\right)$			

Dari perhitungan table diatas maka diperoleh nilai konstanta C untuk pengukuran mata pahat *coated carbide type*..... dan benda kerja tersebut berupa *gray cast iron*. Maka nilai c tersebut yang telah didapat akan dimasukan kedalam rumus *Taylor* sebagai berikut:

$$V_c \cdot T_L^n = C$$

Dengan :

V_c = Kecepatan potong (m/min)

T_L = Umur pahat / *tool life* (min)

N = Eksponen umur pahat

C = Konstanta Taylor

5.4 Penelitian Variasi Parameter Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 4340 Pada Proses Pembubutan

Penelitian ini dilakukan dengan percobaan yang bervariasi kecepatan pemotongan dan hantaran potong. Benda kerja dicekam pada pencekam mesin bubut, mata pahat sisipan karbida dilekatkan pada tool holder dan dipasangkan pada mesin bubut. Kecepatan pemotongan dan hantaran potong ditentukan pada mesin bubut. Mata pahat kemudian digerakkan mendekati permukaan benda kerja, kemudian mengoperasikan mesin bubut untuk melakukan proses pemesinan. Spindle berputar dan mata pahat bergerak menuju permukaan benda kerja untuk melakukan pemotongan. Proses pemotongan dilakukan sehingga mencapai batas panjang pemotongan yang direncanakan. Kemudian mesin di hentikan, lalu dilakukan pengamatan dan pengukuran kekasaran permukaan benda kerja. Proses pemesinan dilakukan tanpa menggunakan cairan pendingin (*dry machining*). Nilai kekasaran permukaan dimasukkan kedalam table dan dibuat kedalam grafik untuk dianalisis. proses pembubutan dilanjutkan kembali dengan memvariasikan kecepatan pemotongan dan hantaran pemotongan berikutnya.



Gambar 5.9. Pengukuran Nilai Kekasaran

Adapun nilai kekasaran permukaan yang ingin dicapai adalah $1,04 \mu\text{m}$. Nilai kekasaran ini ditentukan berdasarkan standar kualitas permukaan pada roda gigi (*bevel gear*)^[3].

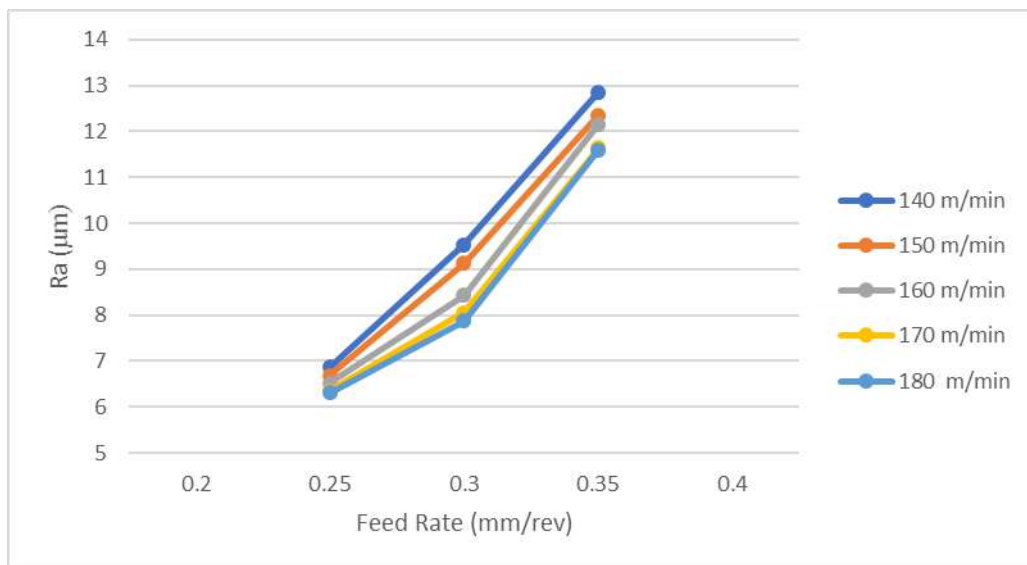
Hasil dan pembahasan

Berikut adalah nilai kekasaran permukaan yang didapatkan pada setiap parameter pemesinan yang digunakan:

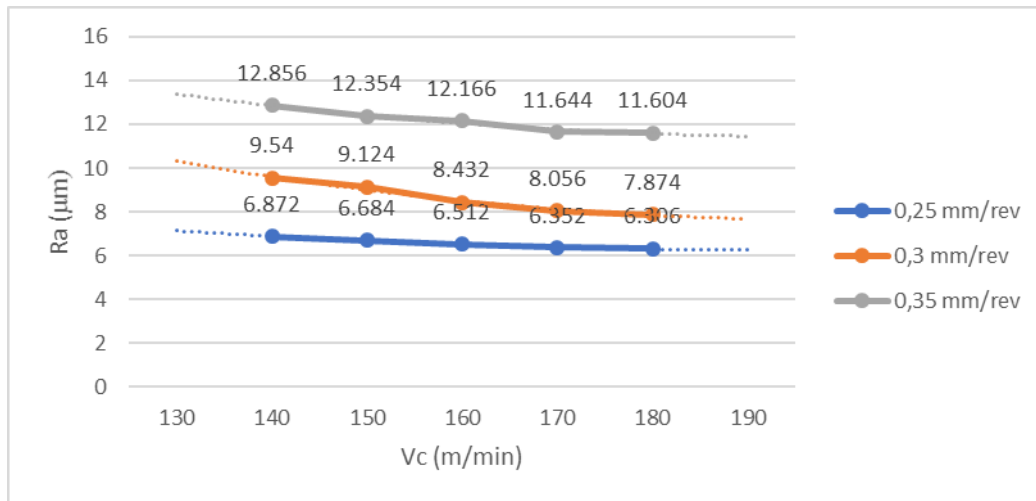
Tabel.5.6 Data Nilai Kekasaran Permukaan Baja AISI 4340 (*tool coated carbide*)

Coated AISI 4340	Nilai Kekasaran (Ra) (μm)				
	Vc 1 = 140 m/min	Vc 2 = 150 m/min	Vc 3 = 160 m/min	Vc 4 = 170 m/min	Vc 5 = 180 m/min
F1 = 0,25 mm/rev	10,04	9,986	9,746	9,562	8,848
F2 = 0,30 mm/rev	18,538	17,602	17,294	17,148	16,978
F1 = 0,35 mm/rev	26,9	26,674	26,106	25,438	25,41

Grafik Hasil Eksperimen



Grafik 5.10. Feed Rate vs Ra pada Material Baja AISI 4340



Grafik 5.11. Vc vs Ra pada Material Baja AISI 4340

Efek feed rate terhadap kekasaran permukaan :

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa peningkatan nilai tinggi *feedrate* maka memberi efek terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan benda kerja, nilai kekasaran permukaan benda kerja semakin besar. Hal ini terjadi karena *feedrate* merupakan gerak potong yang menyebabkan *insert tool* menggores permukaan material dengan kecepatan, semakin kecil nilai *feedrate* yang digunakan, maka kecepatan makan semakin pelan, yang mengakibatkan pergesekan per putaran semakin teratur dan menggores semua bagian permukaan benda kerja. Namun apabila nilai *feedrate* tinggi, gesekan yang terjadi per putaran menjadi lebih cepat sehingga tidak menyentuh secara keseluruhan bagian permukaan benda kerja pada satu putaran. ini yang menyebabkan timbulnya permukaan yang tidak rata dan memiliki puncak yang lebih tinggi.

Efek kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan :

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh nilai kecepatan potong berpengaruh terhadap hasil kualitas permukaan benda kerja. Ada perbedaan hasil tingkat kekasaran permukaan pada variasi kecepatan potong. Semakin tinggi kecepatan potong yang digunakan maka hasil kualitas semakin baik. Kecepatan potong yang tinggi mengakibatkan menurunnya luas penampang bidang geser. Pada saat putaran spindle tinggi maka kecepatan potong juga ikut tinggi pula dan mengakibatkan luas penampang semakin sempit, penyempitan luas penampang yang dihasilkan berpengaruh semakin baik hasil kualitas permukaan. Disini sudah terlihat bahwa pada variasi kecepatan putar dan kecepatan potong terjadi perubahan perbedaan kualitas permukaan.

Pada variasi kecepatan potong yang digunakan ini terdapat perbedaan tingkat kekasaran yang jelas sehingga hasil yang diperoleh dari kekasaran permukaan yang paling rendah adalah dengan menggunakan kecepatan potong 140 m/menit, namun ketika variasi kecepatan potong menggunakan parameter yang lebih rendah, hasil kekasarannya bertambah menjadi lebih tinggi. Kondisi variasi kecepatan potong memiliki keterbatasan, artinya semakin tinggi kecepatan potong yang digunakan maka dapat mengakibatkan penyempitan luas penampang pemakanan. Penyempitan luas penampang berpengaruh terhadap kualitas permukaan

5.5 Pembuatan Mata Pahat Keramik Alumina Zirkonia

Penelitian yang telah dilakukan adalah pembuatan specimen keramik padat, dan selanjutnya proses pembakaran. Proses pembakaran dilakukan Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNTAR dan dilaboratorium Balai Besar keramik Bandung. Specimen yang dihasilkan setelah proses penekanan disampaikan pada gambar berikut :



Untuk melakukan pengujian kekerasan tidak dapat dilakukan pada specimen keramik alumina yang disinter pada temperature 900°C karena tingginya porositas yang terjadi pada struktur keramik tersebut sehingga specimen kerap mengalami pecah.



Hasil pengujian karakteristik bahan keramik alumina yang telah disinter disampaikan pada Balai Besar keramik disampaikan pada Table 5.7

Tabel 5.7 Hasil Pembakaran Bahan Keramik Alumina Zirkonia

No	Bahan	Jenis Uji	Metode Uji	Hasil Uji
1	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$	Uji Bakar 1540°C	SNI 15-0257-1989	Pori-Pori : Cukup Banyak Massa Gelas : Belum terbentuk Homogenitas Leburan : Belum terbentuk Homogenitas Warna : Cukup Merata Warna Setelah Di Bakar : Putih
2	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$	Uji Bakar 1560°C	SNI 15-0257-1989	Pori-Pori : Cukup Banyak Massa Gelas : Belum terbentuk Homogenitas Leburan : Belum terbentuk Homogenitas Warna : Cukup Merata Warna Setelah Di Bakar : Putih
3	Al_2O_3	Uji Bakar 1540°C	SNI 15-0257-1989	Pori-Pori : Cukup Banyak Massa Gelas : Belum terbentuk Homogenitas Leburan : Belum terbentuk Homogenitas Warna : Cukup Merata Warna Setelah Di Bakar : Putih
4	ZrO_2	Uji Bakar 1540°C	SNI 15-0257-1989	Pori-Pori : Cukup Banyak Massa Gelas : Belum terbentuk Homogenitas Leburan : Belum terbentuk Homogenitas Warna : Cukup Merata Warna Setelah Di Bakar : Putih
5	Al_2O_3	Uji Bakar 1560°C	SNI 15-0257-1989	Pori-Pori : Cukup Banyak Massa Gelas : Belum terbentuk Homogenitas Leburan : Belum terbentuk Homogenitas Warna : Cukup Merata Warna Setelah Di Bakar : Putih
6	ZrO_2	Uji Bakar 1560°C	SNI 15-0257-1989	Pori-Pori : Cukup Banyak Massa Gelas : Belum terbentuk Homogenitas Leburan : Belum terbentuk Homogenitas Warna : Cukup Merata Warna Setelah Di Bakar : Putih

Dari hasil yang diperoleh , secara keseluruhan specimen yang dihasilkan masih belum terbentuk massa gelasnya, begitu juga homogenitas leburan belum terbentuk.

Proses sintering juga dilakukan untuk bahan keramik Alumina pada suhu 1600°C dan 1700°C. Hasil pengujian dapat dilihat pada Table 5.8

Tabel 5.8. Hasil Pengujian Kuat Penekanan, Kekerasan, Shrinkage dan Penyerapan Air Keramik Alumina

Bahan	Kuat Tekan, MPa		Kekerasan, Hv		Shrinkage, %		Penyerapan Air, %	
	1600 °C	1700 °C	1600 °C	1700 °C	1600 °C	1700 °C	1600 °C	1700 °C
Alumina Pure 0.6 mikron	325,66	349,25	737,1	921,9	11,65	13,00	0,29	0,26
Alumina A-12	357,23	388,16	957,0	2694,8	9,19	9,99	0,28	0,14



Berdasarkan hasil pembakaran

1. Spesimen bahan Alumina Pure memiliki sifat fisik dan mekanik terbaik pada suhu 1700 °C, hal ini diprediksi akibat mulai terbentuknya mineral *corundum* pada suhu 1700 °C (masih prediksi karena belum ada hasil XRD) sehingga prototipe alumina mulai mencapai kondisi sinter.
2. Spesimen bahan Alumina – A12 hasil pembakaran 1600 °C, diprediksi terbentuk mineral alumina titanat (masih prediksi karena belum ada hasil XRD) yang diindikasikan oleh warna sample putih kekuningan. Terbentuknya Alumina Titanat membuat sifat mekanik dan sifat fisiknya lebih baik dibandingkan dengan prototipe bahan alumina pure sehingga penambahan TiO₂ menurunkan titik sinter alumina.

3. Spesimen bahan Alumina-A12 hasil pembakaran 1700°C , diprediksi pada suhu tersebut terbentuk mineral $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiC}$ (masih prediksi karena belum ada hasil XRD). Hal ini diindikasikan dengan terbentuk sampel berubah warna menjadi hitam. Terbentuknya TiC berdampak pada peningkatan kekerasan dari bahan Alumina-12 dimana kekerasan pada suhu $1600^{\circ}\text{C} = 957,0 \text{ Hv}$ dan pada pembakaran 1700°C (terbentuknya TiC) = $2694,8 \text{ Hv}$.

BAB 6

RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Setelah dilakukan proses pembentukan material serbuk keramik alumina zirkonia menjadi spesimen padat kemudian dilakukan proses sintering. Hasil dari proses sintering di uji untuk mengetahui karakteristik keramik yang dihasilkan. Karakteristik tersebut meliputi density, porositas, nilai penyusutan, kekerasan dan kekuatan bahan keramik alumina. Dari hasil percobaan diperoleh nilai kekerasan dan kekuatannya sudah memenuhi untuk sebagai syarat mata pahat, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan ujian performance mata pahat terhadap benda kerja logam. Dalam hal ini yang ingin diketahui adalah kemampuan mata pahat tersebut melakukan pemotongan logam, sehingga mata pahat tersebut mencapai batas keausan, kondisi permukaan benda kerja yang dihasilkan, waktu proses pemesinan yang dicapai.

Oleh karena itu untuk tahapan berikutnya melakukan kajian pengujian kemampuan potong mata pahat keramik alumina zirkonia terhadap material logam. Sebagai bahan perbandingan adalah penggunaan mata pahat karbida coated dan uncoated yang telah dilakukan penelitiannya diawal kajian ini. Diharapkan mata pahat keramik alumina zirkonia ini mampu memotong logam-logam yang keras tanpa menggunakan *coolant* semasa proses pemesinannya.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian analisa titik temperatur mata pahat karbida dan keramik pada proses pemesinan *turning* Baja AISI 4340 yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa.

1. Temperatur hasil pemesinan berbanding lurus dengan kecepatan potong. Semakin tinggi kecepatan potong, temperatur yang terukur pada mata pahat semakin tinggi.
2. Nilai temperatur tertinggi terukur pada mata pahat karbida adalah 114 °C pada kecepatan potong 240 m/min sedangkan nilai temperatur terendah adalah 87,8 °C pada kecepatan potong 160 m/min. Sedangkan pada mata pahat keramik nilai temperatur tertinggi yang terukur adalah 52,5 °C pada kecepatan potong 240 m/min dan terendah sebesar 47,5 °C pada kecepatan potong 160 m/min.
3. Dengan kecepatan potong yang semakin meningkat nilai kekasaran yang diperoleh semakin kecil. Seiring dengan meningkatnya kecepatan potong, temperatur pada mata pahat pun semakin meningkat. Nilai kekasaran terendah pada mata pahat karbida adalah 1,612 μm pada kecepatan potong 240 m/min dengan temperature pada mata pahat sebesar 114 °C dan nilai kekasaran terendah pada mata pahat keramik adalah 0,88 μm pada kecepatan 240 m/min dengan temperature pada mata pahat sebesar 52,5 °C. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan berbanding terbalik dengan nilai kecepatan potong dan temperatur mata pahat.

Saran

Untuk mendapatkan struktur yang lebih baik hendaknya dilakukan dengan menggunakan SEM sehingga efek partikel size terhadap perubahan struktur keramik dapat diketahui dengan jelas.

Agar menghindari udara yang terperangkap pada spesimen keramik alumina, sebaiknya sebelum proses singtering terlebih dahulu specimen dilakukan proses vakum. Sehingga terjadinya keretakan ketika sintering dapat diminimalisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1].Avallone, E.A., Baumeister, T. (1997). Standard Handbook for Mechanical Engineer.Mc.Graw Hills New York.
- [2].Ashwin, Polishetty.,Moshe, Goldberg., Guy, Litterfair.(2010).Wear Characteristic of Ultra Hard Cutting Tools When Machining Austempered Ductile Iron. International Journal of Mechanical & Mechatronic Engineering. Vol:10 No.1.
- [3]. Bothroyd, G. (1989). Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools. Mc.Graw Hill Company. Singapore.
- [4]. De Garmo, Paul. E. et al. (1997). Material and Process in Manufacturing. New York 10002, Mac Millan Publishing Company 866 Third Avenue, New York.
- [5].Grzeik.W.(2008).Wear of Ceramic Tools in Hard Machining. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Volume 26. Issue 2.
- [6]. Jong Hoon Lee.(2013). Effects of Temperature and Pressure on Properties of SiC-Zr B2 Composite Prepared by Spark Plasma Sintering. Journal of Ceramic Processing Research. Vol 14.No 4 PP 577-582.
- [7].Jing Wen Xu.(2012). Comparison of Fracture Toughness Evaluating Method in 3Y-TZP Ceramic Reinforced with Al₂O₃ Particles. Journal of Ceramic Processing Research. Vol 13.No 6 PP 683-687.
- [8].Ji Cheol Kim.(2013).Effect of Al₂O₃ On the Microstructure and Mechanical Properties of the Electroformed Ni/Al₂O₃ Composite Stencil Masks. Journal of Ceramic Processing Research. Vol 13.Special 2 PP s368-s372.

[9].Kington, A.I and Peterson, A.W. (1988). Developments in Engineering Ceramics. Current Issues in Engineering Ceramic Development.

[10]. Li, X.S and Low,I.M.(1991).Machining With Ceramic Cutting Tools. Engineering Materials. Vol 53-55. PP 313-314.

[11]. Rochim, Taufiq. (1993). Teori & Teknologi Proses Pemesinan. HEDS-JICA Bandung – Indonesia.

[12]. International Standart ISO 3685 : Tool Life testing with single point turning tools.

[13]. Oraby, S.E., Hayhurst, D.R. (2004). Tool Life Determination Based On the Measurement of Wear and Tool Force Ratio Variation. International Journal of Machine Tools & Manufacture. 44. PP 1261-1269.

[14].Van Vlack, H.Lawrence. (1991). Seramik Fizik Untuk Jurutera. Dewan Bahasa dan Pustaka Kementrian Pendidikan Malaysia Kuala Lumpur dan Penerbit Universiti Sains Malaysia Pulau Pinang

diawal kajian ini. Diharapkan mata pahat keramik alumina zirconia ini mampu melakukan pemotongan bahan logam yang keras dan tanpa menggunakan *coolant*.

LAMPIRAN

Lampiran.1 Artikel Ilmiah

Artikel Ilmiah Sudah di Publish pada Seminar Nasional Mesin dan Industri ke XII di Bukit Tinggi Sumatera Barat.

INVESTIGASI VARIASI KECEPATAN POTONG OPTIMAL PADA PROSES PEMESINAN BAJA AISI 4140

M.Sobron Y.Lubis, Rosehan, Moses Kamillo Tjenardi

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri Fakultas Teknik Universitas

Tarumanagara Jl. Let.Jen.S.Parman No.1 Jakarta 11440, Indonesia

HP:085215285583 E-mail: sobronl@ft.untar.ac.id

Abstract

Abstract: Determination of optimum cutting speed in the lathe process should be considered in order to produce minimal machining costs and maximum production. Research The determination of optimum cutting speed was done to investigate the effect of cutting speed when cutting AISI 4140 steel against cost and production obtained. This study was conducted experimentally using lathe and theoretical calculations to determine machining costs and the amount of production produced. The lathe process is carried out using carbide cutting tools for cutting of AISI 4140 steel metal. In this machining the data obtained is the cutting time of the machining process tail loading process then the data is incorporated into the equation together with the cutting force, the cost of the cutting tools, the workpiece, the cost labourers. Then from the calculation results obtained by graph machining cost and production amount. Based on the graph, it is observed minimal machining cost and maximum production amount to know the optimum cutting point. The results obtained .The increase in cutting rate gives effect to the increase of production quantity, while for calculation of machining cost has decreased. Machining time has a significant effect on the change of production quantity and machining cost. The optimal cutting speed ($V_{c_{opt}}$) is 269 m / min.

Keywords: production rate, optimization, operating modes, minimum cost.

Abstrak :

Penentuan kecepatan pemotongan optimal pada proses pembubutan sangat perlu dipertimbangkan guna menghasilkan biaya pemesinan yang minimal dan produksi maksimal. Penelitian Penentuan kecepatan potong optimal dilakukan untuk menginvestigasi pengaruh kecepatan pemotongan ketika melakukan pemotongan baja AISI 4140 terhadap biaya dan produksi yang diperoleh. Kajian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan mesin bubut dan perhitungan teoritikal untuk menentukan biaya pemesinan dan jumlah produksi yang dihasilkan. Proses bubut dilakukan dengan menggunakan mata pahat karbida untuk pemotongan logam baja AISI 4140. Pada pemesinan ini data yang peroleh adalah waktu pemotongan pada proses pembubutan tail stock waktu pemesinan kemudian data tersebut dimasukan kedalam persamaan bersama dengan gaya pemotongan, biaya mata pahat, benda kerja, upah buruh. Kemudian dari hasil perhitungan diperoleh grafik biaya pemesinan dan jumlah produksi. Berdasarkan grafik tersebut diamati biaya pemesinan yang minimal dan jumlah produksi maksimal untuk mengetahui titik kecepatan potong optimal. Hasil penelitian diperoleh peningkatan kecepatan pemotongan memberi pengaruh terhadap peningkatan jumlah produksi, sedangkan untuk perhitungan biaya pemesinan mengalami penurunan. Waktu pemesinan memberi pengaruh yang signifikan terhadap perubahan jumlah produksi dan biaya pemesinan. Kecepatan pemotongan optimal ($V_{c_{opt}}$) sebesar 269 m/min.

Kata kunci : Kecepatan pemotongan, maksimum produksi, minimum cost, optimal.

PENDAHULUAN

Baja AISI 4140 atau JIS SCM440 yang merupakan baja paduan rendah yang dikenal mempunyai sifat tangguh yang biasa diaplikasikan dalam komponen transmisi roda gigi seperti pinion, sproket, *tailstock*, dan poros (*shafts*). Pemilihan jenis logam ini sesuai digunakan pada pembuatan komponen yang sudah disebutkan dikarenakan memiliki beberapa karakteristik seperti tahan aus (*wear resistance*), ketangguhan yang cukup tinggi, dan mudah dibentuk (*machinability*).

Pada proses pembubutan untuk menentukan nilai kecepatan potong yang optimal dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan kecepatan potong *maximum product* dan *minimum cost*. Namun untuk memperoleh nilai-nilai variabel pada pemesinan tersebut, diperlukan data dari pemesinan seperti waktu pemesinan, biaya yang diperlukan meliputi benda kerja, mata pahat, mesin perkakas, upah buruh. Dan juga gaya pemotongan yang terjadi.

Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian ini untuk menentukan kecepatan potong yang optimal ketika melakukan proses pemotongan baja AISI 4140 yang berbentuk batangan (*round bar*). Dalam proses produksi, perhitungan biaya pemesinan merupakan suatu yang penting. Perhitungan biaya pemesinan melibatkan beberapa variabel yang terkait dengan proses pemesinan, Peralatan yang digunakan, energi listrik, biaya tenaga kerja, serta waktu produktif dan non produktif pada proses permesinan. Perubahan yang terjadi selama proses pemesinan memberi dampak terhadap perubahan kondisi pemesinan yang berlangsung dan tentunya akan memberi efek terhadap perhitungan biaya pemesinan. Untuk menentukan nilai *cost per piece* pada setiap benda kerja dengan variasi kecepatan potong (V_c) yang berbeda disampaikan dalam persamaan berikut: (Rochim, 1985).

$$C_u = C_m + C_{plan} + \Sigma C_p \quad (1)$$

Keterangan:

C_u = Biaya total, Rp/produk

C_m = Biaya material, Rp/produk

C_{plan} = Biaya persiapan/perencanaan produksi, Rp/produk

C_p = Biaya salah satu proses produksi, Rp/produk

Biaya salah satu proses produksi

$$C_p = C_r + C_m + C_e \quad (2)$$

Keterangan :

C_r = Biaya penyiapan & peralatan, Rp/produk

C_m = Biaya permesinan, Rp/produk

C_e = Biaya pahat, Rp/produk

Biaya operasi

$$C_m = c_m / t_m \quad (3)$$

Keterangan :

c_m = Biaya operasi (mesin, operator, *overhead*) per satuan waktu, Rp/min

t_m = Waktu permesinan, min/produk

Waktu pemesinan

$$t_m = t_a + t_c + t_d \cdot t_c / T \quad (4)$$

Keterangan :

t_a = Waktu non produktif ; min/produk

t_c = Waktu pemotongan sesungguhnya, min/produk

$t_d \cdot t_c / T$ = Waktu penggantian pahat yang dibagi rata untuk sejumlah produk yang dihasilkan sejak pahat yang dipasang sampai diganti karena aus

$$\text{Waktu pemotongan sesungguhnya: } t_c = \frac{l_t}{v_f} \text{ atau } \frac{l_t}{n \cdot f} \quad (5)$$

Keterangan:

l_t = Panjang material benda kerja yang akan dilakukan proses pemesinan, mm

f = Kecepatan makan, mm/min

$$\text{Waktu non produktif : } t_a = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{UW} + \frac{t_s}{n_1} \quad (6)$$

Keterangan:

t_a = Waktu non produktif, min/produk

t_{LW} = Waktu pemasangan benda kerja, min/produk

t_{AT} = Waktu penyiapan dari menggerakkan pahat posisi semula sampai siap memotong, min/produk

t_{RT} = Waktu pengakhiran, min/produk

t_{UW} = Waktu pengambilan produk, min/produk

t_s/n_1 = Waktu penyiapan mesin & peralatan yang dibagi dengan jumlah produk, min/produk

Biaya pahat

$$C_e = c_e \cdot t_c / T \quad (7)$$

Keterangan:

C_e = Biaya pahat, Rp/produk

c_e = Biaya pahat per mata potong, Rp

t_c / T = Sebagian dari umur pahat rasio antara waktu pemotong efektif t_c dengan umur pahat
(mata potong/produk)

$$\text{Biaya mata pahat per mata potong : } c_e = \frac{c_{oti}}{e} + \frac{c_{sh}}{r} + (c_s \cdot t_s) \quad (8)$$

Keterangan:

c_e = Biaya mata potong pahat, Rp/mata potong

c_{oti} = Harga sisipan karbida, Rp

e = Jumlah mata potong sisipan karbida

c_{sh} = Harga badan pahat pemegang sisipan, Rp

r = Jumlah pemakaian badan pahat sampai rusak, aus (500-1000x)

$C_s t_s$ = Biaya penyetelan pahat diluar mesin, Rp/ mata potong

Untuk menentukan nilai *production rate* (R_p) dari setiap benda kerja dengan variasi kecepatan potong yang berbeda digunakan persamaan: $R_p = \frac{1}{t_m + t_a + t_c + t_e}$, produk/min
(9)

Keterangan:

t_m = Waktu pemesinan, min

t_a = Waktu untuk memasang & mengeluarkan benda kerja, menjepit, dan semua kegiatan sebelum dan sesudah proses pemesinan, min

t_c = Waktu yang terjadi pada kesalahan dalam pemotongan, min

t_e = Waktu pada saat mengatur mekanisme mesin dan perangkat kerja, min

Untuk menentukan nilai kekasaran permukaan (R_a) digunakan persamaan:

$$R_a = 2,95 \cdot f^{0,7} \cdot r^{-0,4} \cdot T^{0,3} \quad (10)$$

Keterangan:

f = Gerak makan / *feed rate* (mm/rev)

r = *Tool nose radius* (mm)

T = *Cutting time* (min)

Dalam menghitung kecepatan potong ekonomis (*minimum cost*), dipakai persamaan: (Halevi, 1985)

$$V_{c_{min}} = \frac{C_v}{\left[\left(\frac{1}{n-1} \right) \frac{(C_w + C_d \cdot t_c)}{C_d} \right]^n} \quad (11)$$

Keterangan:

C_v = Konstanta kecepatan potong yang berkerja dalam 1 menit

C_w = Biaya pahat (dalam mata uang rupiah)

C_d = Biaya pengoperasian seperti upah pekerja, mesin, dll. (Rp/min)

t_c = Waktu pemotongan (min)

n = Eksponen umur pahat

Waktu pemotongan teoritikal dalam proses pembubutan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$t_c = \frac{l_t}{V_f} \quad (12)$$

Keterangan:

l_t = Panjang permesinan (mm)

V_f = Kecepatan makan (mm/min)

Kecepatan pemakanan dalam proses pembubutan digunakan rumus:

$$V_f = f \times n \quad (13)$$

Keterangan :

f = Gerak makan (mm/r)

n = Putaran poros utama benda kerja (r/min)

Untuk menghitung kecepatan potong *maximum product* digunakan persamaan: (Halevi, 1985)

$$V_{c_{max}} = \frac{C_v}{\left\{\left(\frac{1}{n-1}\right)t_c\right\}^n} \quad (14)$$

Keterangan:

C_v = Konstanta kecepatan potong yang berkerja dalam 1 menit

C_d = Biaya pengoperasian seperti upah pekerja, mesin, dll. (Rp/min)

t_c = Waktu pemotongan (min)

n = Eksponen umur pahat

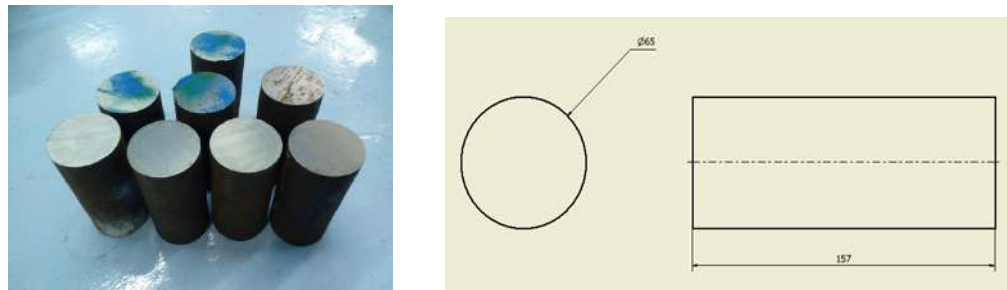
Untuk setiap jenis benda kerja yang dibubut memerlukan suatu kombinasi parameter pemotongan yang sesuai agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan waktu produksi yang relatif singkat dan tentunya biaya yang relatif rendah. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini dilakukan yang bertujuan untuk menghitung biaya pembubutan yang dipotong menggunakan mata pahat karbida CVD *coating* dan *production rate* logam baja AISI 4140 yang dibutuhkan untuk mendapatkan kecepatan potong optimal.

2. METODE PENELITIAN

Untuk mencapai objektif kajian terutama perhitungan biaya pemesinan dan jumlah produksi maksimum, maka diperlukan data waktu pemesinan dari variasi kecepatan pemotongan yang digunakan. Data tersebut diperoleh melalui experiment proses pembubutan benda kerja.

2.1 Bahan

Benda kerja yang digunakan Baja AISI 4140 *round bar* berdiameter 65 mm dan panjang 156 mm. Adapun benda kerja tersebut ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Benda Kerja AISI 4140

Bahan Baja AISI 4340 memiliki unsur dan komposisi kimia sebagai berikut: (Birkby,2015)

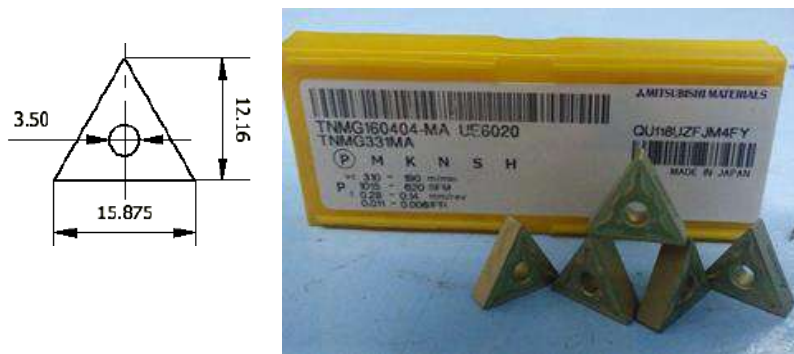
Unsur Kimia	Persentase (%)
Besi (Fe)	96,785-97,77
Krom (Cr)	0,8-1,1
Mangan (Mn)	0,75-1,0
Karbon (C)	0,38-0,43
Silikon (Si)	0,15-0,30
Molybdenum (Mo)	0,15-0,25

Sulfur (S)	0,04
Fosfor (F)	0,035

Sifat-sifat yang dimiliki bahan benda kerja tersebut antara lain: (Birkby,2015)

Kekerasan	197 HB
<i>Tensile Strength</i>	655 MPa
<i>Yield Strength</i>	415 MPa
<i>Elastic Module</i>	205 kN/mm ² (100°C)
<i>Density</i>	7,85 Kg/dm ³

Tipe mata pahat karbida yang digunakan adalah TNMG 160404-MA yang dapat digunakan dalam proses pembubutan *medium cutting* sampai dengan *finish cutting*. Geometri dari jenis mata pahat tersebut disampaikan pada gambar berikut:



Gambar 2. Mata Pahat Karbida

Pemegang mata pahat yang digunakan adalah type PTGNR 2020 K16 sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3. Tool Holder

2.2 Peralatan

Pengujian kemampuan pemotongan mata pahat dilakukan menggunakan mesin bubut CNC dengan spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 4. Mesin Bubut CNC Mazak Type Quick Turn 8N

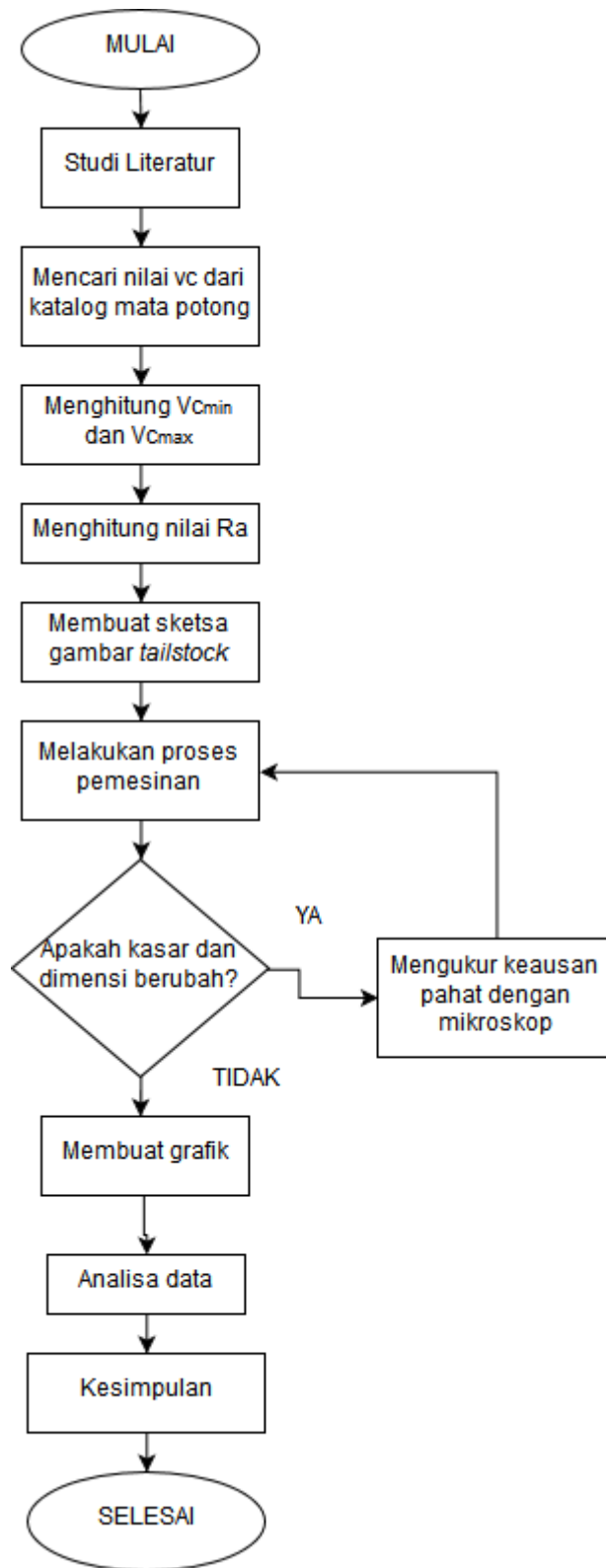
Alatukur kekasaran permukaan surface tester Mitutoyo Surftest 211 sebagaimana diitunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. Alat Ukur Kekasaran Permukaan (*surface tester*)

2.3 Prosedur Pengerjaan

Prosedur penelitian yang dilakukan dalam kajian ini disampaikan pada Gambar :



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

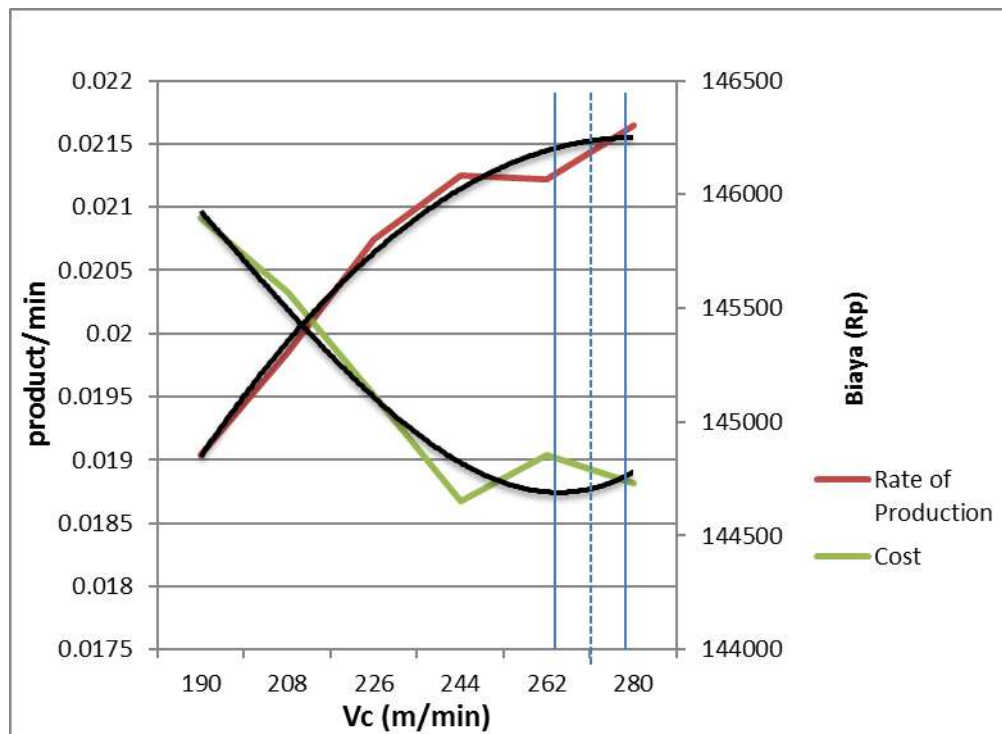
Pada proses pemesinan objek yang dibubut berupa bentuk *tailstock* pengerjaan dilakukan secara bertahap dikarenakan mata pahat tipe TNMG yang berbentuk segitiga yang tidak bisa dalam membentuk *grooving* sehingga proses tersebut dilakukan dalam 2 tahap yaitu depan dan belakang.



Gambar 7. Tahapan Pembentukan *Tailstock*

Pada proses pemesinan ini data yang diperoleh merupakan waktu pemesinan yang terjadi dari variasi kecepatan pemotongan.

Setelah diperoleh data proses pemesinan yaitu waktu pemesinan (t_m), maka selanjutnya dilakukan perhitungan *production rate* (R_p) dan perhitungan *cost per product* (C_e) pada masing-masing benda kerja dengan variasi nilai kecepatan potong. Adapun hasil yang diperoleh grafik pengaruh kecepatan pemotongan terhadap production rate disampaikan pada Gambar berikut :



Gambar 8. Grafik Kecepatan Potong Optimal

Dari hasil pengamatan pada proses pemesinan, menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan pemotongan memberi efek terhadap waktu pemesinan, dimana waktu potong menjadi lebih singkat, dan hal ini tentunya secara signifikan memberi pengaruh dalam perhitungan biaya produksi karena terjadi pengurangan penggunaan energy dan gaya pemotongan yang digunakan. Peningkatan kecepatan pemotongan memberi efek terhadap jumlah produksi yang dihasilkan hal ini dapat dilihat pada gambar 8. Dari kedua kurva diatas, dapat ditentukan titik nilai maksimal pada perhitungan produksi dan titik nilai minimal pada perhitungan biaya pemesinan. Sehingga diperoleh nilai kecepatan potong berdasarkan kurva tersebut adalah sebesar 269 m/min.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis dari data yang diperoleh maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

Peningkatan kecepatan pemotongan memberi pengaruh terhadap peningkatan jumlah produksi, sedangkan untuk perhitungan biaya pemesinan mengalami penurunan. Waktu pemesinan memberi pengaruh yang signifikan terhadap perubahan jumlah produksi dan biaya pemesinan. Kecepatan pemotongan optimal ($V_{C_{opt}}$) sebesar 269 m/min dengan biaya pemesinan sebesar Rp 14.821.

DAFTAR PUSTAKA

1. Rochim, Taufiq (1985). *Proses Permesinan*. Bandung : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri-Institut Teknologi Bandung.
2. Halevi, Gideon (1995). *Principles of Process Planning*, London: Chapman & Hall,
3. Mayer, Vernice (2006). *Annual Book of ASTM Standards 2006*, West Conshohocken,

4. Lubis, Sobron. Y. (2013).Analisa Perhitungan Biaya Pembubutan Baja AISI 4340 Menggunakan Pahat Keramik, ***Jurnal Kajian Teknologi***, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara. ISSN 1411-2698.
5. Knight, J.(1995). Improved Model to Determine Tool Life and Optimum Cutting Speed for Minimum Machining Cost. ***Advanced in Manufacturing Technology IX. Proceeding of the Eleventh National Conference on Manufacturing Research.*** Leicester, 12 -14 September 1995: De Montfort University.
6. Birkby, Ian. (2015).AZOM Material Encyclopedia. Available : <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6769>

The influence of cutting speed variation in turning of stainless steel AISI 304 materials on wear and tool life coated carbide cutting tools

M.Sobron Y Lubis, Rosehan, Steven Darmawan, Adianto, Revo Malik

Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Universitas Tarumanagara
Jl. Let.Jen S.Parman No. 1 Jakarta 11440, Indonesia

e-mail : sobronl@ft.untar.ac.id

Abstract: Tool life is machining data which is related to machining process. The aim of this research is to determine the tool life, tool wear and Taylor's tool life equation value of coated carbide insert when used in turning process of AISI 304 stainless steel. By completing this research, the tool life of coated carbide insert will be known and can be estimated when different cutting speed for given feeding speed and depth of cut are used. The experiment was done by using cutting speed which was varied whereas feed rate and depth of cut were fixed during the turning process until the tool wear value of each cutting speed reaches 0.3mm (VB = 0.3mm). Taylor's tool life equation was obtained as $V_C T_L^{0.939} = 2968$ and value of tool life of 29 minutes 10 seconds for low cutting speed and 15 minutes 36 seconds for high cutting speed.

Keywords: tool life, tool wear, coated carbide, stainless steel, turning

1. INTRODUCTION

The insert of cutting tool can still be used as long as it does not exceed the wear limit. The time to reach the cutting tool wear limit value is known as tool life. Tool life is very important to know, because if the cutting tool wear, will certainly affect the roughness of the workpiece surface, and the effect will affect the increased machining costs, by knowing the optimal conditions of tools life of cutting tools, it will provide significant benefits in the process of machining to produce good surface roughness and economical machining costs. Generally, the manufacturer of the cutting tool insert provides recommendations for using cutting parameters. However, there is no detailed information about tool life limitations. In the actual application, the tool life obtained is not the same as that informed by the catalog of cutting tools, because it is influenced by the parameters used, workpiece material, cooling usage, and actual temperature during the process machining.

Based on that, a lot of research was done to determine the tool life of an insert. One of them is Hendri Budiman and Richard's research where the insert was analyzed using Taylor's tool life equation [1]. In their research, carbide insert was used in turning process of ASSAB 760 alloy steel and Taylor's tool life equation was obtained as $V_C T_L^{0.379} = 379$.

In this research, coated carbide insert was used in turning process of AISI 304 stainless steel with varied cutting speeds, fixed feeding speed and depth of cut, dry machining. The aim of this research is to analyze the wear on the cutting tool as a result of the influence of cutting speed of the tool on AISI 304 stainless steel machining to determine the constant values of n and C in the Taylor tool life equation.

2. RESEARCH METHOD

The method used in this research was experimental method by using varied cutting speeds. Every cutting speed was experimented by doing taper turning until it reached VB value of 0.3 mm [2]. VB value is the limit of the cutting tool edge wear value when performing metal cutting processes. During the experiment, there were five varied cutting speeds with fixed feeding speed and depth of cut and without coolant.

Used equipment and material in this research were:

1. CNC turning machine "Mazak ICK Turn 8N"
2. Tool holder "Widax PCLNR 2020K12".
3. Coated carbide insert "CNMG 120404-MA UE6020"
4. AISI 304 stainless steel round bar Ø37.2mm

5. Digital microscope “Jenco” with 50 x magnification.

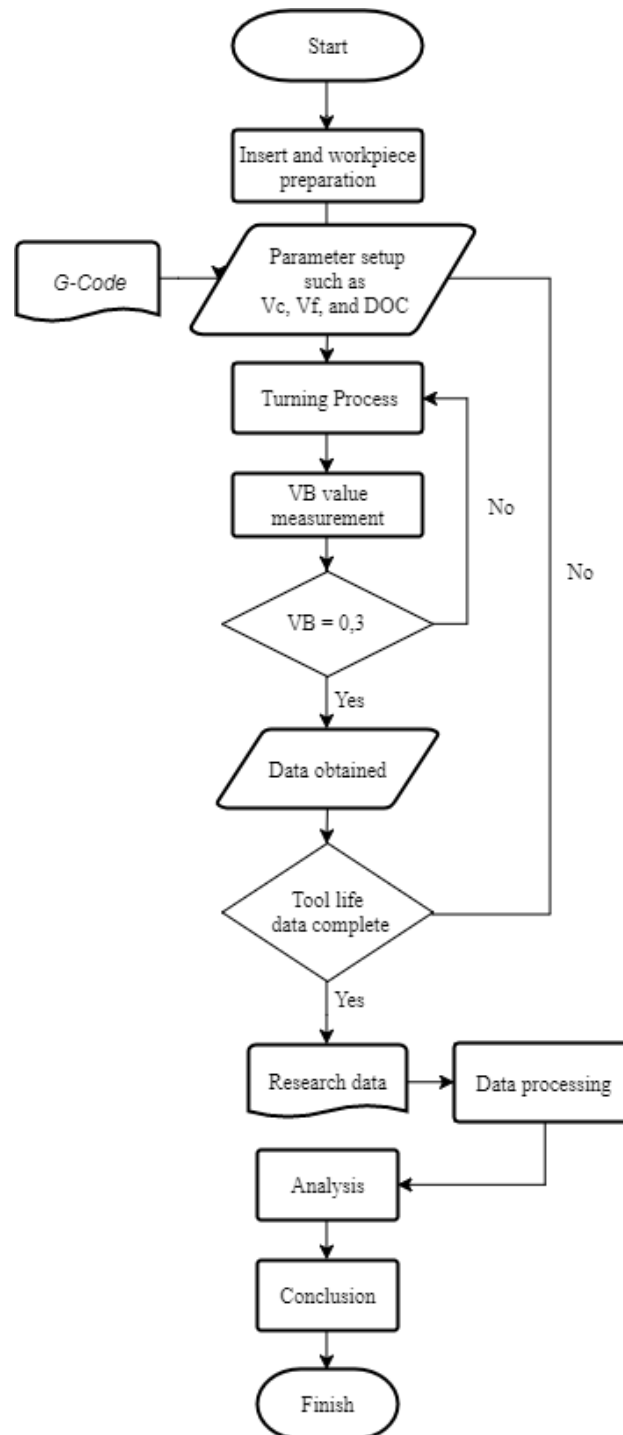


Fig 1. Research Flowchart

The research began by deciding the machining parameter:

Table 1. Used Machining Parameter

Cutting Speed (V_c)	Feeding Speed (V_f)	Depth of Cut	Coolant
$V_{c_1} = 125$ m/min	330 mm/min	0.5 mm	no
$V_{c_2} = 150$ m/min			
$V_{c_3} = 175$ m/min			
$V_{c_4} = 200$ m/min			
$V_{c_5} = 225$ m/min			

The degree of taper used was 20° with the depth of cut was 0.5 mm, therefore, the taper length obtained for every pass was 27.2 mm. Then, taper turning began, for every 5 minutes, the insert examined on the digital microscope to determine the VB value if it had exceeded 0.3mm, if so, then the tool life for given cutting speed would be recorded. When it reached the wear limit, the insert changed and the taper turning process continued using different cutting speed.

After all the required VB value and tool life data recorded, data processing was done to determine the Taylor's tool life equation [3] for coated carbide in turning of AISI 304 stainless steel using:

(1)

where:

V_c = cutting speed (m/min)

T_L = tool life (min)

n = tool life exponent

C = Taylor constant

Using derivative equation of Taylor's tool life equation [4], the value of tool life exponent (n) for coated carbide could be calculated:

$$V_{c_1}(T_{L_1})^n = V_{c_5}(T_{L_5})^n = C \quad (2)$$

becomes:

$$\left(\frac{V_{c_5}}{V_{c_1}}\right) = \left(\frac{T_{L_1}}{T_{L_5}}\right)^n \quad (3)$$

With the tool life exponent had obtained, therefore Taylor's tool life equation for coated carbide in turning of AISI 304 stainless steel could be determined and obtained. And then, graphs showing the influence of cutting speed on tool life and tool wear would be made.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Following tables are the tool life of insert for each cutting speeds:

Table 2. Experimental Result for V_c 125 m/min

Minutes	Tool Wear Value (VB)				Total VB (mm)
	Grid 1	Grid 2	Grid 3	Grid 4	
5	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06
10	0.06	0.12	0.06	0.08	0.08
15	0.1	0.2	0.16	0.21	0.17
20	0.1	0.26	0.2	0.23	0.20
25	0.17	0.24	0.26	0.33	0.25
30	0.21	0.29	0.35	0.39	0.31

Table 3. Experimental Result for Vc 150 m/min

Tool Wear Value (VB)					
Minutes	Grid 1	Grid 2	Grid 3	Grid 4	Total VB (mm)
5	0.07	0.1	0.08	0.06	0.08
10	0.08	0.15	0.13	0.1	0.12
15	0.16	0.22	0.23	0.16	0.19
20	0.21	0.24	0.26	0.24	0.24
25	0.26	0.33	0.29	0.23	0.28
30	0.36	0.39	0.41	0.42	0.40

Table 4. Experimental Result for Vc 175 m/min

Tool Wear Value (VB)					
Minutes	Grid 1	Grid 2	Grid 3	Grid 4	Total VB (mm)
5	0.08	0.12	0.09	0.1	0.10
10	0.1	0.16	0.12	0.12	0.13
15	0.2	0.24	0.2	0.17	0.20
20	0.26	0.38	0.25	0.17	0.27
25	0.31	0.4	0.37	0.21	0.32

Table 5. Experimental Result for Vc 200 m/min

Tool Wear Value (VB)					
Minutes	Grid 1	Grid 2	Grid 3	Grid 4	Total VB (mm)
5	0.09	0.15	0.11	0.11	0.12
10	0.14	0.2	0.09	0.1	0.13
15	0.2	0.27	0.21	0.21	0.22
20	0.29	0.38	0.29	0.29	0.31

Table 6. Experimental Result for Vc 225 m/min

Tool Wear Value (VB)					
Minutes	Grid 1	Grid 2	Grid 3	Grid 4	Total VB (mm)
5	0.14	0.19	0.14	0.19	0.17
10	0.16	0.2	0.17	0.2	0.18
15	0.18	0.24	0.38	0.29	0.27
20	0.37	0.54	0.61	0.48	0.50

Using interpolation, the time needed to reach VB value of 0.3 mm could be calculated.

Table 7. Tool life

Vc (m/min)	Tool life (min)
$V_{c_1} = 125$	$T_{L_1} = 29'10''$
$V_{c_2} = 150$	$T_{L_2} = 25'58''$
$V_{c_3} = 175$	$T_{L_3} = 23'3''$
$V_{c_4} = 200$	$T_{L_4} = 19'19''$
$V_{c_5} = 225$	$T_{L_5} = 15'36''$

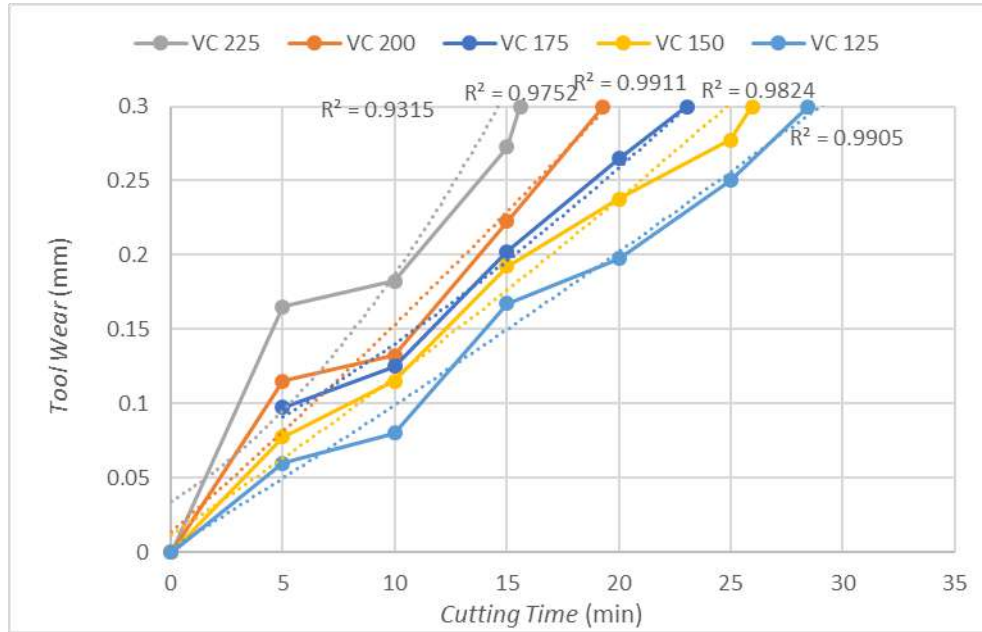


Fig 2. Graph of Coated Carbide's Wear Growth

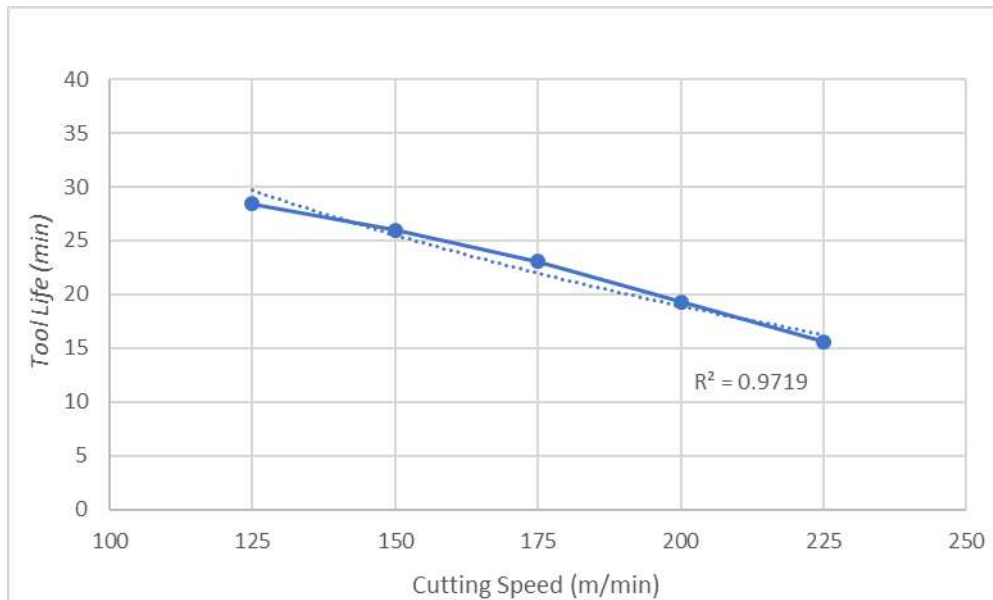


Fig 3. Graph of Tool Life Vs Cutting Speed

Using Taylor's tool life equation, put V_{c1} , V_{c5} , T_{L1} , and T_{L5} values into eq. (3), therefore Taylor's tool life equation for coated carbide in turning of AISI 304 stainless steel is obtained as $V_c \cdot T_L^{0.939} = 2968$

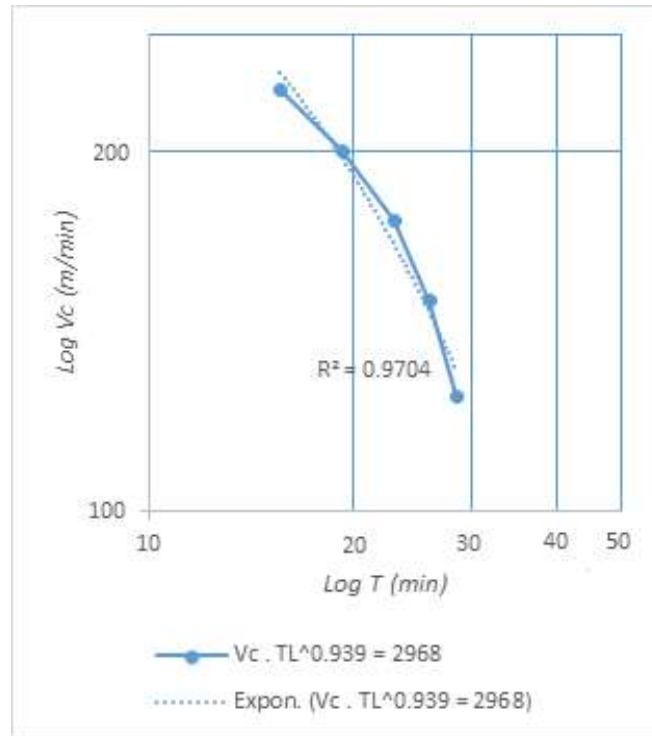


Fig 4. Graph of Coated Carbide Tool Life in *log-log* Scale

In the machining process with cutting speed (V_c) 125 m / min, the insert of cutting tool has a tool life of 29 minutes 10 seconds. The growth of tool wear occurs relatively slowly. In the 15th minute, wear and tear on cutting tools begins to appear. Wear is affected by abrasive processes and adhesives. Friction between these chips and inserts is what causes abrasive processes, on the other hand, an abrasive process occurs due to the build-up of material on the insert, also known as BUE (Built-Up Edge). With increasing machining time running, material build-up will cause wear and crater to become larger gradually.

While at cutting speed (V_c) 150 m / min, the cutting tool insert has a tool life of 25 minutes 58 seconds. Wear growth is slightly faster than the cutting speed (V_c) wear growth of 125 m / min. Wear on the cutting tool is affected by abrasive processes and adhesives. Crater wear that occurs at this cutting speed has a value of wear depth that is less than the previous cutting speed, BUE is built up to the nose insert radius.

Machining process at cutting speed (V_c) 175 m / min, cutting tool insert has a tool life of 23 minutes 3 seconds. Wear on the cutting tool is affected by abrasive processes and adhesives. BUE does not build that much at this cutting speed, therefore, the crater wear that occurs at this cutting speed is still smaller than at low cutting speeds.

Can be seen at cutting speed (V_c) 200 m / min, cutting tools inserts have a tool life of 19 minutes 19 seconds. Crater wear that occurs at the cutting tool insert is quite critical. The adhesive process and the adhesive process, however, the adhesive process. The abrasive cutting speed is very important, where the crater wear depth at this cutting speed is 0.13 mm.

For cutting speed (V_c) 225 m/min, the insert had tool life of 15 minutes 36 seconds. Just as before, the wear occurred was affected by abrasive and adhesive processes, however, on cutting speed (V_c) 225 m/min the wear growth was faster than the previous four cutting speeds.

4. CONCLUSIONS

The conclusion of this research is obtained Increasing the cutting speed will cause the wear growth becomes faster, hence shorten the tool life. Tool life exponent value and Taylor constant for coated carbide inserts in turning of AISI 304 stainless steel are $n = 0.939$ and $C = 2968$, therefore, the Taylor's tool life equation is obtained as $Vc \cdot T_L^{0.939} = 2968$.

REFERENCES

- [1] H. Budiman and Richard, "Analisis Umur dan Keausan Pahat Karbida untuk Membubut Baja Paduan (ASSAB 760) dengan Metoda Variable Speed Machining Test," *Jurnal Teknik Mesin*, **vol. 9, no. 1**, pp. 31-39, 2007.
- [2] International Organization for Standardization, ISO 3685:1993 Tool-Life Testing with Single-Point Turning Tools, Swiss, 1993.
- [3] F. W. Taylor, On the Art of Cutting Metals, New York: American Society of Mechanical Engineers, 1906.
- [4] F. E. Gorczyca, Application of Metal Cutting Theory, New York: Industrial Press, 1987.
- [5] S. Y. Lubis, S. Darmawan, Rosehan and T. Tanuwijaya, "Analisa Pertumbuhan Keausan Pahat Karbida Coated dan Uncoated pada Alloy Steel AISI 4340," *Jurnal Energi dan Manufaktur*, **vol. IX, no. 2**, pp. 114-118, 2016.
- [6] P. N. Rao, Manufacturing Technology Metal Cutting & Machine Tools, Singapore: Tata McGraw Hill Publishing Company Ltd., 2002.
- [7] T. Rochim, Teori dan Teknologi Proses Pemesinan, Bandung: Institut Teknologi Bandung, 1985.

Lampiran: 2 Draft Artikel Ilmiah 2

VARIATION OF CUTTING PARAMETERS IN THE PROCESS OF TURNING AISI 4340 STEEL ON SURFACE ROUGHNESS

M. Sobron Y. Lubis , Erwin Siahaan , Steven Darmawan, Adianto,Ronald
Programs Study Teknik Mesin , Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara
Jl. Let.Jen S.Parman No. 1 Jakarta 11440, Indonesia
Email:sobronl@ft.untar.ac.id

Abstract- *In the metal machining process, cutting speed and feed rate are cutting parameters that affect the surface quality of the workpiece produced. The use of improper cutting parameters can cause the workpiece surface to be rough and the cutting tool age to be shorter. This study was conducted to determine the effect of cutting parameters and the use of carbide tools on the surface roughness of metal steel workpieces. The research was carried out using the experimental method of AISI 4340 steel metal workpiece turning using cutting tool coated. Five variations of cutting speed used are: 140 m / min, 150 m / min, 160 m / min, 170 m / min, 180 m / min and three variations in feed rate: 0.25 mm / rev, 0.3 mm / rev, 0.35 mm / rev. after the turning process, the surface roughness of the workpiece is measured using a surface tester. From the results of the study it was found that the surface roughness value was directly proportional to the feed rate and inversely proportional to the cutting speed. The smallest surface roughness value is 9.56 μm on cutting speed 180 m / min and feed rate is 0.25 mm / rev.*

Keywords: *machining process, cutting parameter, cutting speed, feed rate*

INTRODUCTION

In metal machining process, the quality of the product is depend of parameters and cutting tool that be used. Generally machining parameters that determine on machining process is feed rate that mean feeding speed by cutting tool, and cutting speed.

The research carried out by Handoko (2012) on optimization parameters for machining of Ductile Iron Materials, states that the cutting parameter optimization is determined by the ratio of the parameter comparison to obtain the optimization parameters (Gunter,2015). Using various cutting parameters is done to find out the surface conditions of the workpiece that is produced and also to know the length of life of the cutting tools. Of course, in the machining process,

ou want good surface conditions. A good surface condition is determined if the value of surface roughness produced is as planned. Determination of the appropriate cutting speed can produce the good workpiece surface conditions. Generally, the value of cutting speed and feed can be obtained through the table presented by Kalpakjian (1991). But specifically each cutting tool provides recommendations for the use of cutting parameters that are effective in cutting each workpiece. However, no information on the use of cutting speeds that results in a good surface roughness value is obtained. Therefore, it is necessary to conduct a scientific study on the use of various cutting parameters in the AISI 4340 steel turning process using carbide cutting tools to determine the surface conditions of the resulting workpiece.

METERIAL AND METHODE

Experimental process of AISI 4340 steel turning using Mazak CNC lathes.The cutting tool used is TNMG carbide coated



type

Figure 1. Carbide Coated

Chemical Composition of AISI 4340 Steel

Element	Content (%)
Iron, Fe	95.195-96.33
Nickel, Ni	1.65-2.00
Chromium, Cr	0.700-0.900
Manganese, Mn	0.600-0.800
Carbon, C	0.3700-0.430
Molybdenum, Mo	0.200-0.300
Silicon, Si	0.150-0.300
Sulfur, S	0.0400
Phosphorous	0.0350

Properties of Material

Properties	Metric
Tensile strength	745 MPa
Yield strength	470 MPa
Bulk modulus (typical for steel)	140 GPa
Shear modulus (typical for steel)	80 GPa
Elastic modulus	190-210 GPa
Poisson's ratio	0.27-0.30
Elongation at break	22%
Reduction of area	50%
Hardness, Brinell	217



Figure 2. AISI 4340 Steel

AISI 4340 steel is a difficult to machine material because of its high hardness, low specific heat and tendency to get strain hardened. It is known for its toughness and capability of developing high strength in the heat treated condition while retaining good fatigue strength. Machining is best

done with this alloy in the annealed or normalized and tempered condition. AISI 4340 has good ductility in the annealed condition and most forming operations are carried out in that condition. It can be bent or formed by spinning or pressing in the annealed state. AISI 4340 is high tensile strength general engineering steel ideal for automotive and aircraft components. Axles & axle components, arbors, extrusion liners, lines extrusion, magneto drive coupling, shaft & wheels, pinions & pinion shafts are the application range of AISI 4340 alloy steel. AISI 4340 is a tougher and more ductile material than EN-19 due to the Ni and Chrome alloying additions. (Sudhansu.2013).

Measurement of the surface roughness of the workpiece using a surface tester Mitutoyo type 211.



Figure 3. Surface Tester Mitutoyo 211

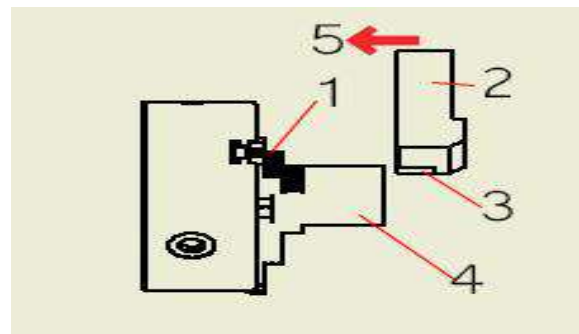


Figure 4. Mechanism of Cutting Process in CNC Turning. (1.Chuck, 2.Tool holder 3.Cutting tool insert, 4. Workpiece 5. Cutting motion)

Methods

This research was carried out by experimental method; the experiment was carried out with variations in cutting speed and cutting conductivity. The workpiece is gripped on the lathe

chuck; the carbide insert cutting tool is attached to the tool holder and attached to the lathe. Cutting speed and cutting conductivity are determined on the lathe. The cutting tool is then moved close to the surface of the workpiece. The spindle rotates, and the cutting tool moves towards the workpiece surface to carry out the cutting process. The

Cutting process is carried out so that it reaches the specified cutting length limit. Then the machine is stopped, then the surface roughness tester is placed above the surface of the workpiece then the observation and surface roughness of the workpiece are carried out. In this machining process is done without using coolant. The value of the surface roughness obtained is then inserted into the table to be further made into the graph and analyzed. After taking the data of surface roughness values, the turning process is carried out again by changing the combination of cutting speed and cutting conductivity that has been designed.



Figure 5. Surface Roughness Measurement

The surface roughness value for the gear surface quality standard is $1.04 \mu\text{m}$ [3].

RESULTS AND DISCUSSION

The surface roughness values obtained in each machining parameter used are

Table 1. Surface Roughness AISI 4340 Steel

Cutting parameter	Surface roughness (Ra) (μm)				
	Vc1 =	Vc2	Vc3	Vc4	Vc5
F1	10,04	9,986	9,746	9,562	8,848
F2	18,538	17,60	17,29	17,14	16,97
F3	26,9	26,67	26,10	25,43	25,41

Vc1 is 140 m/min, Vc2 is 150 m/min

Vc3 is 160 m/min, Vc4 is 170 m/min

Vc5 is 180 m/min

F1 is 0.25 mm/rev, F2 is 0.30 mm/rev,

F3 is 0.35 mm/rev

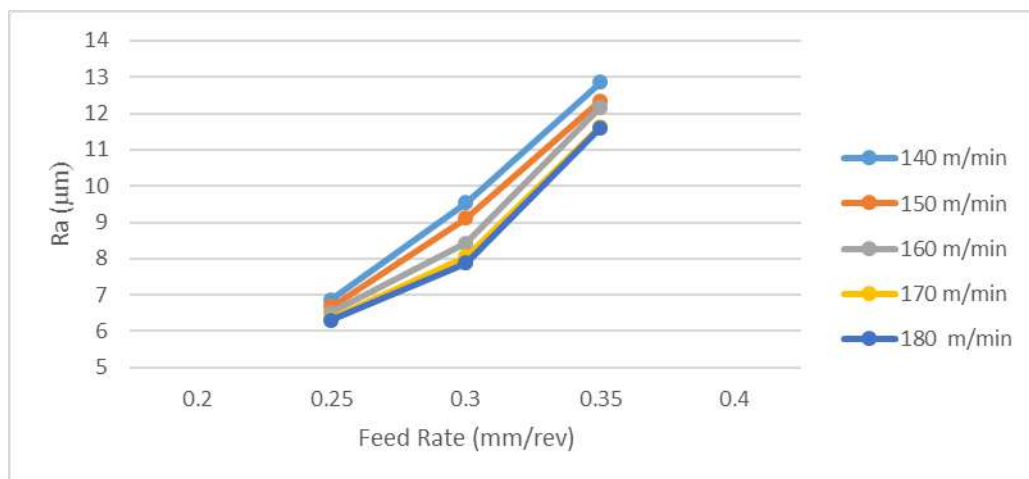


Figure 6. Graphic Feed Rate vs Surface Roughness

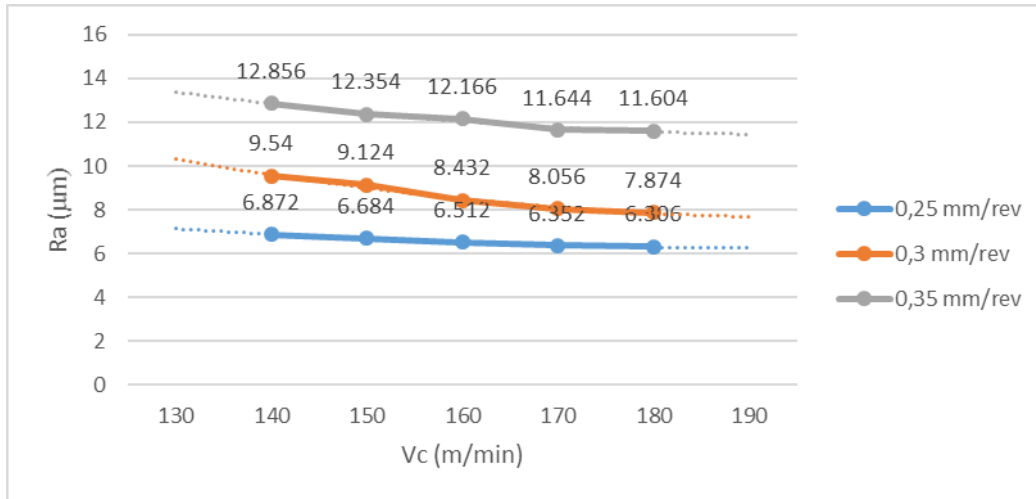


Figure 7. Graphic Cutting Speed Vs Surface Roughness

Feed Rate Effect On Surface Roughness:

The graph above can be seen that the increase in the feed rate value has an effect on changes in the value of the surface roughness of the workpiece, the value of the surface roughness of the workpiece is greater. This happens because the feed rate is a cutting motion that causes the cutting tool's tip to move to the surface of the workpiece which scratches the surface of the material with a cutting speed, the smaller the feed rate value is used, the feeding speed becomes slower, which results in a tighter all parts of the workpiece surface uniformly. However, if the feed rate is high, swipe that occurs per rotation faster so that it does not touch the entire surface of the workpiece in one rotation. This causes an uneven surface to appear and has a higher surface of the workpiece.

Cutting Speed Effect On Surface Roughness:

Based on observations made, obtained the value of cutting speed affects the results of the quality of the workpiece surface. There are differences in the results of the surface roughness level on variations in cutting speed. The higher the cutting speed used, the smaller the surface roughness value in other words, the better the surface quality of the workpiece. High cutting speed results in a decrease in the cross-sectional area of the sliding area. When the spindle rotation is high, the cutting speed is also high and the cutting tool moves quickly to scratch the workpiece surface. This results in a narrower cross-sectional area resulting in narrowing of the cross-sectional area resulting in better surface quality. It is also seen that the variation in cutting speed changes in surface quality. The use of cutting speed variations results in differences in the level of surface roughness produced. The lowest surface roughness was obtained at the highest cutting speed of 180 m / min and the lowest feed rate was 0.25 mm / rev. the use of a low cutting speed and a high feed rate results in larger surface roughness values. The condition of cutting speed variation has limitations, meaning that the higher the cutting speed used, it can lead to narrowing of the cross section area. The narrowing of the cross-sectional area affects the surface quality

CONCLUSION

The conclusions obtained from the experiment and data analysis are as follows: Ra value is directly proportional with feed rate, while inversely proportional with cutting speed (Vc). Then to get a low surface roughness value or smooth need a high cutting speed and low feed rate. Cutting tool coated also has a resilience when do a machining process without coolant. The smallest surface roughness value is 9.56 μm on cutting speed 170 m/min and feed rate is 0.25 mm/rev.

REFERENCES

- Gunter Mikoleizig. (2015). *Surface Roughness Measurements of Cylindrical Gears and Bevel Gears on Gear Inspection Machines*, "Gear Technology". pp.55, May.2015.
- Handoko dan Mudjijana. (2012). Pengaruh Feed Rate Terhadap Surface Roughness dan Material Removal Rate pada Operasi Bubut Bahan Austempered Ductile Iron. Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke 18. ISBN:978-979-95620-8-1. Jurusan Teknik Mesin dan Industri. Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- Rochim, Taufiq. (1985) *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Bandung : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri - Institut Teknologi Bandung
- Kalpakjian, Serope. (1991). *Manufacturing Processes for Engineering Materials*. Edisi Kedua. Chicago : Addison-Wesley
- <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6772>
. 08 Juli 2018.
- Sudhansu Ranjan Das, Amaresh Kumar, and Debabrata Dhupal. Effect of Machining Parameters on Surface Roughness in Machining of Hardened AISI 4340 Steel Using Coated Carbide Inserts. (2013). International Journal

