

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN SPINDLE DAN MEDIA
PENDINGIN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN LOGAM
HASIL PEMBUBUTAN PADA MATERIAL BAJA AISI 4140**

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik Mesin Sebagai Salah Satu
Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan*



OLEH :

MIRZA IBRAHIM

NIM 1201967/2012

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : **PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN SPINDLE DAN MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN LOGAM HASIL PEMBUBUTAN PADA MATERIAL BAJA AISI 4140**

Nama : Mirza Ibrahim
NIM/BP : 1201967/2017
Program studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 03 Februari 2017

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,

Drs. Svahrul, M.Si.
NIP. 19610829 198703 1 603

Pembimbing II,

Drs. Nefri Helmi, M.Kes.
NIP. 19631104 199001 1 001

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Mesin FT-UNP

Ir. Arwizet K. S.T., M.T.
NIP. 19690920 199802 1 001

PENGESAHAN

Dinyatakan Lulus Selesai dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Judul : **PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN SPINDLE
DAN MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKASARAN
PERMUKAAN LOGAM HASIL PEMBUBUTAN PADA
MATERIAL BAJA AISI 4140**

Nama : Mirza Ibrahim
NIM/BE : 1201967/2012
Program studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 03 Februari 2017

Tim Penguji

| | Nama | Tanda Tangan |
|---------------|-------------------------------|--|
| 1. Ketua | : Drs. Syahrul, M.Si. | 1.  |
| 2. Sekretaris | : Drs. Nafri Helmi, M.Kes. | 2.  |
| 3. Anggota | : Drs. Havanuddin, M.S. | 3.  |
| 4. Anggota | : Drs. Abd Aziz, M.Pd. | 4.  |
| 5. Anggota | : Budi Syabri, S.Pd., M.Pd.T. | 5.  |

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Januari 2017

Yang menyatakan,



MIRZA IBRAHIM
NIM. 1201967

Halaman Persembahan



"Dia memberikan hikmah (ilmu yang berguna kepada siapa dikehendaki-Nya). Barang siapa yang mendapat hikmah itu sesungguhnya ia telah mendapatkan kebahagiaan yang banyak. Dan tidaklah yang menerima peribahasa melainkan orang-orang yang berakal (Q.S. Al Baqarah: 129)"

Allhamdulillah alomni, kals usaha dan proses yang begitu panjang akhirnya sampai pada titik ini, sebagai karya mungil yang telah lewati pengorbanan dan perih keringat yang luar biasa melelahkan dan pada akhirnya tugas akhir perwujudan ini selesai, begitu baik cara Allah menderuskannya dalam melatih kesabaran, keguyuban, usaha, pengorbanan setiap hamba-Nya dan hadiahkan hasil terbaik dibalik itu semua.

Ya Rabb, tutur kata tak sanggup terucap atas kebaikannya dalam mencapai klimaks kesempurnaan yang Engkau berikan, terima kasih atas keagungan-Mu dalam menganugerahkan kado terindah ini, terimalah segumung syukur dari lumba-Mu. Shalawat tak kekasih Rabb, Rasulullah SAW. Sering razi syukurku dengan segala kerendahan hati dan mengharapkn ridho-Mu ya Allah, semoga skripsi ini menjadi amal shaleh bagiku dan menjadi kebahagiaan keluargaku tercinta.

Dengan ridho Allah SWT

Skripsi ini dipersembahkan untuk indadani dan pangeran hidupku, seorang Ihunda dan Ayahanda

yang begitu luar biasa dalam menaidik dan selalu mendukung serta nasihat dan do'anya yang selalu menjadi lentera penerang perjalanan hidupku hingga digaris ini.

Ibundaku tersayang (Melwani) dan Ayah tercinta (Bukhari) terimakasih banyak telah menjadi tokoh luar biasa yang selalu menginjeksikan idealisme, prinsip, edukasi, dan kasih sayang yang tak terhingga, penuh kesabaran dan penuh pengorbanan.

Semoga ini menjadi amal untuk membuat Ayah dan Ibu bahagia.

Kepada Abang dan Umku Tercinta (Mandri, Susi, Merlin)

terima kasih atas segala support dan do'anya, walaupun sering bertengkar dan itu begitu menjengkelkan namun karena kalian hidup ini begitu lebih berarti bagiku. Hanya karya kecil ini yang dapat ku persembahkan, maaf belum bisa seutuhnya menjadi adik yang baik, namun akan lebih berusaha lagi menjadi pribadi seutuhnya, semoga abang dan uni tercinta dapat menggapai keberhasilan juga dikemudian hari dan kita nantinya bisa bersama-sama membahagiakan dan membanggakan kedua orang tua.

Untuk yang luar biasa yang sangat berperan dalam pembuatan skripsi ini, Dosen Pembimbing Akademik (Drs. Nelly Erizon, M.Pd.) dan para dosen pembimbing yang tak pernah bosan memberikan bimbingan, kritikan, saran dan arahan tanpa pembimbing (Drs. Syofrul, M.Si. dan Drs. NoPri Helmi, M.Kes.) skripsi ini mungkin belum bisa tercapai sekarang dan teruntuk pahlawan tanpa jasa para dosen yang tergabung dalam dosen pengajar Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, terimakasih banyak untuk semua didikan dan pengalaman yang sangat berarti yang telah diberikan kepada kami.

Buat teman seperjuangan dan satu kontrakan dari semester satu hingga sekarang yang mulai dari zamannya jalan kaki, polos dan lugu, dan menjadi pemuda sukses harapan Musa dan Rangga, terimakasih atas bimbingan, do'a, nasihat, traktiran, hiburan, dan semangat yang telah diberikan serta candaan yang takkan terlupakan, semoga kita nantinya diketemukan dalam status pemuda sukses diusia dan akhirat.

serta para sahabat diangkatan 2012 Mechanical Engineering yang terus memantapkan dan membantu segala hal dalam hal belajar maupun percintaan, semoga keakraban diantara teknik mesin 2012 UNP tetap selalu terjaga hingga akhir hayat.

"Solidarity Forever".

Terimakasih uda uni teknik mesin atas bimbingan, pengonalan dan pengalamannya dalam memberikan arahan pada kami junior, dan adik-adik junior semoga semakin baik dalam memajukan dan mensukseskan Fakultas Teknik, menjadi Fakultas terdepan di Universitas Negeri Padang

Serta semua pihak yang sudah membantu selama penyelesaian tugas akhir ini, masih banyak lagi yang ingin diucapkan dan beribu terimakasih kepada yang telah ikut berperan dan mendo'akan, sayang halaman ini terlalu kecil untuk memuduskan hingga satu-persatu tak dapat disebutkan karena pada dasarnya kesuksesan takkan terwujud tanpa usaha dan dukungan dari berbagai pihak, terima kasih, semoga karya mutiara ini menjadi langkah awal dalam meniti masa depan agar mampu beriklan kebanggaan seluruhnya buat mereka yang hadir dalam hidupnya.

Padang, Februari 2017

*Mirza Ibrahim
1201967/2012*

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN SPINDLE DAN MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN LOGAM HASIL PEMBUBUTAN PADA MATERIAL BAJA AISI 4140 OLEH MIRZA IBRAHIM

Hasil pembubutan yang berkualitas tinggi dapat dilihat dari segi bentuk, kepresisian ukuran, dan karakteristik permukaan berupa kekasaran permukaan benda kerja, kekasaran permukaan hasil pembubutan menjadi tuntutan yang harus diperhatikan, karena kekasaran suatu komponen mesin memiliki pengaruh dalam suatu rangkaian mesin. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan putaran spindle dan media pendingin terhadap kekasaran permukaan logam hasil pembubutan pada material baja AISI 4140.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, proses pemesinan yang dilakukan dengan kedalaman potong 0,30 mm pada proses *finishing* dengan memvariasikan kecepatan putaran spindle (260 rpm, 320 rpm dan 440 rpm) dan media pendingin (dormus, oli SAE 40, dan tanpa pendingin), *feeding* (gerak makan) konstan yaitu 0,056 mm/putaran pada benda kerja AISI 4140 yang mempunyai diameter 20 mm dengan panjang 75 mm dan dibubut menjadi diameter 18 mm sepanjang 40 mm menggunakan pahat HSS (*High Speed Steel*). Setelah benda kerja dibubut, kemudian benda kerja diukur kekasaran permukaannya dengan menggunakan *Surface Tester Mitutoyo SJ-201P*.

Hasil penelitian ini didapat bahwa, angka kekasaran permukaan yang paling halus adalah 2,24 μm dengan kelas kekasaran permukaan N7 yaitu pada parameter kecepatan putaran 440 Rpm dan dengan menggunakan media pendingin dromus. Sedangkan angka kekasaran permukaan yang paling kasar adalah 3,78 μm dengan kelas kekasaran permukaan N8 yaitu pada parameter kecepatan putaran 260 Rpm dan dengan menggunakan media pendingin oli SAE 40.

Kata Kunci : *Kecepatan Putaran Spindle, Media Pendingin, dan Kekasaran Permukaan.*

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah *Alamin*, puji syukur penulis ucapkan kehadiran *Allah Subhanauwata'ala* karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan penelitian yang berjudul “**Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Spindle dan Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Logam Hasil Pembubutan Pada Material Baja AISI 4140**”. Salawat dan salam semoga selalu dilimpahkan *Allah Subhanauwata'ala* kepada junjungan kita Nabi Muhammad *Salallahu 'alaihi wassalam* yang dengan seluruh jiwa dan raganya membawa umat manusia dari kehidupan jahiliyah menuju alam yang penuh dalam cahaya ilmu pengetahuan.

Penulisan laporan penelitian ini merupakan syarat menyelesaikan program studi S1 Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Dalam penulisan laporan penelitian ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Atas semua bantuan dan bimbingan tersebut penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Syahrul, M.Si. selaku Dosen pembimbing I sekaligus sekretaris Jurusan Teknik Mesin FT UNP.
2. Bapak Drs. Nofri Helmi, M.Kes. selaku Dosen pembimbing II.
3. Bapak Drs. Hasanuddin, M.S. selaku Dosen penguji I.
4. Bapak Drs. Abdul Aziz, M.Pd. selaku Dosen penguji II.
5. Bapak Budi Syahri, S.Pd., M.Pd.T. selaku Dosen penguji III.

6. Bapak Ir. Arwizet K, ST. MT. selaku ketua jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
7. Bapak Drs. Nelvi Erizon, M.Pd. selaku penasehat akademik.
8. Bapak/Ibu Staf Pengajar dan Adiministrasi Kepegawaian jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
9. Kedua orang tua penulis dan seluruh keluarga yang telah memberi semangat dan dorongan baik berupa materil maupun spiritual.
10. Rekan-rekan mahasiswa seperjuangan jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
11. Semua pihak yang telah membantu dan memberi petunjuk, saran serta dukungan moral dan motivasi kepada penulis yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu per satu.

Semoga *Allah Subhanauwata'ala* membalas semua jasa baik tersebut dan menjadi catatan kemuliaan di sisi-Nya. *Aamiin*.

Akhirnya penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan penelitian ini terdapat banyak kekurangan. Penulis berharap adanya masukan dan saran sehingga laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat khususnya dalam rangka pengembangan untuk melanjutkan penelitian yang akan dilakukan selanjutnya. Semoga *Allah Subhanauwata'ala* memberkati dan meridhoi kita semua, *Aamiin Ya Rabbal 'Alaamiin*.

Padang, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|----------------|
| HALAMAN PERSETUJUAN | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| SURAT PERNYATAAN | iii |
| ABSTRAK | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| BAB I. PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang Masalah | 1 |
| B. Identifikasi Masalah | 4 |
| C. Batasan Masalah | 5 |
| D. Rumusan Masalah | 5 |
| E. Tujuan Penelitian | 6 |
| F. Manfaat Penelitian | 6 |
| BAB II. KAJIAN PUSTAKA | |
| A. Mesin Bubut Konvensional | 7 |
| 1. Pengertian Mesin Bubut Konvensional | 7 |
| 2. Bagian Utama Mesin bubut Konvensional | 8 |

| | |
|---|----|
| B. Parameter Pemotongan Mesin Bubut | 13 |
| 1. Kecepatan Potong (<i>Cutting Speed</i>) | 13 |
| 2. Kecepatan Putaran (<i>Spindle Speed</i>) | 14 |
| 3. Gerak Pemakanan Mesin Bubut Konvensional | 16 |
| 4. Dalam Pemotongan (<i>Depth Of Cut</i>) | 19 |
| C. Media Pendingin | 19 |
| D. Baja Karbon | 23 |
| E. Material Baja AISI 4140 | 26 |
| F. Kekasaran Permukaan | 27 |
| G. Kerangka Konseptual | 31 |
| H. Pertanyaan Penelitian | 32 |

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|--------------------------------------|----|
| A. Metode Penelitian | 33 |
| B. Waktu dan Tempat Penelitian | 33 |
| C. Objek Penelitian | 34 |
| D. Jenis dan Sumber data | 35 |
| 1. Jenis Data | 35 |
| 2. Sumber Data | 35 |
| E. Identifikasi Variabel | 35 |
| 1. Variabel Bebas | 35 |
| 2. Variabel Terikat | 40 |
| 3. Parameter Kontrol | 41 |
| F. Alat dan Bahan | 42 |

| | |
|--|----|
| 1. Alat | 42 |
| 2. Bahan | 43 |
| G. Metode Pelaksanaan | 43 |
| 1. Persiapan bahan | 43 |
| 2. Proses Eksperimen | 44 |
| 3. Pengujian Kekasaran Permukaan | 44 |
| H. Instrumen Pengumpulan Data | 45 |
| I. Prosedur Penelitian | 46 |
| J. Teknik Analisa Data | 47 |
| BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | |
| A. Data Hasil Penelitian | 48 |
| B. Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Spindle dan Media Pendingin terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 4140 | 50 |
| C. Pembahasan | 54 |
| BAB V. PENUTUP | |
| A. Kesimpulan | 56 |
| B. Saran | 56 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|----------------|
| 1. Harga <i>Cutting Speed</i> untuk Beberapa Jenis Bahan | 14 |
| 2. Kecepatan Putaran Mesin Bubut Maximat V13 | 16 |
| 3. Rekomendasi Feed dalam Satuan Inchi/Putaran untuk Pembubutan | 18 |
| 4. Feeding pada Mesin Maximat V13 Satuan mm/putaran..... | 18 |
| 5. Sifat Mekanik Baja AISI 4140 | 27 |
| 6. Toleransi Harga Kekasaran Rata-Rata Ra | 30 |
| 7. Tingkat Kekasaran Rata-Rata Permukaan Menurut Proses Pekerjaan .. | 31 |
| 8. Spesifikasi Baja AISI 4140 | 32 |
| 9. Jumlah Spesimen Uji | 34 |
| 10. Kecepatan Putaran Mesin Bubut Maximat V13 | 37 |
| 11. Spesifikasi Dromus | 39 |
| 12. Spesifikasi Oli SAE 40 Merk Mesran | 40 |
| 13. Pengumpulan Data | 45 |
| 14. Data Hasil Penelitian | 49 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|----------------|
| 1. Mesin Bubut | 8 |
| 2. Eretan | 9 |
| 3. Kepala Lepas | 10 |
| 4. <i>Tool Post</i> | 11 |
| 5. Kran Pendingin | 11 |
| 6. Cekam | 12 |
| 7. Gerak Pemakanan | 17 |
| 8. Karakteristik Permukaan dan Lambang Penandaan Nilai Maksimal | 29 |
| 9. Hubungan antara Harga Rata-Rata Aritmatik dengan Akar Kuadrat Rata-Rata yang Digunakan Sewaktu Penentuan Kekasaran | 29 |
| 10. Kekasaran Permukaan yang Dihasilkan Berbagai Proses Produksi | 31 |
| 11. Kerangka Konseptual | 32 |
| 12. Sudut Pahat | 41 |
| 13. <i>Surface Tester Mitutoyo SJ-201P</i> | 43 |
| 14. Pembuatan Awal Benda | 43 |
| 15. Spesimen Hasil Proses Eksperimen | 44 |
| 16. Titik Pengujian Kekasaran | 44 |
| 17. Diagram Penelitian | 46 |
| 18. Titik Pengujian Kekasaran | 48 |
| 19. Grafik Kekasaran pada Kecepatan Putaran Spindle 320 Rpm | 50 |

| | |
|---|----|
| 20. Grafik Kekasaran pada Kecepatan Putaran Spindle 260 Rpm | 51 |
| 21. Grafik Kekasaran pada Kecepatan Putaran Spindle 440 Rpm | 52 |
| 22. Grafik Kekasaran Variasi Kecepatan Putaran Spindle dan Media Pendingin | 53 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|--|----------------|
| 1. Tabulasi Data | 60 |
| 2. Sudut Pahat | 61 |
| 3. <i>Jobsheet</i> | 62 |
| 4. Grafik Kekasaran pada Kecepatan Putaran Spindel 260 Rpm | 63 |
| 5. Grafik Kekasaran pada Kecepatan Putaran Spindel 320 Rpm | 64 |
| 6. Grafik Kekasaran pada Kecepatan Putaran Spindel 440 Rpm | 65 |
| 7. Grafik Kekasaran Variasi Kecepatan Putaran Spindel dan Media Pendingin | 66 |
| 8. Dokumentasi Penelitian | 67 |

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan dunia industri telah mengalami kemajuan yang sangat pesat. Dalam bidang manufaktur khususnya proses produksi, mesin-mesin perkakas seperti mesin frais, dan mesin bubut sudah dilengkapi dengan sistem kontrol berbasis komputer (*Computer Numerically Controlled*). Produktivitas yang dihasilkan oleh mesin bubut yang memakai sistem komputer ini tentunya lebih besar bila dibandingkan produktivitas yang dihasilkan mesin bubut konvensional. Keuntungan lain mesin CNC adalah tingkat kecacatan hasil pengerjaan yang lebih kecil serta kemudahan pengoperasian bila dibandingkan dengan mesin konvensional. Hadirnya mesin-mesin CNC ini tidak menggeser keberadaan mesin-mesin yang dioperasikan secara manual atau biasa disebut mesin konvensional. Harga mesin CNC yang mahal membuat industri-industri kecil tetap mempertahankan mesin-mesin konvensional. Mesin-mesin konvensional mutlak memerlukan keterampilan manual dari operatornya, sehingga produksi yang menggunakan mesin-mesin konvensional mampu bersaing dengan produk yang dihasilkan mesin-mesin CNC.

Mesin bubut adalah suatu mesin perkakas yang prinsip kerjanya benda kerja berputar pada kedudukannya dan menggunakan alat potong untuk menyayat benda kerja. Mesin bubut merupakan salah satu mesin produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris.

Pada proses membubut, hasil pembubutan yang berkualitas tinggi dapat dilihat dari segi bentuk, kepresisian ukuran, dan karakteristik permukaan berupa kekasaran dari permukaan benda kerja. Pada dasarnya setiap pekerjaan mesin mempunyai persyaratan kualitas permukaan (kekasaran permukaan) yang berbeda-beda, tergantung dari fungsinya. Karakteristik permukaan tersebut harus dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan, sehingga efisiensi permukaan akan lebih sesuai dengan permukaannya. Kekasaran permukaan suatu komponen mesin selalu berhubungan dengan gesekan, pelumasan, tahan kelelahan, maupun perangkaian komponen-komponen mesin.

Kekasaran permukaan hasil pengerjaan pembubutan menjadi suatu tuntutan yang harus diperhatikan, karena kekasaran permukaan komponen mesin memiliki pengaruh dalam suatu rangkaian mesin. Kekasaran permukaan yang kasar komponen mesin pada rangkaian mesin yang berputar dapat menyebabkan terjadinya keausan yang cepat, sehingga komponen mesin cepat rusak dan akhirnya efisiensi kerja menjadi menurun. Pada bagian mesin yang akan dilapisi seperti dikrom dan dicat diperlukan kekasaran permukaan yang halus, karena bila permukaan benda terlalu kasar akan menyebabkan hasil pelapisan menjadi kasar dan lapisan akan mudah terkelupas. Mengingat kekasaran permukaan produk hasil proses pembubutan memiliki fungsi yang sangat penting, maka disetiap gambar kerja ada penunjuk isyarat tentang kekasaran permukaan yang harus dicapai.

Untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang sesuai dengan permintaan gambar kerja sehingga proses produksi mampu menghasilkan produk yang berkualitas diperlukan pengaturan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan produk hasil proses pembubutan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan pada pengerjaan logam dengan menggunakan mesin bubut, antara lain kecepatan spindle, kedalaman pemakanan, gerak pemakanan, kondisi mesin, bahan benda kerja, bentuk ujung mata potong pahat, media pendinginan, dan operator. Untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang halus, proses pembubutan dilakukan dengan kecepatan spindle yang tinggi, gerak pemakanan yang kecil, dan kedalaman pemakanan yang kecil, sedangkan untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang kasar dilakukan proses pembubutan dengan kecepatan spindle yang rendah, gerakan pemakanan yang besar dan kedalaman pemakanan yang besar pula. Pengaturan faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan diperlukan untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang sesuai dengan gambar kerja.

Pada industri kecil yang kebanyakan menggunakan mesin bubut konvensional, untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang sesuai permintaan gambar kerja, biasanya seorang operator mesin hanya menggunakan *feeling* atau perasaannya. Dengan metode *feeling* tersebut tentu hasilnya tidak dapat dipastikan, kadang bisa sesuai dan terkadang tidak sesuai dengan permintaan gambar kerja, tergantung dari jam terbang atau pengalaman operator mesin. Penggunaan parameter kecepatan putaran

spindle dan pendinginanpun terkadang tidak diperhatikan oleh operator, bahkan untuk meminimalisir kekasaran permukaan tersebut banyak dari operator menggunakan amplas ataupun kikir untuk menghaluskannya, padahal dalam proses pembubutan tidak ada prosedur untuk mengamplas atau mengikir sebab tingkat keselamatannya sangat kurang. Namun hal tersebut masih banyak ditemui di industri kecil, sehingga berpengaruh dengan kualitas produk yang dihasilkan. Agar produk hasil industri kecil dapat bersaing dengan industri besar, mutlak diperlukan hasil pengerjaan mesin yang sesuai dengan permintaan gambar kerja.

Dari latar belakang di atas, maka penulis melakukan penelitian yang mengamati **“PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN SPINDLE DAN MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN LOGAM HASIL PEMBUBUTAN PADA MATERIAL BAJA AISI 4140”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi masalah yang ada yaitu sebagai berikut:

1. Banyaknya operator mesin bubut dalam menentukan parameter kecepatan putaran spindel tidak sesuai dengan teori yang telah ada.
2. Banyaknya operator mesin bubut dalam menentukan media pendingin tidak sesuai dengan teori yang telah ada.

3. Kurangnya keterampilan atau pengetahuan operator mesin bubut dalam menentukan parameter pemotongan, terutama pada kecepatan putaran spindel.
4. Banyaknya operator mesin bubut yang menggunakan amplas atau kikir dalam mendapatkan tingkat harga kekasaran benda kerja yang telah ditentukan.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka agar pembahasan di dalam penelitian ini lebih terfokus, maka penulis membatasi masalah yang akan di teliti yaitu “pengaruh variasi kecepatan putaran spindel dan media pendingin terhadap kekasaran permukaan logam hasil pembubutan pada material baja AISI 4140”.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan pembatasan masalah dapat dibuat perumusan masalah sebagai berikut :

1. Adakah pengaruh variasi kecepatan putaran spindle dan media pendingin terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan pada material baja AISI 4140?
2. Manakah interaksi kecepatan putaran spindle dan media pendingin yang menghasilkan kekasaran permukaan paling halus hasil proses pembubutan konvensional pada material baja AISI 4140?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian perumusan masalah diatas, maka tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan putaran spindle dan variasi media pendingin terhadap kekasaran permukaan logam hasil pembubutan pada material baja AISI 4140.
2. Mengetahui interaksi variasi kecepatan putaran spindle dan media pendingin yang menghasilkan kekasaran permukaan paling halus hasil pembubutan pada material baja AISI 4140.

F. Manfaat Penelitian

Setiap penelitian ilmiah bagaimanapun bentuknya pasti mempunyai manfaat yang diharapkan. Adapun manfaat penelitian ini dapat penulis kemukakan sebagai berikut :

1. Dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan kecepatan putaran spindle yang paling optimal dan media pendingin yang sesuai untuk mendapatkan kekasaran yang diinginkan dalam proses pemesinan menggunakan mesin bubut konvensional pada material AISI 4140.
2. Menjadi masukan perusahaan dalam hubungannya dengan peningkatan kualitas produk hasil pengerjaan pembubutan konvensional
3. Sebagai bahan panduan bagi semua pihak tentang pentingnya variasi kecepatan putaran spindle dan media pendingin terhadap kekasaran permukaan pada baja AISI 4140.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Mesin Bubut Konvensional

1. Pengertian Mesin Bubut Konvensional

Mesin bubut (*turning machine*) adalah suatu jenis mesin perkakas yang kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan mata potong pahat (*tools*) sebagai alat untuk menyayat benda kerja tersebut. Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris. Pada prosesnya benda kerja terlebih dahulu dipasang pada *chuck* (pencekam) yang terpasang pada spindle mesin, kemudian spindle dan benda kerja diputar dengan kecepatan sesuai perhitungan. Alat potong (pahat) yang dipakai untuk membentuk benda kerja akan disayatkan pada benda kerja yang berputar. Pada perkembangannya ada jenis mesin bubut yang berputar alat potongnya, sedangkan benda kerjanya yang diam. Dalam kecepatan putar sesuai perhitungan, alat potong akan mudah memotong benda kerja sehingga benda kerja mudah dibentuk sesuai yang diinginkan. Mesin bubut manual dikatakan konvensional untuk membedakan dengan mesin-mesin yang dikontrol dengan komputer (*Computer Numerically Controlled*) ataupun numerik (*Numerical Control*). (Wirawan Sumbodo, 2008 : 227)



Gambar 1. Mesin Bubut
(Sumber: Wirawan Sumbodo, 2008 : 227)

2. Bagian Utama Mesin Bubut Konvensional

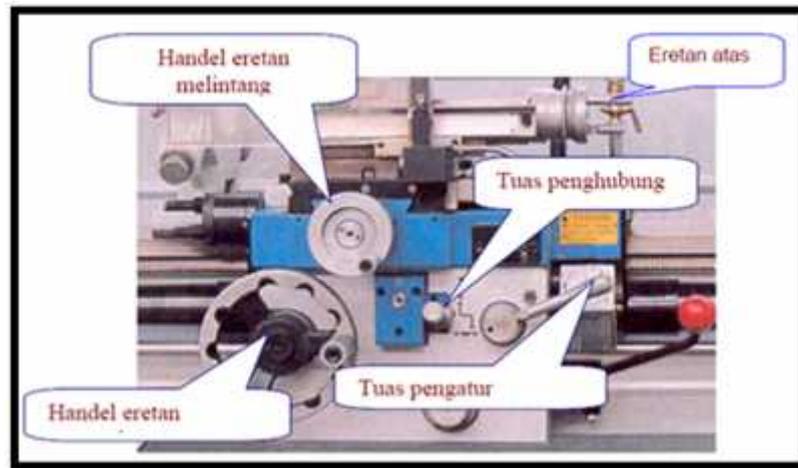
a. Motor Utama

Motor utama adalah motor penggerak cekam (*chuck*) untuk memutar benda kerja. Motor ini adalah jenis arus searah DC dengan kecepatan putar yang variatif.

b. Eretan

Eretan (*carriage*) terdiri atas eretan memanjang (*longitudinal carriage*) yang bergerak sepanjang alas mesin, eretan melintang (*cross carriage*) yang bergerak melintang alas mesin dan eretan atas (*top carriage*) yang bergerak sesuai dengan posisi penyetelan di atas eretan melintang. Kegunaan eretan ini adalah untuk memberikan pemakanan yang besarnya dapat diatur menurut kehendak operator yang dapat terukur dengan ketelitian tertentu yang terdapat pada pemutarnya.

Perlu diketahui bahwa semua eretan dapat dijalankan secara otomatis ataupun manual. (Wirawan Sumbodo, 2008 : 239)

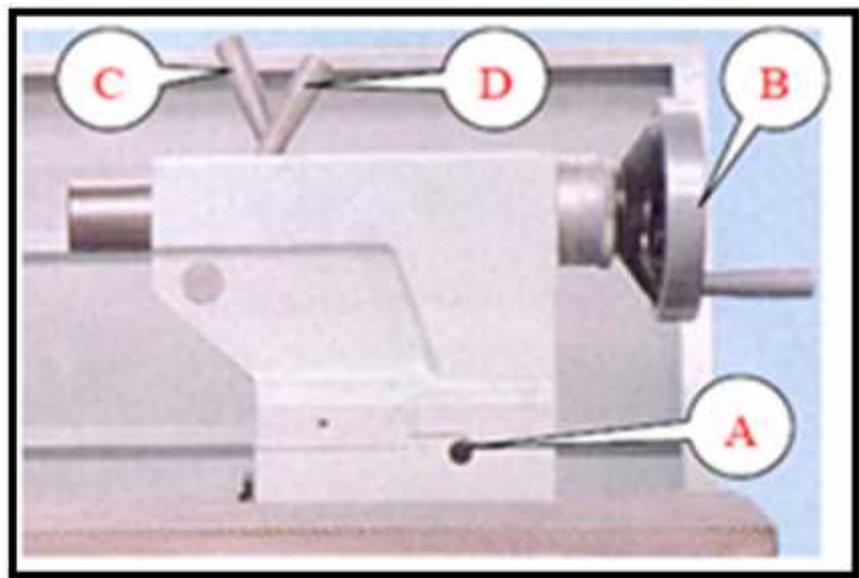


Gambar 2. Eretan
(Sumber: Wirawan Sumbodo, 2008 : 239)

c. Kepala Lepas (*Tail Stock*)

Kepala lepas digunakan untuk dudukan senter putar sebagai pendukung benda kerja pada saat pembubutan, dudukan bor tangkai tirus dan cekam bor sebagai menjepit bor. Kepala lepas dapat bergeser sepanjang alas mesin, porosnya berlubang tirus, sehingga memudahkan tingkat bor untuk dijepit. Tinggi kepala lepas sama dengan tinggi senter tetap. Kepala lepas ini terdiri dari dua bagian yaitu alas dan badan, yang diikat dengan dua baut pengikat (A) yang terpasang pada kedua sisi alas kepala lepas sekaligus berfungsi untuk pengatur pergeseran badan kepala lepas untuk keperluan agar dudukan senter putar sepusat dengan senter tetap atau sumbu mesin, atau tidak sepusat yaitu pada waktu membubut tirus di antara dua senter.

Selain roda pemutar (B), kepala lepas juga terdapat dua lagi lengan pengikat yang satu (C) dihubungkan dengan alas yang dipasang mur, dimana fungsinya untuk mengikat kepala lepas terhadap alas mesin agar tidak terjadi pergerakan kepala lepas dari kedudukannya. Lengan pengikat yang satunya (D) dipasang pada sisi tabung luncur/ruah senter putar, bila dikencangkan berfungsi agar tidak terjadi pergerakan longitudinal sewaktu membubut. (Wirawan Sumbodo, 2008 : 240)



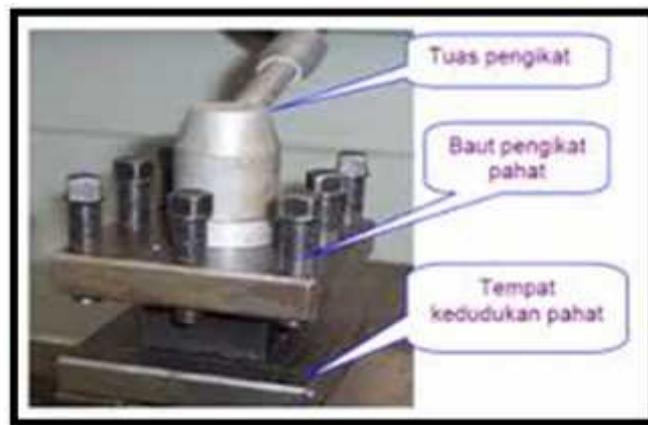
Gambar 3. Kepala Lepas
(Sumber: Wirawan Sumbodo, 2008 : 240)

Keterangan gambar :

- A : Baut pengikat
- B : Roda pemutar
- C : Lengan pengikat
- D : Lengan pengikat

d. Penjepit Pahat (*Tool Post*)

Penjepit pahat digunakan untuk menjepit atau memegang pahat, yang bentuknya ada beberapa macam di antaranya seperti ditunjukkan pada gambar 4. Jenis ini sangat praktis dan dapat menjepit 4 (empat) buah pahat sekaligus, sehingga dalam suatu pengerjaan bila memerlukan 4 (empat) macam pahat dapat dipasang dan disetel sekaligus. (Wirawan Sumbodo, 2008 : 243)



Gambar 4. *Tool Post*
(Sumber: Wirawan Sumbodo, 2008 : 243)

e. Kran Pendingin

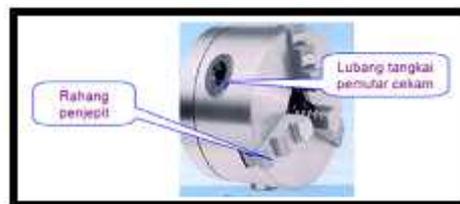
Kran pendingin digunakan untuk menyalurkan pendingin (*collant*) kepada benda kerja yang sedang dibubut dengan tujuan untuk mendinginkan pahat pada waktu penyayatan, sehingga dapat menjaga pahat tetap tajam dan panjang umurnya. Hasil bubutannyapun halus. (Wirawan Sumbodo, 2008 : 244)



Gambar 5. Kran Pendingin
(Sumber: Wirawan Sumbodo, 2008 : 244)

f. Cekam (*Chuck*)

Cekam adalah sebuah alat yang digunakan untuk menjepit benda kerja. Jenisnya ada yang berahang tiga sepusat (*self centering chuck*) yang dapat dilihat pada gambar 6, dan ada juga berahang tiga dan empat tidak sepusat (*independenc chuck*). Cekam rahang tiga sepusat digunakan untuk benda-benda silindris, dimana gerakan rahang bersama-sama pada saat dikencangkan atau dibuka. Cekam dengan rahang tiga dan empat tidak sepusat, setiap rahang dapat bergerak sendiri tanpa diikuti oleh rahang yang lain, maka jenis ini biasanya untuk mencekam benda-benda yang tidak silindris atau digunakan pada saat pembubutan eksentrik. (Wirawan Sumbodo, 2008 : 247)



Gambar 6. Cekam
(Sumber: Wirawan Sumbodo, 2008 : 247)

B. Parameter Pemotongan Mesin Bubut

1. Kecepatan Potong (*Cutting Speed*)

Kecepatan potong (*cutting speed*) adalah jarak yang ditempuh dalam *feet* oleh setiap benda kerja yang bergerak berputar melewati ujung mata potong pahat dalam waktu satu menit (diukur pada keliling dari benda kerja). Dengan kata lain kecepatan potong adalah sama dengan panjang tatal/bram, diukur dalam *feet* yang dihasilkan oleh pahat dalam memotong/menyayat benda kerja yang berputar dalam satu menit. Dari pengertian di atas maka harga kecepatan potong ini dinyatakan dalam *feet* permenit (ft/menit). (Yufrizal. A, 1993 : 53).

Yang dimaksud dengan kecepatan potong (*Cutting Speed*) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman menghasilkan tatal dalam satuan panjang per waktu (m/menit atau feet/menit). Pada gerak putar seperti mesin bubut, kecepatan potong (C_s) adalah keliling kali putaran atau $\pi \cdot d \cdot n$; dimana d adalah diameter benda kerja dalam satuan millimeter dan n adalah kecepatan putaran benda kerja dalam satuan putaran per menit (rpm). (Wirawan Sumbodo, 2008).

Dalam menentukan harga kecepatan potong yang akan dipakai dalam penyayatan suatu benda, mestilah mempertimbangkan faktor – faktor meliputi antara lain sebagai berikut :

- a. Jenis material pahat bubut
- b. Jenis material benda kerja
- c. Ukuran dan kondisi mesin bubut

- d. Kecepatan pemakanan (pekerjaan kasar atau *finishing*)
- e. Dalamnya pemotongan
- f. Penyayatan menggunakan cairan pendingin atau tidak

Berdasarkan pertimbangan diatas, pada tabel 1 diberikan harga kecepatan potong yang dianjurkan untuk membubut berbagai macam jenis material benda kerja dengan menggunakan pahat bubut HSS dan Carbida.

Tabel 1. Harga *Cutting Speed* untuk Beberapa Jenis Bahan

| No | Jenis Bahan Yang Dibubut | <i>Cutting Speed</i> (ft/mnt) | <i>Feed</i> (in/mnt) |
|----|--|----------------------------------|----------------------|
| 1 | Aluminium atau campuran | 200 – 400 | 0,003 – 0,020 |
| 2 | Kuningan (<i>Brass</i>) dan campuran (<i>Bronze</i>) lunak | 100 – 300 | 0,003 – 0,020 |
| 3 | <i>Bronze High-tensil</i> | 70 – 90 | 0,003 – 0,020 |
| 4 | Besi tuang (<i>Cast iron</i>) | | |
| | Lunak | 100 – 150 | 0,003 – 0,020 |
| | Sedang | 70 – 100 | 0,003 – 0,020 |
| | Keras | 40 – 60 | 0,003 – 0,020 |
| 5 | Tembaga (<i>Copper</i>) | 60 – 150 | 0,003 – 0,020 |
| 6 | Besi tempa (<i>Malleable iron</i>) | 80 – 90 | 0,003 – 0,020 |
| 7 | Baja karbon rendah (<i>Low carbon steel</i>) | 80 – 150 | 0,012 – 0,025 |
| 8 | Baja karbon sedang (<i>Medium carbon steel</i>) | 60 – 100 | 0,012 – 0,015 |
| 9 | Baja karbon tinggi (<i>High carbon steel</i>) | 50 – 60 | 0,005 – 0,012 |
| 10 | Baja perkakas potong (<i>Tool and die steel</i>) | 40 – 80 | 0,003 – 0,010 |
| 11 | Baja campuran (<i>Alloy steel</i>) | 50 – 70 | 0,003 – 0,010 |

(Sumber. John L. Feirer dalam Yufrizal.A, 1993:54)

2. Kecepatan Putaran (*Spindle Speed*)

Kecepatan putaran (*Spindle Speed*) merupakan banyaknya putaran gerakan spindel utama berputar dalam satu menit. Pemakaian

kecepatan putaran yang tepat pada proses pembubutan akan memperpanjang umur pahat dan meningkatkan efisiensi pembubutan. Untuk menentukan harga kecepatan putaran mesin tergantung pada material pahat, benda kerja dan diameter benda kerja. Cara menentukan kecepatan putaran mesin bubut dapat digunakan persamaan berikut :

- a. Kecepatan putaran spindle jika benda kerja dalam satuan inchi

Kecepatan potong pahat dalam hal ini diambil dalam satuan ft/mnt. Maka kecepatan putaran mesin bubut adalah :

$$n = \frac{Cs}{D} \text{ (rpm)}$$

Untuk mempermudah perhitungan kita tetapkan harga $Cs = 3$, sehingga :

$$n = \frac{3}{D} \rightarrow n = \frac{3}{D}$$

Keterangan :

n = Putaran mesin bubut (Rpm)

Cs = Kecepatan potong (ft/mnt)

D = Diameter benda kerja (inchi)

(Sumber: Syafriedi, Dkk, 2008:28)

- b. Kecepatan putaran spindle jika benda kerja dalam satuan millimeter

Dalam hal ini kecepatan potong diambil dalam satuan m/mnt. Maka kecepatan putaran mesin bubut adalah :

$$n = \frac{Cs}{D}$$

Keterangan :

n = Putaran mesin (Rpm)

C_s = Kecepatan potong (m/mnt)

D = Diameter benda kerja (mm)

1000 = Penyamaan satuan m ke mm

(Sumber: Yufrizal. A, 1993:56)

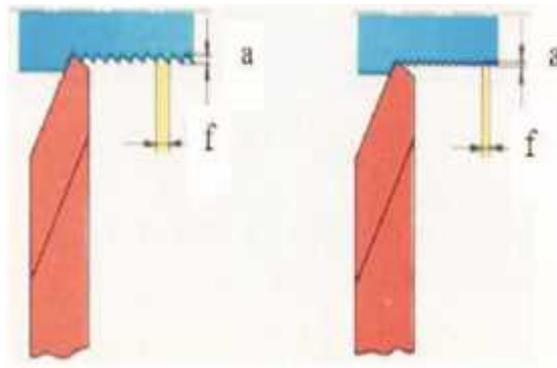
Tabel 2. Kecepatan Putaran Mesin Bubut Maximat V13

| Change Level | Kecepatan Putaran Mesin Bubut | | | | | | | |
|--------------|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| | 1 | 30 | 50 | 90 | 155 | 260 | 440 | 740 |
| 2 | 65 | 110 | 190 | 320 | 540 | 900 | 1500 | 2500 |

(Sumber: Mesin Bubut Maximat V13 FT UNP, 2016)

3. Gerak Pemakanan Mesin Bubut Konvensional

Gerak pemakanan (*feed*) adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali. Sehingga satuan f adalah mm/putaran. Gerak pemakanan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak pemakanan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong a . Gerak pemakanan tersebut berharga sekitar $1/3$ sampai $1/20$ a , atau sesuai dengan kehalusan permukaan yang dikehendaki.



Keterangan gambar :
 a = kedalaman potong
 f = gerak pemakanan

Gambar 7. Gerak Pemakanan
 (Sumber : Windarto, 2008:146)

Semakin besar gerak pemakanan pahat maka lebih tebal geram yang terbentuk. Penampang beram adalah penampang yang dihasilkan setelah satu putaran benda kerja, pada setiap pemutaran terkelupas sebuah cincin. Semakin besar penampang beram maka semakin kasar permukaan benda kerja. Luas penampang beram adalah hasil perkalian antara gerak pemakanan (f) dan kedalaman potong (a).

$$A = f \cdot a \dots\dots\dots (\text{mm}^2). \text{ (Taufiq Rochim, 1993:16)}$$

Gerak pemakanan ini juga digunakan untuk menghitung kecepatan gerak pemakanan. Kecepatan gerak pemakanan ini dihitung dengan tujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan pahat untuk bergeser menyayat benda kerja tiap putaran per menit, dengan diketahuinya kecepatan gerak pemakanan ini waktu produksi bisa direncanakan. Rumus kecepatan gerak pemakanan sebagai berikut :

Dimana :

V = Kecepatan gerak pemakanan

F = Gerak pemakanan

n = Putaran benda kerja (rpm)

$$V = f \cdot n$$

Gerak pemakanan ini biasanya disediakan dalam daftar spesifikasi yang dicantumkan pada mesin bubut bersangkutan. Untuk memperoleh gerak pemakanan yang kita inginkan kita bisa mengatur tuas pengatur gerak pemakanan yang ada pada mesin bubut.

Tabel 3. Rekomendasi Feed dalam Satuan Inchi/Putaran untuk Pembubutan

| Material | High-Speed Steel | | Carbide | |
|-------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| | Roughing | Finishing | Roughing | Finishing |
| Low Carbon Steel | 0.010 to 0.020 | 0.002 to 0.008 | 0.008 to 0.035 | 0.006 to 0.010 |
| Med. Carbon Steel | 0.008 to 0.018 | 0.002 to 0.008 | 0.008 to 0.030 | 0.006 to 0.010 |
| High Carbon Steel | 0.008 to 0.015 | 0.002 to 0.008 | 0.008 to 0.030 | 0.006 to 0.010 |
| Cast Iron | 0.010 to 0.025 | 0.003 to 0.010 | 0.010 to 0.040 | 0.008 to 0.012 |
| Bronze | 0.015 to 0.025 | 0.003 to 0.010 | 0.010 to 0.040 | 0.008 to 0.012 |
| Aluminum | 0.015 to 0.030 | 0.003 to 0.012 | 0.015 to 0.045 | 0.008 to 0.012 |

(Sumber: Taufiq Rochim, 1993:16)

Tabel 4. Feeding pada Mesin Maximat V13 Satuan mm/putaran

| | A | B | C | D |
|---|-------|-------|-------|-------|
| E | 0,045 | 0,090 | 0,180 | 0,360 |
| F | 0,056 | 0,112 | 0,225 | 0,450 |
| G | 0,070 | 0,140 | 0,281 | 0,562 |
| H | 0,084 | 0,168 | 0,337 | 0,675 |
| K | 0,098 | 0,196 | 0,393 | 0,787 |

(Sumber: Mesin Bubut Maximat V13 FT UNP, 2016)

4. Dalam Pemotongan (*Depth Of Cut*)

Yufrizal.A, 1993 mengatakan bahwa “Dalam pemotongan (*Depth Of Cut*) adalah jarak dari dasar pemotongan ke permukaan yang tidak dipotong dari benda kerja diukur tegak lurus”.

Dalam pemotongan pada mesin bubut dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$D_c = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$

Keterangan :
 D_c = Dalam pemotongan
 D = Diameter benda sebelum disayat
 d = Diameter benda sesudah disayat
 (Sumber.Yufrizal. A, 1993:58)

Tebal penyayatan tergantung pada berbagai kondisi, antara lain jenis material pahat, jenis material benda kerja, kemampuan potong pahat, kemampuan mesin, dan *feeding* yang dipakai.

C. Media Pendingin

Pendingin adalah cairan yang digunakan dalam proses produksi yang fungsinya untuk pendinginan panas yang tinggi akibat gesekan dua benda (Bambang Priambodo, 1992 : 87). Cairan pendingin mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses pemesinan. Selain untuk memperpanjang umur pahat, cairan pendingin dalam beberapa kasus, mampu menurunkan gaya dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Selain itu, cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih/pembawa beram (terutama dalam proses gerinda) dan melumasi elemen pembimbing (*ways*) mesin perkakas serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi. Cairan pendingin bekerja pada daerah kontak antara beram dengan pahat. Secara

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

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

1. *Straight Oils* (minyak murni)

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

Visikositasnya dapat bermacam-macam dari yang encer sampai yang kental tergantung dari pemakaian. Pencampuran antara minyak bumi dengan minyak hewani atau nabati menaikkan daya pembasahan (*wetting action*) sehingga memperbaiki daya lumas. Penambahan unsur lain seperti *chlorine*, *sulphur*, atau *phosporus* (*EP additives*) menaikkan daya lumas pada temperatur dan tekanan tinggi. Minyak murni menghasilkan pelumasan terbaik, akan tetapi sifat pendinginannya paling jelek di antara pendinginan yang lain.

2. *Sheluble oils*

Shouble oils akan membentuk emulasi ketika dicampur dengan air. Konsentrat mengandung minyak mineral dasar dan pengemulsi untuk menstabilkan emulasi. Minyak ini digunakan dalam bentuk sudah diencerkan (biasanya konsentrasinya = 3 sampai 10%) dan untuk kerja pelumasan dan penghantar panasnya bagus. Minyak ini digunakan luas oleh industri pemesinan dan harganya lebih murah diantara cairan pendingin yang lain.

3. *Synthetic fluids* (cairan sintetis)

Minyak sintetis (*synthetic fluids*) tidak mengandung minyak bumi atau minyak mineral dan sebagai gantinya dibuat dari campuran organik dan anorganik *alkaline* bersama-sama dengan bahan penambah (*additive*) untuk penangkal korosi, minyak ini biasanya digunakan dalam bentuk sudah diencerkan (biasanya dengan rasio 3 sampai 10%). Minyak sintetis menghasilkan unjuk kerja pendingin terbaik diantara semua cairan pendingin. Cairan ini merupakan larutan murni (*true solutions*) atau larutan permukaan aktif (*surface active*). Pada larutan murni, unsur yang dilarutkan terbesar diantara molekul air dan tegangan permukaan (*surface tension*) hampir tidak berubah. Larutan murni ini tidak bersifat melumasi dan biasanya dipakai untuk sifat penyerapan panas yang tinggi dan melindungi terhadap korosi. Sementara itu dengan penambahan unsur lain yang mampu membentuk kumpulan molekul akan mengurangi tegangan

permukaan menjadi jenis cairan permukaan aktif sehingga mudah membasahi dan daya lumasnya baik.

4. *Semi-synthetic fluids* (caciran semi sintetis)

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

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

Partikel minyaknya lebih kecil dan lebih tersebar. Dapat berupa jenis dengan minyak yang sangat jenuh ("*super-fatted*") atau jenis EP (*Extreme Pressure*). (Windarto, 2008 : 300).

Menurut Arif Darmawan dalam Tri Adi Prasetya (2010 : 37), pada saat proses pembubutan terjadi gesekan antara benda kerja dengan ujung pahat yang menimbulkan panas. Gesekan dan panas tersebut dapat menyebabkan beram menempel pada ujung mata pahat, sehingga ujung mata pahat akan rusak. Kekasaran permukaan benda yang dihasilkan akan tinggi dan ukuran kekasarannya tidak tepat. Hal ini dapat dihindari dengan penggunaan media pendingin pahat pada proses pembubutan, karena media pendingin dapat berperan sebagai pelumasan dan penyerap panas.

Keuntungan penggunaan media pendingin pada proses pembubutan :

1. Mengurangi biaya alat potong. Media pendingin mengurangi keausan alat potong, jadi umur pahat makin panjang dan menghemat waktu untuk mengasah/menajamkan kembali alat potong.
2. Meningkatkan kecepatan produksi, media pendingin mengurangi gesekan dan panas yang terjadi, maka kecepatan potong dapat ditinggikan.
3. Menghemat energi. Gesekan yang terjadi kecil, maka energi yang diperlukan untuk penggerak mesinpun kecil.
4. Permukaan hasil pemotongan lebih baik. Karena sisi tajam alat potong tidak cepat tumpul dan tidak mudah rusak, maka mampu menghasilkan permukaan sesuai dengan yang direncanakan.

D. Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan besi karbon dimana unsur karbon sangat menentukan sifat-sifatnya, sedangkan unsur paduan lainnya yang biasa terkandung di dalamnya terjadi karena proses pembuatannya. Sifat baja karbon biasanya ditentukan oleh persentasi karbon dan mikro struktur. (Soekarsono B.E, 1979:46)

Menurut Kasbollah dan Salipoen : 1983 baja karbon dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. Baja karbon rendah (*Low carbon steel*)

Baja karbon rendah (*mild Steel*) mengandung karbon sampai 0,10% - 0,30% C. Setiap 1 ton (2000 pound) baja karbon rendah mengandung atau berisi 10 – 30 Kg (20 – 60 pound) karbon. Baja karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam bentuk plat-plat baja, baja strip dan baja profil.

Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung di dalam baja maka baja karbon rendah dapat digunakan sebagai berikut:

- a) Baja karbon rendah yang mengandung 0,04% - 0,10% C dapat dibentuk baja plat atau baja strip dan bersifat kenyal.
- b) Baja karbon rendah yang mengandung 0,05% C dapat digunakan untuk pembuatan kerangka atau badan-badan mobil. Baja ini mempunyai kekuatan tarik kira-kira 55.000 lb/inch² dan setelah digilas (dirol) dalam keadaan dingin dapat mencapai kekuatan tarik 96.000 lb/inch².
- c) Baja karbon rendah yang mengandung 0,15% - 0,2% C dapat digunakan untuk konstruksi jembatan, bangunan, dan pekerjaan-pekerjaan konstruksi lainnya.

Baja karbon rendah yang mengandung 0,20% - 0,30% C digunakan untuk membuat baut-baut dan mur, paku-paku keling atau keperluan pekerjaan mesin. Baja karbon ini mempunyai sifat yang mudah dikerjakan dengan mesin dan ditempa.

2. Baja karbon sedang (*medim carbon steel*)

Baja karbon sedang ini mengandung antara 0,30% - 0,60% C dan setiap 1 ton baja karbon sedang mengandung antara 30 – 60 kg (60 – 120 pound). Baja karbon sedang ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian-bagian mesin. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja, maka baja karbon sedang ini dapat digunakan untuk alat-alat sebagai beriku:

- a) Baja karbon yang mengandung 0,40% C dapat digunakan untuk keperluan industri kendaraan seperti untuk pembuatan baut dan mur, poros engkol dan batang torak.
- b) Baja karbon yang mengandung 0,50% C dapat dipergunakan untuk membuat roda gigi, palu (*martil*) dan alat penjepit (*clamp*).
- c) Baja karbon yang mengandung 0,55% - 0,60% C dipergunakan untuk membuat pegas-pegas.

3. Baja karbon tinggi (*High carbon steel*)

Baja karbon tinggi ini mengandung karbon antara 0,70% - 1,30 C dan setiap 1 ton mengandung karbon antara 70 – 130 kg (140 – 260 pound). Baja karbon ini banyak dipergunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang mengalami panas. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja, maka baja karbon ini dapat digunakan untuk hal-hal sebagai berikut:

- a) Baja karbon yang mengandung kira-kira 0,95% C dapat dipergunakan untuk keperluan pembuatan pegas-pegas, alat-alat

perkakas seperti *paron* (landasan tempa) palu (*martil*), gergaji dan pahat-pahat potong.

- b) Baja karbon yang mengandung 1% - 1,5% C dapat dipergunakan untuk pembuatan kikir, daun gergaji dan peluru-peluru untuk bantalan peluru.

E. Material Baja AISI

Menurut AISI (*American Iron and Steel Institute*) baja karbon sedang AISI 4140 didesain dengan menggunakan *four-digit number* (empat digit angka). Hal ini berguna untuk menunjukkan perbedaan komposisi yang terkandung dalam baja tersebut. Angka 4 menunjukkan jenis unsur paduan, yaitu *chromium-molybdenum*. Angka 1 menunjukkan persentase unsur paduan $\pm 1\%$, dan angka 40 menunjukkan persentase kandungan karbon ($\pm 0,40\%$).

Baja AISI 4140 merupakan baja konstruksi yang sering digunakan untuk bahan baut, sekrup, roda gigi, batang piston untuk mesin, roda pendaratan, dan komponen *landing gear* pesawat terbang. Menurut standar AISI (*American Iron and Steel Institute*), komposisi kimia baja karbon sedang AISI 4140 meliputi, (0,80-1,10)% Cr, (0,75-1,0)% Mn, (0,38-0,43)% C, (0,20-0,35)% Si, (0,15-0,25)% Mo, 0,040% S, dan 0,035% P sehingga baja AISI 4140 termasuk baja karbon sedang.

Tabel 5. Sifat Mekanik Baja AISI 4140

| Properties | Metric | Imperial |
|--|-------------|-----------------|
| Tensile strength | 655 MPa | 95000 psi |
| Yield strength | 415 MPa | 60000 psi |
| Bulk modulus (typical for steel) | 140 GPa | 20300 ksi |
| Shear modulus (typical for steel) | 80 GPa | 11600 ksi |
| Elastic modulus | 190-210 GPa | 27567-30458 ksi |
| Poisson's ratio | 0.27-0.30 | 0.27-0.30 |
| Elongation at break (in 50 mm) | 25.70% | 25.70% |
| Hardness, Brinell | 197 | 197 |
| Hardness, Knoop (converted from Brinell hardness) | 219 | 219 |
| Hardness, Rockwell B (converted from Brinell hardness) | 92 | 92 |
| Hardness, Rockwell C (converted from Brinell hardness. Value below normal HRC range, for comparison purposes only) | 13 | 13 |
| Hardness, Vickers (converted from Brinell hardness) | 207 | 207 |
| Machinability (based on AISI 1212 as 100% machinability) | 65 | 65 |

Sumber: AISI (American Iron and Steel Institute).

F. Kekasaran Permukaan

Salah satu karakteristik *geometris* yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Dalam prakteknya memang tidak mungkin untuk mendapatkan suatu komponen dengan permukaan yang betul-betul halus. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya faktor manusia (operator) dan faktor-faktor dari mesin-mesin yang digunakan untuk membuatnya. Akan tetapi, dengan kemajuan teknologi terus berusaha membuat peralatan yang mampu membentuk permukaan komponen dengan tingkat kehalusan yang cukup tinggi menurut standar ukuran yang berlaku dalam metrologi yang dikemukakan oleh para ahli pengukuran *geometris* benda melalui pengalaman penelitian.

Tingkat kehalusan suatu permukaan memegang peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu komponen mesin khususnya yang menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, tahanan terhadap kelelahan dan sebagainya. Oleh karena itu, dalam perencanaan dan

pembuatannya harus dipertimbangkan terlebih dulu mengenai peralatan mesin yang mana harus digunakan untuk membuatnya serta berapa ongkos yang harus dikeluarkan. Agar proses pembuatannya tidak terjadi penyimpangan yang berarti maka karakteristik permukaan ini harus dapat dipahami oleh perencana lebih-lebih lagi oleh operator. Komunikasi karakteristik permukaan biasanya dilakukan dalam gambar teknik.

Pada saat ini telah dikembangkan berbagai alat untuk mengukur kekasaran permukaan. Mulai dari yang manual sampai yang otomatis, dari alat dengan menggunakan jarum sampai sensor. Hasil pengukuran dari alat tersebut ada yang telah berupa harga kekasaran rata-rata permukaan dan ada pula yang berupa harga kekasaran rata-rata permukaan dan dilengkapi dengan grafik kekasaran permukaan tersebut.

Cara yang paling mudah adalah membandingkan secara visual dengan standar yang telah ada. Cara lain mencakup perbandingan mikroskopi, pengukuran langsung kedalam goresan dengan interferensi cahaya dan pengukuran besar bayangan yang ditimbulkan oleh goresan pada permukaan. Cara yang paling umum digunakan adalah penggunaan jarum intan untuk menjajaki permukaan yang diperiksa dan mencatat rekaman yang telah diperbesar. (B.H. Amsterad, dalam buku terjemahan Sriati Djaprie, 1979:172)

Untuk mengukur kekasaran permukaan dan karakteristik permukaan telah dikembangkan beberapa standar, standar internasional (ISO R468) dan standar *American Standards Association* (ASA B 46,1 – 1962), yang

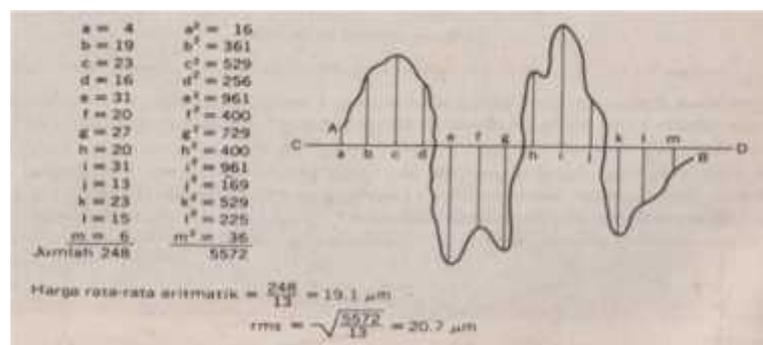
membahas kekasaran permukaan seperti tinggi, lebar, dan arah pola permukaan.



Gambar 8. Karakteristik Permukaan dan Lambang Penandaan Nilai Maksimal

(Sumber: Sriati Djaprie, 1979:272)

Pada alat pengukuran kekasaran dapat dibaca harga rata-rata aritmatik (R_a) atau harga kuadrat rata-rata (rms). Penyimpangan ketinggian rata-rata terdapat garis referensi (CD). Pada gambar 9 diperlihatkan perbedaan yang mungkin terjadi akibat cara pengukuran yang berbeda. Permukaan dengan kekasaran rata-rata yang sama pada hakekatnya dapat berbeda karena ketinggian, jumlah puncak dan lembah serta lebarnya pun dapat berbeda.



Gambar 9. Hubungan antara Harga Rata-Rata Aritmatik dengan Akar Kuadrat Rata-Rata yang Digunakan Sewaktu Penentuan Kekasaran

(Sumber: Sriati Djaprie, 1979:273)

Seperti halnya toleransi ukuran (lubang dan poros), harga kekasaran rata-rata aritmatik (Ra) juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Masing-masing harga kekasaran mempunyai kelas kekasaran yaitu N1 sampai N12.

Tabel 6. Toleransi Harga Kekasaran Rata-Rata Ra

| Kelas kekasaran | Harga C.L.A (μm) | Harga Ra (μm) | Toleransi $N_{-2}^{+5} \%$ | Panjang Sampel (mm) |
|-----------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|
| N1 | 1 | 0.0025 | 0.02 – 0.04 | 0.08 |
| N2 | 2 | 0.05 | 0.04 – 0.08 | 0,25 |
| N3 | 4 | 0.0 | 0.08 – 0.15 | 0.25 |
| N4 | 8 | 0.2 | 0.15 – 0.3 | 0,25 |
| N5 | 16 | 0.4 | 0.3 – 0.6 | 0,8 |
| N6 | 32 | 0.8 | 0.6 – 1.2 | 0,8 |
| N7 | 63 | 1.6 | 1.2 – 2.4 | 0.8 |
| N8 | 125 | 3.2 | 2.4 – 4.8 | 0,8 |
| N9 | 250 | 6.3 | 4.8 – 9.6 | 2,5 |
| N10 | 500 | 12.5 | 9.6 – 18.75 | 2.5 |
| N11 | 1000 | 25.0 | 18.75 – 37.5 | 8 |
| N12 | 2000 | 50.0 | 37.5 – 75.0 | 8 |

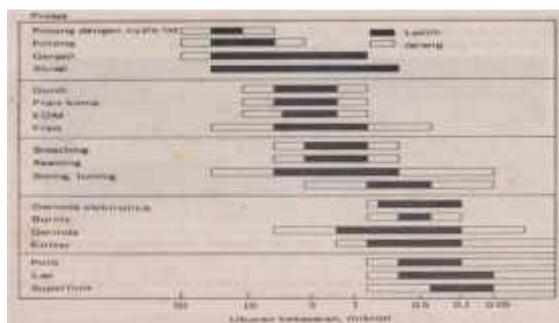
(Sumber: Sriati Djaprie, 1979:273)

Toleransi harga kekasaran rata-rata Ra dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaan. Hasil penyelesaian permukaan dengan menggunakan mesin gerinda sudah tentu lebih halus dari pada dengan menggunakan mesin bubut.

Tabel 7. Tingkat Kekasaran Rata-Rata Permukaan Menurut Proses Pekerjaan

| Proses Pengerjaan | Selang (N) | Harga Ra |
|--|------------|-------------|
| <i>Flat and cylindrical lapping</i> | N1 – N4 | 0.025 – 0.2 |
| <i>Superfinishing diamond turning</i> | N1 – N5 | 0.025 – 0.8 |
| <i>Flat cylindrical grinding</i> | N1 – N8 | 0.025 – 3.2 |
| <i>Finishing</i> | N4 – N8 | 0.1 – 3.2 |
| <i>Face and cylindrical turning, milling and reaming</i> | N5 – N12 | 0.4 – 50.0 |
| <i>Drilling</i> | N7 – N10 | 1.6 – 12.5 |
| <i>Shaping, planing, horizontal milling</i> | N6 – N12 | 0.8 – 50.0 |
| <i>Sandcasting and forging</i> | N10 – N11 | 12.5 – 25.0 |
| <i>Extruding, cold rolling, drawing</i> | N6 – N8 | 0.8 – 3.2 |
| <i>Die casting</i> | N6 – N7 | 0.8 – 1.6 |

(Sumber: Sriati Djaprie, 1993:274)



Gambar 10. Kekasaran Permukaan yang Dihasilkan Berbagai Proses Produksi

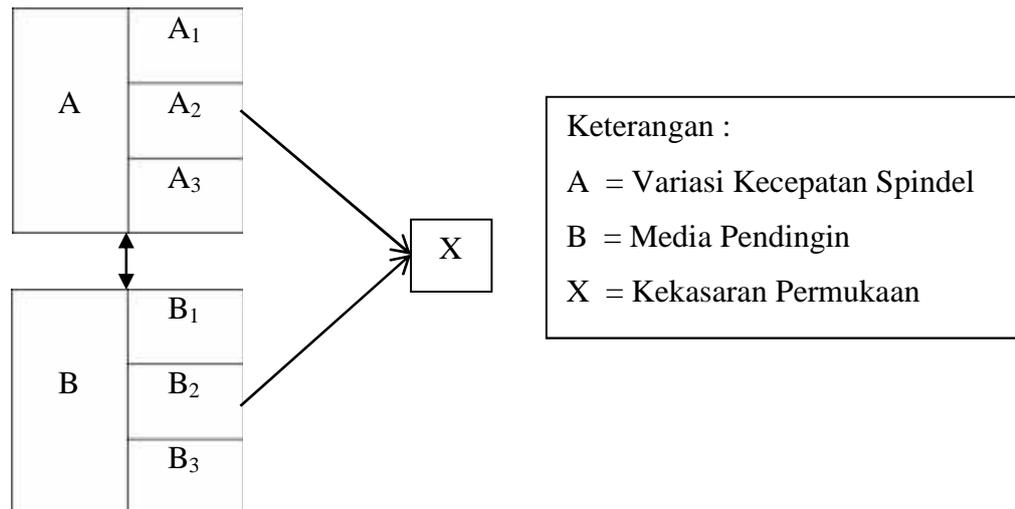
(Sumber: Sriati Djaprie, 1993:274)

G. Kerangka Konseptual

Pada penelitian ini digunakan benda kerja bahan baja karbon sedang AISI 4140. Proses pembubutannya menggunakan mesin bubut konvensional merek Maximat V13. Kecepatan putaran pada penelitian ini akan divariasikan sebanyak 3 variasi dan media pendingin akan yang digunakan sebanyak 3 jenis. Untuk mengetahui secara pasti ada tidaknya pengaruh variasi kecepatan spindle dan media pendingin terhadap kekasaran permukaan logam hasil proses bubut konvensional pada material baja AISI 4140, maka dilakukan

pengukuran kekasaran permukaannya menggunakan *Surface Tester Mitutoyo SJ-201P*.

Berdasarkan uraian tersebut dapat ditentukan paradigma penelitian sebagai berikut :



Gambar 11. Kerangka Konseptual

H. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka konseptual, maka dapat diambil pertanyaan penelitian, yaitu sebagai berikut :

1. Adakah pengaruh variasi kecepatan spindle dan media pendingin terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan pada material baja AISI 4140?
2. Manakah interaksi kecepatan putaran spindle dan media pendingin yang menghasilkan kekasaran permukaan paling halus hasil proses pembubutan konvensional pada material baja AISI 4140?

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Variasi kecepatan putaran spindle dan media pendingin memberikan pengaruh terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan pada material baja AISI 4140.
2. Interaksi kecepatan putaran spindle dan media pendingin yang menghasilkan kekasaran permukaan yang paling halus pada hasil proses pembubutan konvensional pada material baja AISI 4140 adalah kecepatan putaran spindle 440 Rpm dengan nilai kekasaran sebesar 2,24 μm dan dengan menggunakan media pendingin dromus.
3. Semakin tinggi kecepatan putaran spindle, maka semakin halus kekasaran permukaan yang dihasilkan dalam proses pembubutan konvensional pada material baja AISI 4140.

B. Saran

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh variasi kecepatan putaran spindle dan media pendingin terhadap kekasaran permukaan logam hasil proses pembubutan pada material baja AISI 4140 yang lebih banyak, sehingga akan mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Untuk penelitian yang selanjutnya yang sejenis sangat baik seandainya dianalisis faktor-faktor lain yang mempengaruhi kekasaran permukaan

logam hasil proses pembubutan pada material baja AISI 4140 misalnya variasi kedalaman pemakanan, variasi *geometri* pahat, material pahat , dan lain-lain.

3. Dalam penelitian ini masih perlu dikembangkan lagi dengan cara menambah variable bebasnya seperti variasi kedalaman pemakanan, *geometri* pahat, material pahat, dan benda kerja.