



MEKANIKA : JURNAL TEKNIK MESIN

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Volume 10 No. 1 (2024)

ISSN: 2460-3384 (p); 2686-3693 (e)

ANALISIS PENGARUH PUTARAN SPINDLE PROSES PEMBUBUTAN METODE DRY CUTTING DAN WET CUTTING TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA ST 60 PADA PAHAT KARBIDA

**Moh. Nor Ali Aziz¹, Fatkhurrohman¹, Edi Santoso¹, Muhammad Celvin Dewantara¹,
Muhammad Zidane Pratama¹,**

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: aliaziz@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Kekasaran permukaan adalah salah satu karakteristik penting dalam metode pemesinan karena berpengaruh pada kinerja komponen mesin. Parameter pemesinan seperti sudut potong dan kecepatan pemakanan benda kerja (*feeding*) memiliki dampak signifikan terhadap kualitas kekasaran permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran spindle dalam proses pembubutan dengan metode *dry cutting* dan *wet cutting* (cairan emulsi dan cairan Synthetic) terhadap kekasaran permukaan Baja ST 60 menggunakan pahat karbida. Penelitian ini dilakukan dengan variasi kecepatan spindle 500, 760, dan 1200 Rpm serta variasi jenis pendinginan, dengan kedalaman pemotongan tetap 1,5 mm dan dilakukan 3 kali pemakanan. Total 27 spesimen Baja ST 60 digunakan dalam eksperimen ini. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kekasaran permukaan terendah (R_a) diperoleh pada putaran spindle 1200 Rpm dengan metode wet cutting dan jenis pendingin cairan synthetic, dengan nilai kekasaran rata-rata 1,744 μm . Sedangkan kekasaran permukaan tertinggi (R_a) diperoleh putaran spindle 500 Rpm dengan metode Dry Cutting, dengan nilai kekasaran 5,767 μm . Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan putaran spindle berpotensi menghasilkan permukaan benda kerja yang lebih halus.

Kata kunci: *Putaran Spindle, Kekasaran Permukaan, Dry Cutting, Wet Cutting, Medium Carbon Steel ST 60.*

PENDAHULUAN

Industri pembuatan tidak bisa keluar dari proses mesin, terutama pembubutan. Pembubutan adalah proses memotong dengan menggunakan mesin untuk membentuk formasi silindris. Selain itu, dapat digunakan untuk mengebor, membuat ulir, dan meratakan benda putar. Proses ini dilakukan dengan potongan komponen yang berputar pada spindle menggunakan pahat, alat potong yang sangat keras tertentu di tempat kerja yang dipotong [1]. Kekasaran permukaan, satu karakteristik penting dari permukaan suatu benda selama proses pembubutan, menentukan seberapa baik komponen bagian mesin yang berfungsi dengan baik. Ini menjadi hambatan bagi sektor bisnis, terutama di proses pembuatan karena harus dapat dihasilkan produk dengan kasarnya permukaan yang baik [2]. Permukaannya, menurut batas yang memisahkan benda padat dengan sekitarnya, menurut istilah keteknikan. Kekasaran permukaan, yang diukur dari suatu titik acuan, didefinisikan sebagai ukuran kasar atau tinggi rendahnya permukaan suatu material [3].

Korosi terkait erat dengan kekasaran permukaan logam. Semakin kasar permukaannya, semakin mudah terjadi korosi. Dalam menentukan kualitas suatu produk logam, nilai kekasaran permukaannya diperlukan. Nilai ini seharusnya mengacu pada hubungan kekasaran permukaan dengan sifat mekanik, optik, dan elektrik produk tersebut [3]. Kekasaran permukaan dan bentuk dari benda kerja yang dibuat oleh mesin bubut, karena kekasaran permukaan dan bentuk dari benda kerja yang mengalami gesek, aus, sistem dan lain-lain. Metode Pemesinan akan mengevaluasi kasarnya permukaan benda kerja, yang dapat digunakan untuk menilai produk pemesinan [4]. Pahat memainkan peran penting dalam pembubutan selama proses pemesinan. Hasil dan umur pahat ditentukan oleh bahan pahat yang dipilih dengan benar. Kemampuan potong pahat bubut adalah salah satu komponen penting yang mempengaruhi kualitasnya [5]. Pada proses Dalam proses penyayatan dan *feeding*, angka kekasaran diinginkan untuk mencapai tingkat kehalusan yang tinggi. Salah satu cara untuk mencapai angka kekasaran yang rendah adalah dengan memilih bahan penurun suhu yang tepat menyebabkan pahat bergeser dengan benda kerja selama prosedur pembuatan dengan mesin bubut umum [6]. Dari situasi ini, penelitian yang akan dilakukan tepatnya tentang dampak Putaran Spindle Proses Pembubutan Metode *Dry Cutting* dan *Wet Cutting* Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST 60 Pada Pahat Karbida, dengan tujuan memperoleh variasi putaran spindle dan metode pembubutan yang tepat sehingga mendapatkan kekasaran permukaan yang halus

PROSEDUR EKSPERIMEN

Proses penyayatan terjadi ketika benda kerja berputar dan pahat disentuhkannya. Telah diketahui parameter pemotongan benda kerja yang dihitung sebelum dilakukan proses pembubutan berdasarkan pahat dan material yang dipakai. Didapat variasi putaran spindle yaitu 500 Rpm, 760 Rpm, dan 1200 Rpm dengan tingkat kedalaman pemakanan sebesar 1,5 mm dilakukan sebanyak 3 kali pemakanan. Dan dilakukan menggunakan 2 metode yaitu metode dry cutting dan wet cutting (cairan emulsi dan cairan synthetic) dengan variasi cairan pendingin yang didapat dari materi cairan pendingin yang terdapat pada buku referensi yang ditulis oleh Taufiq Rochim, Teori & Teknologi Proses Pemesinan [7]. Mesin yang digunakan dalam penelitian ini mesin bubut Shanghai Jiang Ning Machine Tool Works Tipe H G32-G, bahan uji adalah ST 60 dengan diameter 50 mm dan kekerasan 89,5 HB. Serta spesifikasi pahat sebagai berikut:

Material	: Karbida Tungsten
Cutting edge length	: 7mm
Clearance angle	: 7°
Thickness	: 2,38mm
Lapisan	: Tin-Mt-TiCN-Al2O3-TiN
Hardness	: 2400 (KHN)
Pengaplikasian	: Iron Cast, Stainless steel, Steel

Perhitungan Parameter Pembubutan:

- Perhitungan Putaran Spindel 500 Rpm

a. Feed rate

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

$$F = 0,2 \text{ mm/r} \times 500 \text{ rpm}$$

$$F = 100 \text{ mm/ min}$$

b. Kecepatan Potong

$$V_c = 100 \text{ m/min}$$

c. Putaran Spindle (Revolution per-minute)

$$n = \frac{1000 \cdot C_s}{3,14 \cdot d} \text{ Rpm}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 50} \text{ Rpm}$$

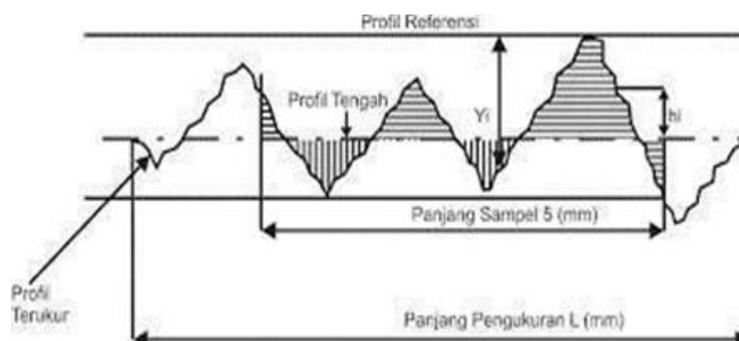
$$n = 636,9 \text{ Rpm (pada mesin dimasukkan 500 Rpm)}$$

- d. Depth of cut
 $1,5 \text{ mm} \times 3 = 4,5 \text{ mm}$

- Perhitungan Putaran Spindel 760 Rpm
 - a. Feed rate
 $F = 152 \text{ mm/ min}$
 - b. Kecepatan Potong
 $V_c = 130 \text{ m/min}$
 - c. Putaran Spindle (Revolution per-minute)
 $n = 828,02 \text{ Rpm (pada mesin dimasukkan 760 Rpm)}$
 - d. Depth of cut
 $1,5 \text{ mm} \times 3 = 4,5 \text{ mm}$

- Perhitungan Putaran Spindel 1.200 Rpm
 - a. Feed rate
 $F = 240 \text{ mm/ min}$
 - b. Kecepatan Potong
 $V_c = 160 \text{ m/min}$
 - c. Putaran Spindle (Revolution per-minute)
 $n = 1019 \text{ Rpm (pada mesin dimasukkan 1.200 Rpm)}$
 - d. Depth of cut
 $1,5 \text{ mm} \times 3 = 4,5 \text{ mm}$

Setelah mendapat parameter yang dibutuhkan untuk proses pembubutan kemudian dilakukan pembubutan muka benda kerja (*facing*) dan kemudian dilakukan pengujian permukaan alat dan pengujian aus pahat karbida yang dipakai dalam proses pembubutan.



Gambar 1. Profil Permukaan [7]

Hasil proses produksi yang tidak sempurna akibat ketidakakuratan mesin dapat disebut sebagai kekasaran [8]. Alat uji kekasaran yang digunakan pada penelitian ini adalah Mitutoyo Surfest SJ-310 178- 571-01E *Roughness Tester*. Uji kekasaran permukaan dilakukan untuk mengukur seberapa halus atau kasar permukaan benda kerja setelah proses pembubutan muka (facing). Pada *surface rough tester* ada alat peraba dikenal sebagai stylus. Stylus merupakan alat untuk mengukur kekasaran permukaan rata atau berbentuk radius menggunakan system elektronik, stylus berbentuk diamond dan memiliki motor pendorong yang memungkinkan bergerak maju dan menjauh dari permukaan benda uji. Selain itu, hasilnya dapat dilihat secara langsung pada layar operasi sehingga nilai kekasaran permukaan dapat diketahui secara langsung maupun cetak menggunakan kertas karbon [9].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian kasarnya Laboratorium Pengujian Material Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya menggunakan Surfest Roughness Tester didapatkan data (Ra) sebagai berikut

Tabel 1. Hasil kekasaran Dry Cutting

No	Putaran Spindle (Rpm)	Sample	a (mm)	Ra (μm)	Tingkat Kekasaran
1	500	Sample 1	4,5mm	3,060	N7
		Sample 2	4,5mm	8,714	N9
		Sample 3	4,5mm	5,529	N8
2	760	Sample 4	4,5mm	2,914	N7
		Sample 5	4,5mm	6,319	N9
		Sample 6	4,5mm	4,152	N8
3	1200	Sample 7	4,5mm	2,502	N7
		Sample 8	4,5mm	1,928	N7
		Sample 9	4,5mm	1,842	N7

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa peningkatan putaran spindle dari 500 Rpm ke 1200 Rpm pada pembubutan Baja ST 60 menghasilkan permukaan yang lebih halus. Pada 500 Rpm, kekasaran permukaan (Ra) berkisar dari 3,060 μm hingga 8,714 μm (kategori N7 hingga N9). Pada 760 Rpm, Ra menurun menjadi 2,914 μm hingga 6,319 μm (N7 hingga N9). Putaran 1200 Rpm memberikan kekasaran terendah dengan Ra antara 1,842 μm hingga 2,502 μm (N7). Putaran spindle yang lebih tinggi cenderung memberikan hasil permukaan yang lebih halus, dengan putaran 1200 Rpm memberikan kekasaran terbaik pada nilai rata-rata 1,744 μm .

Tabel 2. Hasil kekasaran Wet Cutting (Cairan Emulsi)

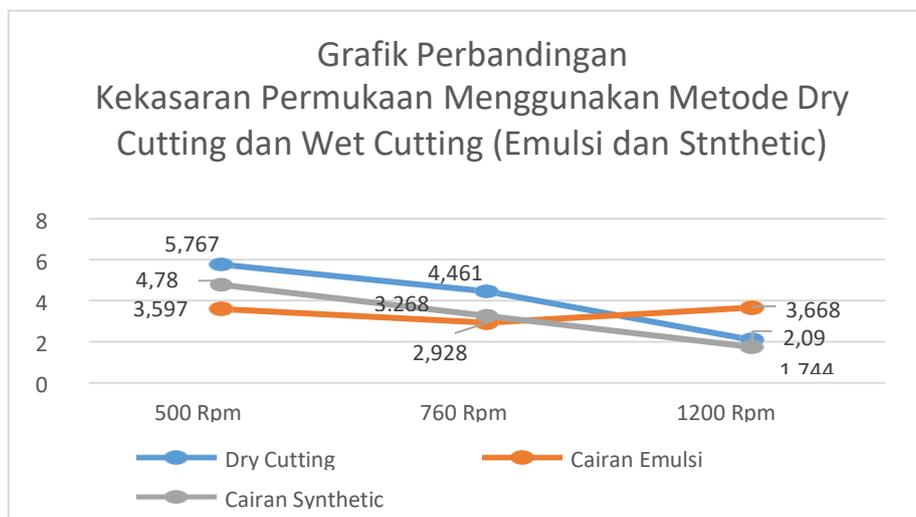
No	Putaran Spindle (Rpm)	Sample	a (mm)	Ra (μm)	Tingkat Kekasaran
1	500	Sample 10	4,5mm	2,107	N7
		Sample 11	4,5mm	4,239	N8
		Sample 12	4,5mm	4,445	N8
2	760	Sample 13	4,5mm	3,827	N8
		Sample 14	4,5mm	2,686	N7
		Sample 15	4,5mm	2,811	N7
3	1200	Sample 16	4,5mm	1,854	N7
		Sample 17	4,5mm	6,716	N9
		Sample 18	4,5mm	2,436	N7

Hasil eksperimen *wet cutting* dengan cairan emulsi menunjukkan bahwa peningkatan putaran spindle dari 500 Rpm ke 1200 Rpm menghasilkan permukaan yang lebih halus pada Baja ST 60. Pada 500 Rpm, kekasaran permukaan (R_a) berkisar antara 2,107 μm hingga 4,445 μm (kategori N7 hingga N8). Pada 760 Rpm, R_a menurun menjadi 2,686 μm hingga 3,827 μm (N7 hingga N8). Pada 1200 Rpm, hasil R_a bervariasi dari 1,854 μm hingga 6,716 μm (N7 hingga N9), dengan nilai terendah di 1,854 μm . Putaran spindle yang lebih tinggi cenderung menghasilkan permukaan yang lebih halus, meskipun ada variabilitas yang lebih besar pada 1200 Rpm

Tabel 3. Hasil kekasaran *Wet Cutting* (Cairan Synthetic)

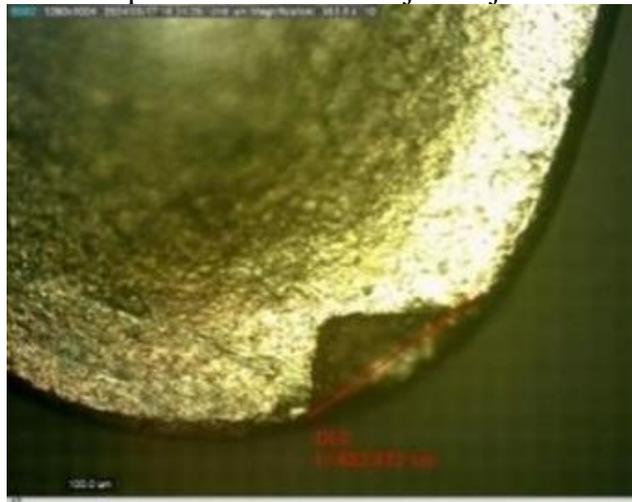
No	Putaran Spindle (Rpm)	Sample	a (mm)	R_a (μm)	Tingkat Kekasaran
1	500	Sample 19	4,5mm	6,247	N8
		Sample 20	4,5mm	4,287	N8
		Sample 21	4,5mm	3,807	N8
2	760	Sample 22	4,5mm	3,427	N8
		Sample 23	4,5mm	2,406	N7
		Sample 24	4,5mm	3,973	N8
3	1200	Sample 25	4,5mm	1,157	N6
		Sample 26	4,5mm	2,323	N7
		Sample 27	4,5mm	1,753	N7

Hasil eksperimen *wet cutting* dengan cairan synthetic menunjukkan bahwa peningkatan putaran spindle dari 500 Rpm ke 1200 Rpm secara signifikan mengurangi kekasaran permukaan pada Baja ST 60. Pada 500 Rpm, kekasaran permukaan (R_a) berkisar antara 3,807 μm hingga 6,247 μm (kategori N8). Pada 760 Rpm, R_a menurun menjadi 2,406 μm hingga 3,973 μm (N7 hingga N8). Pada 1200 Rpm, R_a lebih rendah lagi, berkisar antara 1,157 μm hingga 2,323 μm (N6 hingga N7), dengan nilai terendah 1,157 μm . Cairan synthetic dengan putaran spindle yang lebih tinggi memberikan hasil permukaan yang lebih halus, dengan putaran 1200 Rpm menghasilkan kekasaran permukaan terbaik.

Gambar 2. Grafik Perbandingan Kekasaran Permukaan Metode *Dry Cutting* dan *Wet Cutting* (Emulsi dan Synthetic)

Grafik perbandingan kekasaran permukaan ini mengindikasikan bahwa metode *dry cutting* cenderung menghasilkan permukaan dengan kekasaran tertinggi dibandingkan metode *wet cutting* dengan cairan emulsi dan sintetik pada semua kecepatan spindle. Seiring dengan peningkatan kecepatan spindle dari 500 rpm ke 1200 rpm, kekasaran permukaan cenderung menurun untuk ketiga metode, namun penurunan ini lebih signifikan pada penggunaan cairan sintetik. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan cairan sintetik pada kecepatan spindle yang lebih tinggi dapat mengurangi kekasaran permukaan secara lebih efektif dibandingkan cairan emulsi dan *dry cutting*. Dengan demikian, untuk aplikasi yang membutuhkan permukaan dengan tingkat kekasaran yang rendah, metode *wet cutting* dengan cairan sintetik pada kecepatan spindle yang lebih tinggi adalah pilihan yang lebih baik.

Peningkatan kekasaran permukaan pada metode *wet cutting* dengan cairan emulsi pada kecepatan spindle 1200 rpm, yang terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan kekasaran pada 760 rpm, menunjukkan adanya kemungkinan terjadi keausan pahat nose radius pada spesimen 17 yang menyebabkan buruknya nilai kekasaran permukaan. Pada kecepatan spindle tinggi, pahat mengalami gaya gesek yang lebih besar dan temperatur yang lebih tinggi selama proses pemotongan. Keausan pahat *nose radius* menyebabkan ketidakstabilan selama proses pemotongan, menghasilkan getaran yang lebih tinggi dan penurunan kemampuan pemotongan yang halus. Hal ini mengakibatkan permukaan benda kerja menjadi lebih kasar.



Gambar 3. *Nose Radius* Spesimen 17

Gambar 3 menunjukkan adanya keausan yang signifikan pada *nose radius* pahat, yang mengkonfirmasi bahwa pahat telah mengalami keausan berat pada kondisi pemotongan ini. Selain itu, perubahan atau ketidaksesuaian *rake angle* juga dapat berkontribusi pada peningkatan kekasaran permukaan. Jika *rake angle* tidak sesuai standar yang diinginkan, hal ini dapat menyebabkan sudut pemotongan menjadi tidak optimal, meningkatkan gaya pemotongan, dan memperburuk keausan pahat. Ketidaksesuaian *rake angle* menyebabkan deformasi termal dan mekanis pada pahat yang menghasilkan permukaan potong yang tidak halus. Dengan kata lain, *rake angle* yang tidak sesuai standar mengurangi efisiensi pemotongan dan meningkatkan getaran serta kekasaran permukaan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan data yang dikumpulkan, pembuatan spesimen, serta pengujian dan diskusi yang telah dibahas pada Bab sebelumnya, penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh kecepatan spindle dengan menggunakan metode *dry cutting* terhadap kekasaran permukaan Baja ST 60 dan umur pahat karbida menunjukkan bahwa nilai kekasaran

- permukaan (R_a) terendah didapat pada kecepatan putaran spindle 1200 rpm dengan nilai kekasaran rata-rata $2,09 \mu\text{m}$ dan nilai kekasaran tertinggi diperoleh pada kecepatan spindle 500 rpm dengan nilai kekasaran rata-rata $5,767 \mu\text{m}$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin cepat putaran spindle, permukaan benda kerja akan semakin halus.
2. Pengaruh kecepatan spindle dengan menggunakan jenis pendinginan cairan emulsi terhadap kekasaran permukaan Baja ST 60 dan umur pahat karbida menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan (R_a) terendah didapat pada kecepatan putaran spindle 760 rpm dengan nilai kekasaran rata-rata $2,928 \mu\text{m}$ dan nilai kekasaran tertinggi diperoleh pada kecepatan spindle 1200 rpm dengan nilai kekasaran rata-rata $3,668 \mu\text{m}$. Pada pembubutan menggunakan cairan emulsi, semakin cepat rotasi spindle tidak selalu menghasilkan kekasaran permukaan yang baik. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk terjadinya keausan pahat pada *nose radius* pada spesimen 17 dan tekanan pemotongan yang tidak tepat yang menyebabkan keausan lebih cepat.
 3. Pengaruh kecepatan spindle dengan menggunakan jenis pendingin cairan sintetik terhadap kekasaran permukaan Baja ST 60 dan umur pahat karbida menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan (R_a) terendah didapat pada kecepatan putaran spindle 1200 rpm dengan nilai kekasaran rata-rata $1,744 \mu\text{m}$ dan nilai kekasaran tertinggi diperoleh pada kecepatan spindle 500 rpm dengan nilai kekasaran rata-rata $4,78 \mu\text{m}$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin cepat rotasi spindle, permukaan benda kerja akan semakin halus dengan penggunaan cairan sintetik.

Saran

Untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam pemotongan Baja ST 60, disarankan untuk menggunakan kecepatan spindle yang lebih tinggi, terutama saat menggunakan metode *dry cutting* atau pendingin cairan sintetik, karena dapat menghasilkan permukaan yang lebih halus. Selain itu, perlu dilakukan pemantauan yang lebih cermat terhadap kondisi pahat, terutama pada *nose radius*, untuk menghindari keausan yang dapat menyebabkan peningkatan kekasaran permukaan. Penggunaan pelumas dan pendingin yang lebih efektif, serta pengaturan tekanan pemotongan yang tepat, juga dapat membantu meningkatkan umur pahat dan kualitas permukaan hasil pemotongan.

Terkait umur pahat, disarankan melakukan pengujian lebih lanjut untuk menentukan hubungan antara kecepatan spindle dan umur pahat secara rinci. Penggunaan metode pelumasan dan pendinginan yang optimal dapat memperpanjang umur pahat, mengurangi biaya penggantian pahat, dan meningkatkan efisiensi proses manufaktur. Implementasi sistem pemantauan kondisi pahat yang real-time dapat membantu dalam mengidentifikasi keausan pahat lebih awal dan memungkinkan penggantian pahat yang tepat waktu sebelum terjadi kerusakan yang signifikan.

REFERENSI

- [1] Husein, S. (2015). Pengaruh Sudut Potong Terhadap Getaran Pahat Dan Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut Mild Steel ST 42. Universitas Jember.
- [2] Ramadhan, R. Panji (2018). Analisa Pengaruh Variasi Sudut Tatal Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Material ST-42. Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- [3] Prasetya, R. Bagas. Waluyo, J. Sidharta, B. Wahyu. (2022). Analisa Kekasaran Hasil Pembubutan Dengan Beberapa Merk Pahat Pada Baja Aisi 4140. Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- [4] Parta. (2019). Analisa Kekasaran Hasil Proses Kerja Mesin Simulator Cnc Router Untuk Material Aluminium. Universitas Muhammadiyah Tangerang.
- [5] Qamaruddin, R. Hengki Rahmanto. (2015). Analisis Kekerasan dan Keausan Pahat Bubut

- HSS. Universitas Islam “45” (UNISMA) Bekasi.
- [6] Adam, O., Rizianiza, I., Haryono, H. (2022). (Pengaruh Variasi Jenis Media Pendingin Terhadap Permukaan Benda Kerja ST41 Dengan Menggunakan Uji Kekasaran (Surface Roughness Tester). *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, **17** (01),106-112.
- [7] Rochim, T. (1993). Teori dan Teknologi Proses Pemesinan. Bandung: Higher Education Development Support Project.
- [8] Yusuf, M. Carles, H. (2019). Analisa Kekasaran Permukaan Terhadap Kekerasan Material Pada Proses Milling Dengan Variasi Kecepatan Feeding. Universitas Mercu Buana
- [9] Adam, Oddy (2021). Pengaruh Variasi Jenis Media Pendingin Terhadap Surface Benda Kerja ST41 Dengan Menggunakan Uji Kekasaran (Surface Roughness Tester). Institut Teknologi Kalimantan