

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini untuk membuat suatu komponen mesin masih menggunakan cairan pemotongan pada mesin bubut. Aplikasi pemesinan dengan cara pemotongan dapat menimbulkan suatu permasalahan terkait dengan biaya yang sangat besar, kesehatan terhadap operator mesin dan berpotensi mencemari lingkungan untuk mengetahui hal ini perlu juga dilakukan pengujian dengan metode pemesinan kering dengan kata lain pemesinan yang dilakukan tanpa menggunakan cairan pemotongan (bubut kering).

Implementasi konsep ini belum banyak dilakukan peneliti untuk memesis bahan baja, tetapi Che Haroen, Ginting A, Goh J H (2001) Melaporkan bahwa kecendrungan pemesinan kering lebih baik dari pada pemesinan basah untuk membubut baja perkakas menggunakan pahat karbida. Kecendrungan ini meliputi beberapa aspek diantaranya umur pahat, topografi permukaan dan metalurgi permukaan. Ginting A, dan Che Haroen (2001) melaporkan walaupun umur pahat pemesinan basah di dapati lebih panjang dari pemesinan kering tetapi kualitas keutuhan permukaan hasil pemesinan basah ketika umur pahatnya melampaui umur pahat pemesinan kering di dapati tidak lagi memenuhi kriteria yang dapat diterima.

Industri manufaktur tidak lepas dari adanya proses permesinan, khususnya pada proses pembubutan. Proses pembubutan merupakan proses pemotongan yang menggunakan mesin perkakas untuk mengubah bentuk suatu benda kerja

dengan cara membuang sebagian material benda kerja yang mana berputar pada spindel yang bergerak dinamis. (Rozaq dan Iswanto, 2017)

Pada mesin bubut kecepatan putaran spindel sangat berpengaruh terhadap kekasaran benda kerja semakin cepat kecepatan putarnya akan semakin halus benda kerja, Abdillah (2022). Ini menjadi sebuah kemampuan yang dimiliki oleh kecepatan putaran pada mesin bubut sehingga dapat melakukan pekerjaan penyayatan dan pemotongan dalam satuan putaran/menit. Sehingga dari besar pemotongan itu dipengaruhi oleh kecepatan putaran mesin dan sangat mempengaruhi kehalusan dari benda kerja, Said (2021).

Pada dasarnya kualitas dari kehalusan benda kerja salah satu syaratnya yaitu dari kecepatan putar mesin bubut kemudian dari sudut pahat mesin bubut. Selain itu variasi dari kecepatan putar spindel mesin dan pemakanan yang berbeda maka akan dapat di peroleh kekasaran permukaan yang merupakan sebagai variabel tersebut.

Proses pemesinan dengan benda kerja berbentuk poros silinder menggunakan pahat karbida tanpa penggunaan cairan pemotongan tentunya gesekan antara benda kerja dan pahat diperoleh suhu putaran yang tinggi dan cenderung keausan pahat yang lebih cepat. Jadi pemilihan benda kerja dengan pahat carbida yang tepat dapat mempengaruhi kekasaran permukaan dengan kata lain di peroleh kehalusan permukaan yang diharapkan.

Pada proses bubut kering dengan menggunakan mesin bubut CNC maka di harapkan di peroleh kekasaran permukaan sebagai fungsi terhadap variasi kecepatan putaran mesin dan pemakanan dengan hasil yang baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan di atas maka penulis mengambil acuan permasalahan yang ada tentang analisa pengaruh kecepatan putaran spindle mesin dan pemakanan terhadap kekasaran permukaan *stainless steel* 304 menggunakan pahat carbida.

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang terdapat di atas maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh kecepatan putaran spindell dan feeding terhadap kekasaran permukaan pada pembubutan *stainless steel* 304 dengan menggunakan mata pahat carbida.
2. Mengetahui nilai kekasaran permukaan pada pembubutan *stainless steel* 304 dengan menggunakan mata pahat carbida tanpa cairan pemotong.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari perluasan pembahasan maka dalam penulisan agar sesuai dengan latar belakang dan tujuan pembahasan maka diberikan batasan masalah sebagai berikut

1. Material benda kerja yang digunakan adalah *stainless steel* 304
2. Pahat Potong yang digunakan adalah pahat carbida
3. Putaran spindel (n) yang digunakan adalah 1.000 Rpm, 1.200 Rpm, 1.400 Rpm.
4. Gerak pemakanan yang digunakan adalah 0, 15 mm 0, 20 mm 0, 25 mm.
5. Kedalaman pemakanan yang digunakan adalah 1 mm.
6. Metode pembubutan adalah pembubutan kering.

1.5 Manfaat penelitian

Berdasarkan penelitian diatas, diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat untuk:

1. Mengetahui pengaruh kecepatan putaran spindell terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan pada *stainless steel 304*
2. Dapat dijadikan sebagai rujukan menjadi sebuah parameter pembubutan pada *stainless steel 304*
3. Memberikan motivasi kepada mahasiswa Teknik Mesin Universitas Islam Sumatera Utara untuk melakukan penelitian lebih lanjut menggunakan bahan *stainles steel 304*
4. Berkontribusi untuk melestarikan lingkungan
5. Bermanfaat untuk kesehatan operator
6. Meningkatkan laba atau keuntungan perusahaan karena perusahaan tidak perlu membeli cairan pemotongan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Permesinan

Proses permesinan adalah suatu proses yang dilakukan untuk mengubah suatu produk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong, agar mendapatkan bentuk yang diinginkan dari produsen barang-barang teknik. (Taufiq Rochim: 2007). Proses permesinan dilakukan untuk menciptakan produk melalui beberapa tahapan-tahapan dari bahan baku untuk diproses dengan cara-cara tertentu secara urut dan sistematis agar menghasilkan suatu produk yang diinginkan dan berguna sesuai fungsinya. (Marsyahyo : 2003). Proses permesinan merupakan proses lanjutan dalam pembentukan benda kerja atau mungkin juga proses akhir setelah pembentukan logam menjadi bahan baku berupa besi tempa atau baja paduan, dibentuk melalui proses pengecoran yang dipersiapkan dengan bentuk yang mendekati kepada bentuk sesungguhnya.

2.2 Mesin Bubut

Mesin bubut (turning machine) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan potong pahat (tools) sebagai alat untuk memotong benda kerja tersebut. Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris, namun dapat juga dipakai untuk beberapa kepentingan lain Pada prosesnya benda kerja terlebih dahulu dipasang pada chuck (penyekam) yang terpasang pada spindel mesin, kemudian spindel dan benda kerja diputar dengan kecepatan tertentu.

Alat potong (pahat) yang dipakai untuk membentuk benda kerja akan ditempelkan pada benda kerja yang berputar sehingga benda kerja terbentuk sesuai dengan bentuk dan ukuran yang dikehendaki. Umumnya pahat bubut bubut dalam keadaan diam pada perkembangannya ada jenis mesin bubut yang berputar alat potongnya, sedangkan benda kerjanya diam.

Pada kelompok mesin bubut juga terdapat bagian-bagian otomatis dalam pergerakannya bahkan juga ada yang dilengkapi dengan layanan sistem otomatis, baik yang dilayani dengan sistem hidraulik ataupun elektrik. Ukuran mesinnya pun tidak semata-mata kecil karena tidak sedikit mesin bubut konvensional yang dipergunakan untuk mengerjakan benda berukuran besar seperti yang dipergunakan pada industri perkapalan.

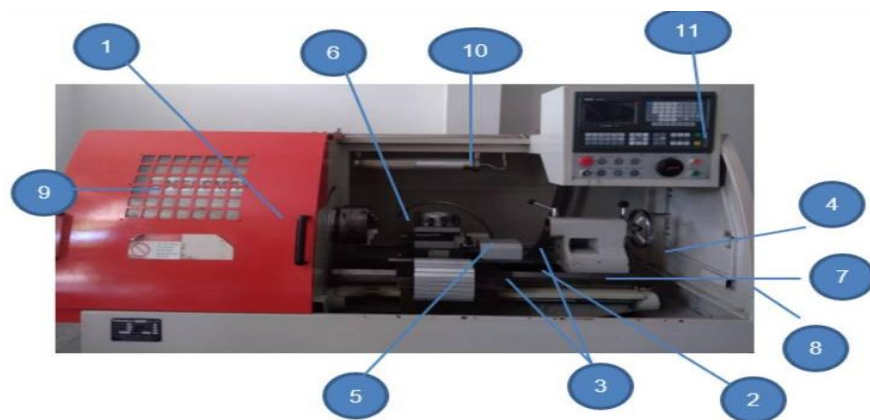
2.2.1 Mesin bubut CNC (Computer Numerically Controlled)

Awal lahirnya mesin CNC (*Computer Numerically Controlled*) bermula dari 1952 yang dikembangkan oleh John Pearson dari Institut Teknologi Massachusetts, atas nama Angkatan Udara Amerika Serikat. Semula proyek tersebut diperuntukkan untuk membuat benda kerja khusus yang rumit. Semula perangkat mesin CNC memerlukan biaya yang tinggi dan volume unit pengendali yang besar. Pada tahun 1973, mesin CNC masih sangat mahal sehingga masih sedikit perusahaan yang mempunyai keberanian dalam memelopori investasi dalam teknologi ini. Dari tahun 1975, produksi mesin CNC mulai berkembang pesat. Perkembangan ini dipacu oleh perkembangan mikroprosesor, sehingga volume unit pengendali dapat lebih ringkas.

Sistem pengoperasian CNC menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer. Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah sinkronisasi antara komputer dan mekaniknya. Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setaraf dan sejenis, mesin perkakas CNC lebih unggul baik dari segi ketelitian (accurate), ketepatan (precision), fleksibilitas, dan kapasitas produksi. Sehingga di era modern seperti saat ini banyak industri-industri mulai meninggalkan mesin-mesin perkakas konvensional dan beralih menggunakan mesin-mesin perkakas CNC. Secara garis besar pengertian mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf). Sebagai contoh apabila pada layar monitor mesin kita tulis M03 maka spindle utama mesin akan berputar, dan apabila kita tulis M05 maka spindle utama mesin akan berhenti berputar.

2.2.2 Bagian – bagian utama mesin bubut CNC

Pada sebuah mesin bubut terdapat beberapa bagian yang memiliki fungsi sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Mesin Bubut CNC

1. Motor Utama

Motor utama adalah motor penggerak cekam untuk memutar benda kerja. Motor ini adalah jenis motor arus searah/DC (*Direct Current*) dengan kecepatan putaran yang variabel.

2. Eretan (Carriage)

Eretan merupakan bagian dari mesin bubut yang berfungsi sebagai pembawaudukan pahat potong. Eretan terdiri dari beberapa bagian seperti engkol dan transporter.

3. Motor servo

Step motor berfungsi untuk menggerakkan eretan, yaitu gerakan sumbu X dan gerakan sumbu Z. Tiap-tiap eretan memiliki motor servo sendiri-sendiri

4. Kepala lepas (Tail Stock)

Kepala lepas berfungsi sebagai tempat pemasangan senter putar pada saat proses pembubutan benda kerja yang relatif panjang. Pada kepala lepas ini dapat dipasang pencekam bor.

5. Rumah potong (revolver/toolturret)

Rumah potong berfungsi sebagai penjepit alat potong pada saat proses pengerjaan benda kerja. Adapun alat yang dipergunakan disebut revolver atau *toolturret*, revolver digerakkan oleh step motor, sehingga dapat digerakkan secara manual maupun terprogram.

6. Cekam (*Chuck*)

Cekam pada _Mesin Bubut berfungsi untuk menjepit benda kerja pada saat proses penyayatan berlangsung. Kecepatan spindel _Mesin Bubut ini diatur menggunakan transmisi sabuk.

7. Meja mesin (Sliding bed)

Meja mesin atau sliding bed sangat mempengaruhi baik buruknya hasil pekerjaan menggunakan _mesin bubut ini, hal ini dikarenakan gerakan memanjang eretan (gerakan sumbu Z) tertumpu pada kondisi sliding bed ini. Jika kondisi sliding bed sudah aus atau cacat dapat dipastikan hasil pembubutan menggunakan mesin ini tidak akan maksimal, bahkan benda kerja juga rusak. Hal ini juga berlaku pada _mesin bubut konvensional. Untuk kelancaran pada sliding bed kebersihannya harus dijaga dari debu atau beram hasil pembubutan. Untuk itu, setiap selesai berkerja harus dibersihkan dan diberi pelumas

8. Cover mesin

Cover mesin merupakan bagian pelindung mesin dari hal-hal yang dapat memperbarui kerja mesin. Cover mesin biasanya dibuat dari bahan plat besi dengan bermacam penguatan agar kokoh.

9. Pintu Mesin

Pintu mesin adalah bagian yang digunakan untuk melindungi operator dari bahaya proses pemesinan, misalnya benda kerja yang lepas, beram, dan hasil proses pemesinan lainnya. Selalu tutup pintu mesin ketika memulai proses pemesinan baik manual, *single block*, ataupun otomatis.

10. Lampu

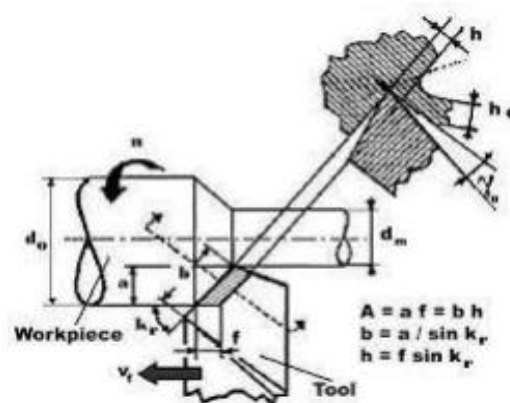
Lampu digunakan untuk menerangi bagian dalam mesin.

11. Panel kontrol

Panel kontrol merupakan merupakan bagian kontrol mesin CNC yang berisikan tombol-tombol dan saklar serta dilengkapi dengan monitor.

2.2.3 Parameter yang Dapat Diatur Pada Mesin Bubut

Ada tiga parameter utama pada setiap proses bubut antara lain kecepatan putaran spindel (speed), gerak makan (feed) dan kedalaman potong (depth of cut). Tiga parameter di atas adalah bagian bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut, kecepatan putar selalu terhubung dengan sumbu utama dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran per menit (rpm). Kemudian dari ketiga parameter tersebut, untuk menghitung kecepatan potong dari suatu proses pembentukan benda kerja pada mesin bubut dengan menggunakan yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar 2.7 (Rochim, 1993:14).



Gambar 2. 2 Proses Bubut (Rochim, 1993:15)

Dalam Teori dan Teknologi Proses Permesinan (Rochim, 1993) secara umum pada proses bubut terdapat tiga parameter utama yaitu kecepatan potong (v), gerak makan (f), dan kedalaman potong (a).

- Kecepatan potong (Cutting speed).

Kecepatan potong (Cutting speed), selalu dihubungkan dengan sumbu utama (spindel) dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran per menit (rotations per minute, rpm). Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (cutting speed atau v) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/keliling bend kerja. Secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar. Dengan demikian kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja. Selain kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja faktor bahan benda kerja dan bahan pahat sangat menentukan harga kecepatan potong. Pada dasarnya pada waktu proses bubut kecepatan potong ditentukan berdasarkan bahan benda kerja dan pahat.

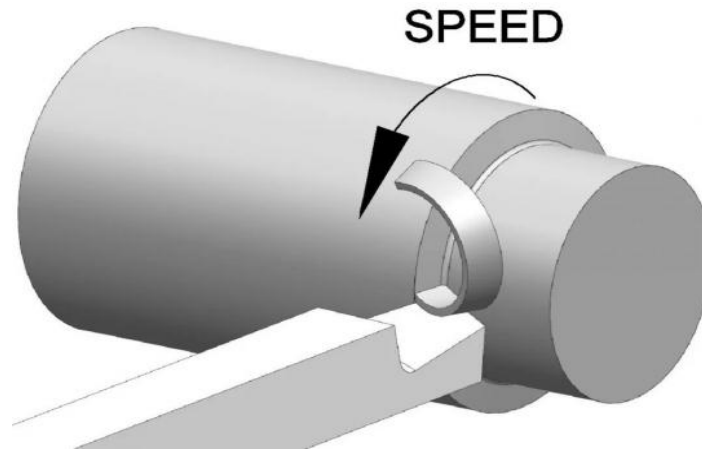
$$v = \frac{\pi d n}{1000} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

V : Kecepatan potong (m/menit)

d : diameter benda kerja (mm)

n : Putaran benda kerja (putaran/ menit)



Gambar 2. 2 Kecepatan Potong

- Gerak makan (feeding)

Gerak makan (feeding), adalah jarak yang ditempuh pahat pada setiap putaran benda kerja, dengan gerakan ini maka akan mengalir geram yang dihasilkan, sehingga satuan f adalah mm/putaran (Farizi Z., dkk., 2014). Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong. Kemudian untuk menghitung kecepatan makan dari suatu poros pembentukan benda kerja pada mesin bubut menggunakan persamaan:

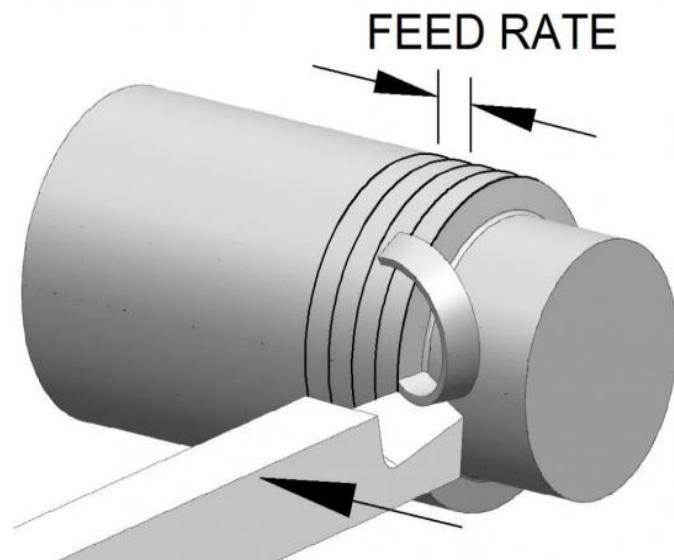
$$V_f = f \cdot n ; \text{ mm/min} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

V_f : kecepatan makan (mm/ menit)

f : besar pemakanan atau bergesernya pahat (mm/putaran)

n : putaran mesin (putaran/menit)



Gambar 2. 3 Gerak Makan

- Kedalaman potong (depth of cut)

Kedalaman potong (depth of cut), adalah dalamnya pahat menusuk benda kerja saat penyayatan atau tebalnya tatal bekas pembubutan. Ketika pahat memotong sedalam a , maka diameter benda kerja akan berkurang dua kali kedalaman a , karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar (Widarto, dkk, 2008).

Kemudian untuk menghitung kedalaman potong dari suatu poros pembentukan benda kerja pada mesin bubut menggunakan persamaan:

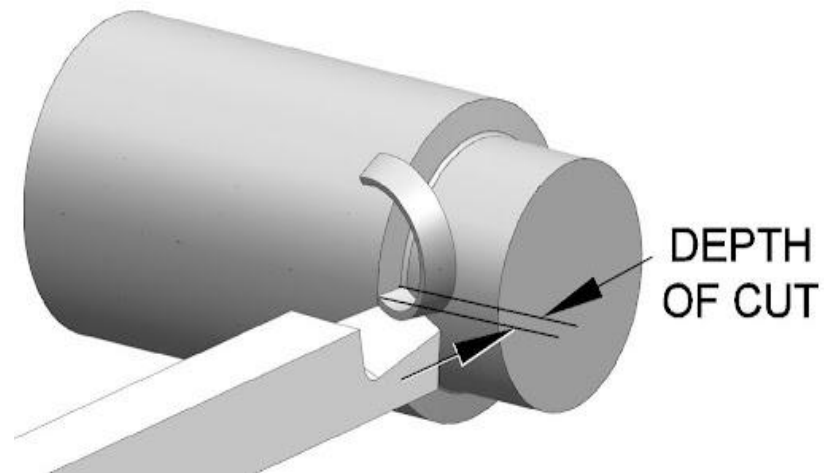
$$a = \frac{(d_o - d_m)}{2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

a : kedalaman potong (mm)

d_o : diameter awal (mm)

d_m : diameter akhir (mm)



Gambar 2. 4 Kedalaman Potong

2.3 Pahat Mesin Bubut

Pada proses pembentukan geram dengan cara pemesinan berlangsung dengan mempertemukan dua jenis material. Untuk menjamin kelangsungan proses ini maka jelas diperlukan material pahat yang lebih unggul dari material benda kerja.

Keunggulan tersebut dapat dicapai karena pahat dibuat dengan mempertimbangkan berbagai segi, yaitu :

1. Kekerasan yang cukup tinggi melebihi kekerasan benda kerja tidak saja pada temperatur ruang saja tapi juga pada temperatur tinggi pada saat proses pembentukan geram berlangsung.
2. Keuletan yang cukup besar untuk menahan beban kejut yang terjadi saat pemesinan dengan interupsi maupun waktu pemotongan benda kerja yang mengandung partikel yang keras.
3. Ketahanan beban kejut termal, diperlukan bila terjadi perubahan temperatur yang cukup besar secara berkala.

4. Sifat adhesi yang rendah, untuk mengurangi afinitas benda kerja terhadap pahat, mengurangi laju keausan, serta penurunan gaya pemotongan.
5. Daya larut elemen yang rendah, dibutuhkan demi memperkecil laju keausan akibat mekanisme difusi.

Dalam penelitian kali ini dikhususkan untuk peniliti pahat bubut yaitu pahat HSS (*high speed steel*). Fungsi dari pahat bubut sendiri adalah untuk mengurangi dimensi dari benda kerja dengan cara menyayat benda kerja silindris. dalam proses pembubutan, pahat bubut berperan sangat penting oleh karena itu dimensi dan geometri pahat bubut harus sesuai agar benda kerja yang dihasilkan nantinya sesuai dengan keinginan dengan kekasaran yang minim.

2.3.1 Pahat Karbida

Karbida (cemented carbide : hardmentals) Jenis karbida yang disemen (cemented carbide) ditemukan pada tahun 1932 (KRUPP WIDIA) merupakan bahan pahat yang dibuat dengan cara menyinter (sintering) serbuk karbida (Nitrida, Oksida) dengan bahan pengikat pada umumnya yaitu kobalt (Co). Dengan cara karburizing masing-masing bahan dasar (serbuk) Tungsten (Wolfram, W), Tantalum (Ta), Titanium (Ti), dibuat menjadi karbida kemudian digiling dan disaring. Hot hardness karbida yang disemen ini hanya akan menurun bila terjadi pelunakan elemen pengikat. Semakin besar persentase pengikat (Co) maka kekerasannya menurun dan sebaliknya keuletannya membaik. Modulus elastisitas nya sangat tinggi demikian pula berat jenis (density, sekitar dua kali lipat). Koefisien muai setengah daripada baja dan konduktivitas panasnya sekitaran dua atau tiga kali konduktivitas panas HSS.

Ada tiga jenis utama pahat karbida sisipan yaitu :

- a. Karbida Tungsten ($WC + Co$), yang merupakan jenis pahat karbida untuk memotong besi tuang (cast iron cutting grade)
- b. Karbida Tungsten Paduan ($WC - TiC + Co$; $WC - TaC - TiC + Co$; $WC - TaC + Co$; $WC - TiC - TiN + Co$; $TiC + Ni, Mo$) merupakan pahat karbida untuk pemotongan baja (steel cutting grade).
- c. Karbida berlapis (Coated Cemented Carbides), merupakan jenis karbida tungsten yang dilapisi karbida, nitrida atau oksida lain yang lebih rapuh tapi hot hardnessnya tinggi.

Karbida ini pertama kali dikenalkan oleh KRUPP WIDIA pada tahun 1968 dan sampai saat ini banyak jenis karbida berlapis semakin berkembang dan banyak dimanfaatkan dalam berbagai jenis permesinan. Lapisan dibuat dengan dua cara yaitu dengan proses PVD (physical Vapour Deposition) dan proses CVD (Chemical Vapour Deposition). Pelapisan secara CVD (Chemical Vapour Deposition) menghasilkan ikatan yang lebih kuat dari pada PVD (Physical Vapour Deposition). Bahan berlapis berguna untuk menghambat terjadinya difusi dan sebagai pelumas padat yang berfungsi untuk mereduksi gesekan dan panas tergenerasi selama proses pemotongan berlangsung. Pahat potong yang dilapisi dengan bahan berlapis mampu memberikan peningkatan kekerasan dan ketangguhan pahat sehingga dapat memperkecil gesekan dan aus pahat.



Gambar 2. 5 Mata Pahat Insert Karbida

2.4 Stainless steel 304

Stainless steel 304 digunakan dalam bidang teknik dan manufaktur karena ketahanannya terhadap korosi, daya tahan, dan daya tarik estetika yang luar biasa. Di antara paduan *Stainless steel*, 304 menonjol sebagai salah satu jenis yang paling serbaguna dan umum digunakan.

Stainless steel 304 yang dikenal sebagai baja tahan karat 18-8 yang hanya menunjukkan jumlah kromium dan nikel dalam paduan tersebut, adalah baja tahan karat yang sangat serbaguna. Anggota keluarga baja tahan karat austenitik ini menonjol karena kandungan kromium dan nikelnya yang tinggi. Terdiri terutama dari besi, kromium, dan nikel, 304 memadukan unsur-unsur ini dalam campuran yang harmonis, menghasilkan serangkaian sifat yang khas.

Table 2.1 Unsur *Stainless steel* 304

Unsur	Kadar
Kromium	18-20%
Nikel	8-10,5% dari
Karbon	0-0,08%

2.4.1 Sifat *Stainless steel* 304

- Tahan korosi:

Pencapaian utama *Stainless steel* 304 terletak pada ketahanannya yang luar biasa terhadap korosi. Keahliannya dalam bertahan di lingkungan yang penuh dengan kelembapan, zat kimia, dan kondisi buruk menggaris bawahi betapa pentingnya *Stainless steel* 304.

- Kekuatan dan Daya Tahan

Stainless steel 304 memiliki kekuatan dan kekokohan mekanis yang patut dipuji. Baja ini berperan sebagai pesaing tangguh untuk penggunaan yang membutuhkan integritas struktural dan kemampuan menahan beban. Kekuatan intrinsiknya menjadikannya pilihan yang tepat untuk komponen yang mengalami tekanan mekanis yang besar.

- Daya Tarik Estetika

Stainless steel 304 dapat memiliki permukaan yang sangat halus dan mengilap. Sifat yang didambakan ini tidak hanya meningkatkan daya tarik visualnya tetapi juga membuatnya ideal untuk aplikasi arsitektur dan aplikasi yang berorientasi pada konsumen.

- **Ketahanan Panas**

Ada lebih banyak jenis baja tahan karat yang tahan panas. Namun, *Stainless steel* 304 dapat diandalkan untuk menahan suhu yang cukup tinggi, menunjukkan daya tahan dan stabilitas tanpa kerusakan yang tidak semestinya.

- **Fasilitator Fabrikasi**

Kelenturan *Stainless steel* 304 merupakan salah satu sifatnya yang paling populer, dan dapat dengan mudah ditekuk atau dibentuk. Sifat ini secara substansial menyederhanakan prosedur produksi, sehingga memungkinkan terwujudnya produk yang rumit dan beraneka ragam dengan kemudahan yang sempurna.

2.4.2 Aplikasi *Stainless steel* 304

Kombinasi sifat-sifat unik baja tahan karat membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi di berbagai industri:

- **Arsitektur dan Konstruksi:** Umumnya digunakan dalam struktur bangunan, jembatan, dan monumen karena daya tarik estetika, daya tahan, dan ketahanannya terhadap korosi atmosfer.
- **Industri Makanan dan Minuman:** Produsen secara luas memanfaatkannya dalam memproduksi peralatan dapur, peralatan memasak, peralatan pengolahan makanan, dan tangki penyimpanan karena sifat higienisnya dan kemampuannya menahan lingkungan asam dan kaustik.

- Medis dan Perawatan Kesehatan: Instrumen medis, peralatan bedah, peralatan gigi, dan implan mengandalkan baja tahan karat karena biokompatibilitasnya, kemudahan sterilisasi, dan ketahanannya terhadap cairan tubuh.
- Industri Otomotif: Dapat diaplikasikan pada sistem pembuangan, trim otomotif, dan komponen yang terpapar kondisi lingkungan keras karena ketahanannya terhadap korosi dan panas.
- Dirgantara dan Penerbangan: Komponen pesawat terbang, mesin roket, dan bagian struktural menggabungkan baja tahan karat karena rasio kekuatan terhadap beratnya dan kemampuannya menahan lingkungan suhu tinggi.
- Industri Minyak dan Gas: Pipa, tangki penyimpanan, dan peralatan yang terkena cairan dan gas korosif memanfaatkannya karena ketahanannya terhadap lingkungan korosif dan bertekanan tinggi.
- Industri Kimia: Peralatan pemrosesan kimia, reaktor, dan tangki penyimpanan menggunakan baja tahan karat karena ketahanannya terhadap berbagai macam bahan kimia korosif.
- Aplikasi Kelautan: Pembuatan kapal, anjungan lepas pantai, dan peralatan kelautan sangat bergantung padanya karena kemampuannya menahan korosi air asin.
- Perhiasan dan Aksesori: Daya tarik estetika, daya tahan, dan sifat hipoalergenik baja tahan karat menjadikannya pilihan populer untuk perhiasan dan aksesori.

2.4.3 Kelebihan dan kekurangan penggunaan *Stainless steel 304*

- Kelebihan

Ada beberapa karakteristik material intrinsik yang membuat pemesinan baja *Stainless steel 304* menarik. Pertama-tama, 304 secara inheren tahan korosi bahkan setelah proses pemesinan. Lebih jauh lagi, kekuatan dan daya tahan 304 yang tinggi memungkinkan pemesinan yang presisi tanpa keausan berlebihan pada alat pemotong. Material ini juga secara intrinsik tahan suhu dan tidak akan mengalami deformasi atau kehilangan sifat mekanis akibat perubahan suhu.

Tidak seperti beberapa material yang lebih mahal yang telah di bandingkan, seperti serat karbon , titanium , dan bahkan aluminium , 304 memiliki suhu operasi maksimum yang sangat tinggi sekitar 1600°F (870°C) dan tidak akan meleleh hingga sekitar 2550°F.

- Kekurangan dan Tantangan Pemesinan *stainleess steel 304*

Stainleess steel 304 dapat mengeras dengan sangat cepat selama proses pemesinan yang dapat menyebabkan peningkatan keausan alat pemotong dan mengurangi masa pakai alat. Memanfaatkan kecepatan, umpan, dan alat yang tepat sangat penting untuk mencapai keberhasilan pemotongan 304. *Stainleess steel 304* memiliki konduktivitas termal yang sangat buruk yang dapat menyebabkan pembentukan panas yang berlebihan selama proses pemesinan. Hal ini dapat memengaruhi masa pakai alat dan kualitas benda kerja. Selain itu, kekuatan baja tahan karat yang tinggi

dapat menghasilkan gaya pemotongan yang tinggi, yang membutuhkan alat dan sistem pemesian yang kuat.

Singkatnya, keserbagunaan baja tahan karat terbukti dari penggunaannya yang luas di berbagai industri karena ketahanannya terhadap korosi, kekuatan, daya tahan, dan daya tarik estetikanya. Meskipun pemesian baja tahan karat menawarkan banyak keuntungan, pemesian juga menghadirkan tantangan seperti pengerasan kerja, pembangkitan panas, dan keausan alat. Mengatasi tantangan ini memerlukan pemilihan alat yang cermat, strategi pemesian, dan pertimbangan peralatan.

2.5 Poros

Poros adalah suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (gear), pulley, flywheel, engkol, sprocket dan elemen pemindah lainnya. Poros bisa menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendirisendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya. (Josep Edward Shigley, 1983).

Poros dalam sebuah mesin berfungsi untuk meneruskan tenaga melalui putaran mesin. Setiap elemen mesin yang berputar, seperti cakra tali, puli sabuk mesin, piringan kabel, tromol kabel, roda jalan, dan roda gigi, dipasang berputar terhadap poros dukung yang tetap atau dipasang tetap pada poros dukung yang berputar. Contoh sebuah poros dukung yang berputar, yaitu poros roda kereta api, As gardan, dan lain-lain

2.5.1. Jenis-jenis Poros

Adapun jenis-jenis poros menurut fungsi sebagai yang meneruskan daya diklasifikasikan menurut pembebanannya sebagai berikut:

- Poros Transmisi (Line shaft).

Poros ini mendapat beban puntir dan beban lentur sehingga pada permukaan poros akan terjadi tegangan geser karena momen puntir M_t dan tegangan tarik karena momen lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, puli sabuk, rantai dan lain-lain. Untuk beban yang ulet seperti pada poros dapat dipakai teori tegangan geser maksimum atau teori Tresca.

- Spindel (Spindle) Poros yang pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran seperti pada kopling dan poros motor. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti. Poros yang mendapat beban puntir harus dihitung dari daya N (HP) yang ditransmisikan dengan putaran n (rpm) poros.
- Gandar (Axle) Poros ini dipasang diantara roda-roda kereta api, dimana tidak mendapat beban puntir dan tidak berputar. Gandar ini hanya mendapat beban lentur kecuali jika digerakkan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir juga.
- Poros (Shaft), Poros yang ikut berputar untuk memindahkan daya dari mesin ke mekanisme yang digerakkan. Poros ini mendapat beban puntir murni dan beban lentur.

- Poros Luwes Poros ini berfungsi untuk memindahkan daya dari dua mekanisme, dimana putaran poros membentuk sudut dengan poros lainnya. Daya yang dipindahkan kecil.

2.6 Pemesinan Kering (*Dry Machining*)

Pemesinan kering adalah proses pemesinan yang tidak menggunakan fluida pendingin dalam pemotongannya. Karena selain tidak ada cairan dalam pemotongan bekas dalam jumlah besar yang akan mencemari lingkungan juga tidak ada kabut partikel cairan pemotongan yang akan membahayakan operator dan juga serpihan pemotongan tidak terkontaminasi oleh residu cairan pemotongan. Pemesinan kering mempunyai beberapa masalah yang antara lain, gesekan antar permukaan benda kerja dan pahat potong, kecepatan keluar serpihan, serta temperatur potong yang tinggi. dan hal tersebut semuanya terkait dengan parameter pemesinan. Secara umum industri pemesinan pemotongan logam melakukan pemesinan kering adalah untuk menghindari pengaruh buruk akibat cairan pemotongan yang dihasilkan oleh pemesinan basah.

Pemesinan kering mulai ditempatkan pada prioritas utama pada proses pemesinan akhir-akhir ini. Berdasarkan ulasan dari beberapa pihak, minat dalam pengurangan atau menghilangkan penggunaan cairan pendingin dalam pemesinan semakin meningkat. Pemesinan kering diinginkan secara ekologi dan akan menjadi keharusan bagi perusahaan manufaktur di tahun-tahun mendatang (Sreejith dan Ngoi, 2000). Hal ini sangat relevan terhadap kondisi bahwa pemesinan yang menggunakan cairan pendingin atau pelumas pada proses pengerjaannya dapat memberikan dampak kurang baik terhadap operator maupun lingkungan. Ada dua hal mengapa minat akan penggunaan pemesinan kering meningkat :

- a. Mengurangi atau menghilangkan terbukanya operator terhadap resiko kesehatan yang mungkin akan terjadi seperti keracunan, iritasi kulit, gangguan pernafasan dan infeksi mikroba.
- b. Mengurangi biaya pemesinan. Sebuah kajian yang dilakukan sebuah perusahaan otomotif menunjukkan bahwa cairan pendingin memberikan kontribusi 16% dari biaya komponen yang dimesin.

Alasan kuat mengapa pemesinan kering mulai mendapat perhatian serius yaitu karena pada pemesinan basah, cairan hasil pemotongan yang telah habis masa pakainya sebagai buangan dari industri pemotongan logam dapat mengancam kelestarian lingkungan. Cairan pemotongan bekas ini biasanya hanya dimasukkan ke dalam kontainer dan di timbun di bawah tanah. Selain itu, masih banyak praktek yang membuang cairan pemotongan bekas langsung ke alam bebas. Hal ini tentu berdampak merusak terhadap lingkungan sekitar (Mahayatra, 2012). Pemesinan kering dilakukan terutama untuk menghindari pengaruh buruk bagi kesehatan seperti yang telah diterangkan diatas, dari sudut pandang inilah kita dapat menyimpulkan bahwa pemesinan kering termasuk dalam pemesinan yang ramah lingkungan. Walaupun ada beberapa kelemahan dari proses pemesinan kering ini terutama gesekan antara permukaan benda kerja dengan pahat potong, pengeluaran geram yang dapat merusak benda kerja, serta suhu potong yang tinggi. Keuntungan lain dari penggunaan pemesinan kering adalah sebagai berikut :

- a. Ramah lingkungan, karena tidak menggunakan cairan pendingin.
- b. Penanganan produk dan geram lebih mudah karena tidak tercampur dengan cairan pendingin yang dapat saja mengganggu kesehatan operator.

- c. Ongkos produksi lebih murah karena dapat mengurangi ongkos terhadap pembelian, penyimpanan dan penanganan limbah cairan pendingin.
- d. Tidak memerlukan pompa sebagai media penyemprotan pada cairan pendingin sehingga dapat menghemat penggunaan listrik.
- e. Dapat digunakan pada seluruh pengerjaan pemesinan dan juga dapat melakukan pemotongan dengan berbagai material dari yang lunak hingga keras

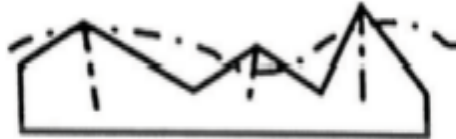
2.7 Kekasaran Permukaan

Pada setiap pengerjaan menggunakan mesin bubut mempunyai persyaratan kualitas kekasaran permukaan yang berbeda-beda, tergantung dari fungsi benda kerja yang dikerjakan. Hasil pembubutan yang berkualitas bisa dilihat dari kekasaran permukaan benda kerja. Semakin halus permukaan benda kerja, maka semakin baik kualitas benda kerja tersebut. Maka dalam melakukan pengerjaan menggunakan mesin bubut perlu diperhatikan dengan teliti agar mendapatkan tingkat kekasaran sekecil mungkin. Menurut Prasetya (2010) mengatakan bahwa kekasaran permukaan benda kerja logam akan berpengaruh jika dirangkai dengan komponen yang lain. Dalam hal ini, produk logam yang mempunyai permukaan kasar akan lebih cepat aus daripada produk logam yang permukaannya halus.

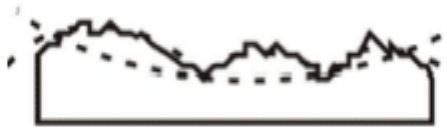
Bentuk dari sutau permukaan benda kerja dibedakan menjadi dua, yaitu permukaan yang kasar (roughness) dan permukaan yang bergelombang (waviness). Berdasarkan dari bentuk permukaan kekasaran dan gelombang ini, maka terdapat yang namanya kesalahan bentuk (Sudji Munaji 1980).



Gambar 2. 6 Kekasaran Roughness



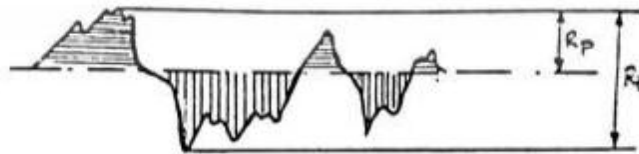
Gambar 2. 7 Kekasaran Waviness



Gambar 2. 8 Kesalahan Bentuk Gelombang

Adapun parameter untuk mengukur permukaan sebagai berikut:

- a. Kedalaman Total (R_t) Kedalaman total merupakan besarnya jarak dari profil referensi sampai profil dasar (μm).
- b. Kedalaman Perataan (R_p) Kedalaman perataan merupakan jarak rata-rata dari profil referensi sampai dengan profil terukur.



Gambar 2. 9 Kedalaman Total Dan Kedalaman Permukaan

- c. Kekasaran Rata-rata aritmatik (R_a) Kekasaran rata-rata merupakan harga rata rata secara aritmatik antara profil terukur dan profil tengah. Adapun cara mencari R_a adalah:

$$Ra = \frac{\text{Luas daerah (P)} + \text{Luas daerah (Q)}}{L} \times \frac{1000}{Vv} (\mu m)$$

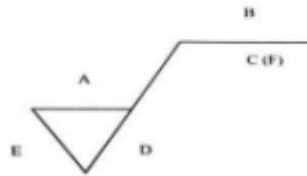
Keterangan:

Ra = Kekasaran rata-rata aritmatik

L = Panjang sampel (mm)

Vv = Perbesaran vertical luas P dan Q (mm)

Pada gambar teknik terdapat lambang untuk memberikan informasi kekasaran dalam gambar teknik pengerjaan benda kerja. (Munaji, dalam paridawati 2015 : 61) mengatakan “agar diperoleh suatu keseragaman bahasa symbol maka badan standar internasional ISO merekomendasikan R1302 sebagai cara penulisan spesifikasi permukaan”. Berikut ini merupakan gambar penjelasan mengenai symbol spesifikasi permukaan.



Gambar 2.10 Simbol Spesifikasi Permukaan (ISO R1302:5)

Berdasarkan gambar 2.5 Terdapat beberapa informasi yang diberikan pada symbol tersebut antara lain:

A = nilai kekasaran permukaan (Ra).

B = cara pengerjaan produksi.

C = panjang sampel.

D = arah pengerjaan.

E = Kelebihan ukuran yang dikehendaki.

F = nilai kekasaran lain jika diperlukan.

Harga kekasaran rata-rata (Ra) maksimal yang diijinkan ditulis diatas simbol segitiga. Satuan yang digunakan harus sesuai dengan satuan panjang yang digunakan dalam gambar teknik. Menurut Atedi (2005:64) proses permesinan kualitas kekasaran permukaan yang paling umum adalah harga kekasaran rata-rata aritmatik (Ra) yaitu, sebagai standar kualitas permukaan dari hasil pemotongan maksimum yang diinginkan.

Tabel 2. 2 Angka Kekasaran Permukaan

Kelas	Harga Ra	Toleransi (μm)	Panjang sampel (mm)
N1	0,025	0,02 – 0,04	0,08
N2	0,05	0,04 – 0,08	0,25
N3	0,1	0,08 – 0,15	
N4	0,2	0,15 – 0,03	
N5	0,4	0,03 – 0,06	0,8
N6	0,8	0,6 – 1,2	
N7	1,6	1,2 – 2,4	
N8	3,2	2,4 – 4,8	
N9	6,3	4,8 – 9,6	2,5
N10	12,5	9,6 – 18,75	
N11	25	18,5 – 37,5	8
N12	50	37,5 – 75,0	

Ada banyak cara yang bisa digunakan untuk memeriksa tingkat kekasaran permukaan pada benda kerja. Cara yang paling sederhana adalah dengan cara 34 menraba permukaan benda kerja. Bila dilihat dari proses pengukurannya maka cara pengukuran permukaan benda kerja dapat dibedakan menjadi dua yaitu pengukuran secara tidak langsung atau membandingkan dan pengukuran seraca langsung.

2.8 Penelitian Terdahulu

- Mohammad Farokhi, 2017

Mohammad Farokhi penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sebab akibat berdasarkan perlakuan yang diberikan. Pada penelitian ini perlakuan yang diterapkan yaitu variasi kecepatan putar spindle (rpm) dan jenis sudut pahat. Kecepatan putar spindle yang digunakan yaitu 2000 rpm, 2250 rpm, 2500 rpm, 2750 rpm, 3000 rpm. Sudut pahat yang digunakan yaitu 35°, 55°, dan 80°. Setelah dilakukan pembubutan selanjutnya dilakukan uji kekasaran permukaan.

Hasil pengujian menunjukkan nilai kekasaran masing-masing spesimen mempunyai perbedaan yang signifikan. Hal ini dibuktikan dengan nilai kekasaran paling tinggi dengan kecepatan putar spindle 2000 rpm dengan sudut pahat 80° yaitu 10,271 μm , dan nilai kekasaran paling rendah dengan kecepatan putar spindle 3000 rpm dengan sudut pahat 35° yaitu 0,951 μm .

- Riangga Alif Priyatna, 2018

Riangga Alif Priyatna melakukan penelitian dengan judul Pengaruh Kecepatan Spindle dan Kedalaman Potong mesin bubut CNC Emco Turn 242 Terhadap kekasaran permukaan baja paduan S45C tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh tingkat kekasaran permukaan pada proses potong mesin Bubut CNC dengan variasi kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan specimen material baja paduan S45C.

Dalam penelitian menggunakan variasi Dalam penelitian menggunakan variasi kecepatan yakni 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm dengan kedalaman pemakanan 0,20 mm, 0,40 mm, dan 0,60 mm. dari 3 Variasi variabel diatas didapat data Analisa kekasaran permukaan pada 3 variasi kecepatan spindle didapatkan tingkat kekasaran terkecil pada kecepatan 900 Rpm yaitu 0.856 μm . dan berdasarkan Analisa kedalaman pemakanan menggunakan 3 variasi ketebalan pemakanan didapatkan tingkat kekasaran terkecil pada pemakanan 0.20 mm yaitu dengan nilai 5,08 μm .

- Sholekhudin, 2018

Analisa pengaruh kecepatan putar kecepatan pemakanan dan kedalaman terhadap kekasaran permukaan silinder block motor pada mesin cnc milling merupakan judul penelitian dari Sholekhudin, dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekasaran dari permukaan blok silinder akibat proses permesinan yang menggunakan mesin CNC Milling dengan variasi kecepatan dan kedalaman pemakanan.

Dalam penelitian menggunakan variasi kecepatan yakni 800 rpm, 1100 rpm, dan 1400 rpm dengan kedalaman pemakanan 0,75 mm, 1,5 mm, dan 2,25 mm. dari 3 Variasi variabel diatas didapat nilai kekasaran permukaan terkecil yaitu 0.856 μm . yaitu pada kecepatan putaran spindle 800 Rpm dan kedalaman pemakanan 0.75 mm dan memiliki angka kelas kekasaran N6 yaitu proses, Bubut, Shiping and Milling.

- Siti Umami Purnamasari, 2019

Siti Umami Purnamasari melakukan penelitian dengan judul Analisa pengaruh pemakanan (cutting) terhadap kekasaran permukaan silinder blok sepeda motor tipe “X” menggunakan mesin CNC Milling (frais) tipe GSK 3A dengan pendinginan air dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan, kekasaran dan foto makro pada silinder blok dengan tiga variasi kecepatan putaran spindle yang berbeda yakni, 800 RPM, 1100 RPM dan 1400 RPM.

Pada pengujian kekerasan kecepatan spindle 1400 RPM memiliki tingkat kekerasan yang paling rendah yaitu 128.4 HRV, sedangkan tingkat kekerasan yang paling tinggi berada pada kecepatan spindle 1100 RPM yaitu 145.7 HRV. Pada pengujian kekasaran kecepatan spindle 800 RPM memiliki rata-rata kekasaran yang paling tinggi yaitu $R_a : 3,61 \mu\text{m}$, sedangkan nilai kekasaran yang paling rendah berada pada kecepatan spindle 1400 RPM yaitu $R_a : 3,05 \mu\text{m}$. Dari hasil pengujian foto makro menunjukkan tingkat kekasaran yang rendah pada putaran spindle 1400 RPM. Spindle speed memiliki nilai yang berbanding terbalik terhadap kekasaran permukaan.

- Kristianus Edwin Kapel, 2020

Kristianus Edwin Kapel melakukan penelitian dengan judul Analisa Pengaruh Variasi Putar Spindel, Waktu Pemotongan Dan Kedalaman Potong, Pada Mesin Bubut CNC EMCO TU 2A Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST42 Dengan Metode Taguchi penelitian yang diambil peneliti bermaksud

untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi putaran spindel, waktu pemotongan dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan baja st 42.

Penelitian diambil dengan specimen benda kerja ST 42 dengan pengerjaan variasi kecepatan spindle 860 rpm, 1000 rpm, 1500 rpm dan kedalaman pemakanan variasi 1 μm , 1,5 μm , 2 μm , diproses menggunakan metode Taguchi, lalu Analisa uji diambil menggunakan Pengukuran tingkat kekasaran permukaan spesimen dengan menggunakan alat ukur Surface Roughness Tester hasil uji kekasaran permukaan material uji baja ST 42 hasil adalah variable putaran spindel 1500 rpm, kedalaman pemotongan 2mm, dan waktu pemotongan 2 menit.