

Analisis Perubahan Kekerasan Material Terhadap Pembubutan

Ber Budi Wicaksono¹, Rosehan², Harto Tanujaya
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara
ber.515200009@stu.untar.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kecepatan potong (V_c) terhadap kekerasan (H_b) material dalam proses pembubutan. Metode penelitian melibatkan pengujian kekerasan material pada berbagai kecepatan potong yang telah ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan potong memiliki pengaruh signifikan terhadap kekerasan material. Semakin tinggi kecepatan potong, semakin tinggi nilai kekerasan yang dihasilkan. Nilai kekerasan tertinggi yang diperoleh adalah 203.23 H_b pada kecepatan 175.84 m/min, sedangkan nilai kekerasan terendah adalah 174.2 H_b pada kecepatan potong 43.96 m/min. Perubahan kekerasan ini disebabkan oleh perubahan deformasi dan pengaruh dari gaya geser yang terjadi selama proses pembubutan. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan kecepatan potong yang tepat sangat penting dalam mengoptimalkan kekerasan material dalam proses pembubutan.

Kata kunci: Kecepatan Potong (V_c), Kekerasan Material (H_b), Pembubutan

Abstract

This study aims to analyze the effect of cutting speed (V_c) on the hardness (H_b) of materials during the turning process. The research method involves testing the hardness of materials at various predetermined cutting speeds. The results indicate that cutting speed significantly affects material hardness. The higher the cutting speed, the higher the hardness value achieved. The highest hardness value obtained was 203.23 H_b at a speed of 175.84 m/min, while the lowest hardness value was 174.2 H_b at a cutting speed of 43.96 m/min. These changes in hardness are attributed to deformation changes and the influence of shear forces occurring during the turning process. The conclusion of this study suggests that selecting the appropriate cutting speed is crucial for optimizing material hardness in the turning process.

Keywords: Cutting Speed (V_c), Material Hardness (H_b), Turning Process

1. PENDAHULUAN

Industri Manufaktur adalah suatu cabang industri yang mengaplikasikan peralatan dan suatu medium proses untuk transformasi bahan mentah menjadi barang jadi untuk dijual. Salah satu ilmu manufaktur yang mempelajari sifat logam adalah Metalurgi. Metalurgi adalah bidang ilmu yang membahas proses pengolahan mineral, proses ekstraksi logam dan pembuatan paduan, hubungan perilaku sifat mekanik logam dengan struktur logam, proses penguatan logam serta fenomena kegagalan dan degradasi logam [1].

Metalurgi permukaan merupakan bagian dari keutuhan permukaan yang membahas perubahan permukaan benda kerja hasil pemesinan akibat beban yang diberikan selama proses pemesinan berlangsung[2]. Perubahan struktur permukaan dipengaruhi oleh faktor suhu, tegangan sisa, maka bagian metalurgi permukaan yang akan diidentifikasi meliputi perubahan struktur permukaan dan perubahan kekerasan mikro. Kekerasan merupakan ketahanan material terhadap suatu deformasi yang terjadi di daerah lokal[3]. Bila material berupa logam maka deformasi yang dimaksud yaitu deformasi plastis. Semakin keras suatu material maka material tersebut semakin kuat.

Penelitian kekerasan baja poros dapat memberikan gambaran tentang kualitas dari permukaan material baja. Penelitian difokuskan pada *strain hardening* yang menyebabkan peningkatan kekerasan suatu material. Peningkatan pada *strain hardening* akan menyebabkan peningkatan kekerasan material[13].

Parameter permesinan dalam proses pembubutan meliputi kecepatan potong (*cutting speed*), kedalaman pemotongan (*depth of cut*), dan laju pemakanan (*feed rate*)[14]. Peneliti akan melakukan penelitian mengenai pengaruh kecepatan potong (*cutting speed*) terhadap baja poros.

2. KAJIAN TEORI

Proses Pembubutan

Proses bubut merupakan proses pengerjaan material dimana benda kerja dan alat pahat bergerak mendatar (searah meja atau bed mesin), melintang atau membentuk sudut secara perlahan dan teratur baik secara otomatis ataupun manual. Selama proses pembubutan, benda kerja berputar dan pahat menyentuh benda kerja untuk membuat sayatan.[4]

Penyayatan dapat dilakukan pada sisi kiri atau kanan akan mengikis benda kerja berbentuk silinder. Penyayatan secara melintang akan menghasilkan bentuk alur, potongan atau permukaan (*facing*). Penyayatan juga dapat diarahkan miring dengan cara memutar eretan atas untuk menghasilkan benda kerja yang berbentuk konis atau tirus. Penyayatan yang beralur dengan kecepatan dan putaran tertentu dapat menghasilkan alur yang teratur seperti membubut ulir.

Penyayatan dapat dilakukan dari luar atau dari dalam. Penyayatan yang dilakukan dari luar disebut membubut luar (*outside turning*), sedangkan penyayatan yang dilakukan dibagian dalam atau pada lubang disebut membubut dalam. Bubut dalam berupa rongga, ulir dalam, lubang tembus, atau lubang tidak tembus.[4]

Mesin Bubut

Mesin bubut adalah mesin yang dibuat dari logam yang berguna untuk menyayat dengan gerakan utamanya dengan memutar benda kerja, Di bidang industri mesin bubut sangat berperan dalam pembuatan komponen seperti mur, baut, roda gigi, poros dan lain sebagainya.

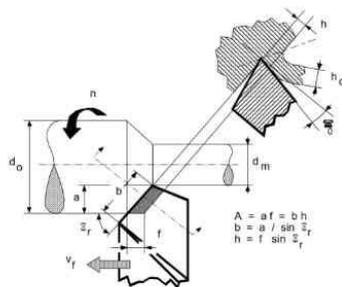


Gambar 1. Mesin Bubut [5]

Variabel Pembubutan

Elemen dasar yang mempengaruhi kondisi pemotongan mesin bubut disebut

parameter proses pembubutan. Untuk melakukan operasi pembubutan, elemen dan parameter dasar saling berhubungan. Variabel pembubutan dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 2. Variabel Pembubutan [5]

Parameter Pemotongan

Untuk mendapatkan hasil yang optimal, parameter bubut perlu disandingkan dengan spesimen uji serta jenis alat potong yang akan dipakai. Berikut tiga parameter utama pada setiap proses bubut.[5]

1. Kecepatan potong, merupakan kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman menghasilkan tatal. Kecepatan potong diukur dalam satuan panjang/waktu (m/menit). Kecepatan potong yang tepat dapat meningkatkan efisiensi dalam waktu dan biaya. Pemilihan kecepatan pemotongan yang sesuai dapat dihitung dengan rumus.

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

Keterangan:

- v : Kecepatan Pemotongan (m/min)
- d : Diameter rata-rata (mm)
- n : Rasio keliling lingkaran (rpm)

2. Kedalaman pemotongan (*depth of cut*), adalah jarak antara permukaan benda kerja yang akan dibubut (tatal) dan permukaan hasil bubutan yang diinginkan. Berikut ini rumus yang digunakan untuk mencari kedalaman potong pada mesin bubut.

$$a = \frac{d_o - d_m}{2} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

- a : Kedalaman potong atau *depth of cut* (mm)
- d_o : Diameter benda kerja sebelum pembubutan (mm)

d_m : Diameter sesudah pembubutan (mm)

3. Kecepatan gerak pemakanan, pada proses bubut adalah kecepatan relatif antara benda kerja dan mata pahat pada saat proses pemesinan terjadi. Kecepatan gerak potong dapat mempengaruhi kualitas permukaan benda kerja yang dihasilkan, produktivitas, serta umur pemakaian mata pahat.

$$V_f = f_n \cdot n \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

- V_f : Kecepatan gerak pemakanan (mm/min)
- f_n : Gerak makan (mm/rev)
- n : Kecepatan spindle (rpm)

Pahat Bubut

Pahat bubut merupakan alat potong yang digunakan pada mesin bubut untuk menghasilkan bentuk dan ukuran yang diinginkan pada benda kerja. Alat ini terdiri dari pisau potong yang ditempatkan pada pemegang atau *holder*. Berdasarkan material, pahat bubut dapat dikelompokkan menjadi logam keras, *cermented carbide*.

1. Pahat Bubut logam keras (*High-Speed Steel/HSS*)
Pahat HSS terbuat dari campuran beberapa logam seperti baja karbon tinggi, kobalt, vanadium, dan kromium. Pahat jenis ini cukup tahan lama dan dapat digunakan untuk memotong bahan yang relatif lunak seperti besi tuang dan baja karbon.[16]
2. Pahat Bubut Karbida
Pahat bubut karbida terdiri dari sebuah potongan karbida tungsten yang diikat pada batang pahat. Jenis pahat ini sangat tahan lama dan cocok untuk memotong bahan yang sangat keras seperti baja tahan karat dan logam paduan.[16]
3. Pahat Bubut Keramik
Pahat bubut keramik terbuat dari material keramik yang sangat keras dan tahan aus. Pahat bubut keramik digunakan untuk memotong bahan yang sangat sulit dipotong, seperti baja keras dan keramik. Pahat bubut keramik memiliki umur pakai yang panjang,

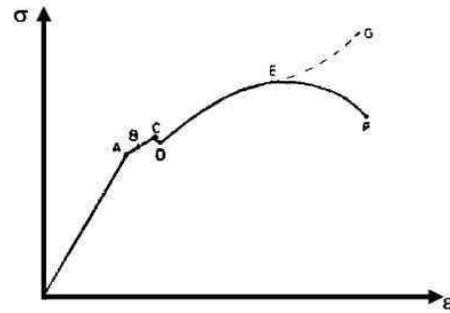
namun memiliki harga cukup tinggi.[16]

4. Pahat Bubut Intan

Pahat intan buatan terdiri dari kristal sintetis yang sangat halus yang disatukan dan dipadatkan dengan proses tekanan dan suhu yang sangat tinggi dengan pengikat yang sesuai. Lapisan dengan ketebalan 0,5 mm hingga 1,5 mm kemudian secara metalurgi dilapiskan ke lapisan dasar dari karbida atau silikon nitrida. Karena pahat intan adalah material dengan formasi khusus dari karbon, 19 maka intan memiliki afinitas yang tinggi dengan karbon pada logam ferro. Jika pahat intan digunakan untuk memotong logam-logam ferro maka pahat intan akan larut dalam logam-logam ferro ini pada suhu tinggi. Oleh karena itu, pahat intan tidak cocok digunakan untuk memotong logam-logam ferro.[16]

Zona Proses Pemotongan Logam

Pada proses pembubutan, terdapat dua zona yang muncul pada proses pembubutan, yaitu zona penetrasi dan zona *chip formation*. [17] Zona penetrasi merupakan tempat terjadi kontak langsung antara pahat potong dan benda kerja. Alat pemotong akan memotong material secara bertahap, menghasilkan serpihan yang akan terpisah dari benda kerja. Zona penetrasi terdapat pada bagian awal hingga titik A yang terlihat pada gambar 3 Zona *chip formation* adalah area dimana *chip* terbentuk dari benda kerja yang telah dilakukan penetrasi oleh pahat potong. Pada zona pembentukan geram, panas dan tekanan tinggi terjadi akibat gesekan antara pahat potong dan material, menyebabkan material berubah bentuk dan membentuk *chip* dengan karakteristik yang berbeda berdasarkan parameter pembubutan yang diterapkan. Berikut gambar diagram penyebaran kemampuan getas dan elastisitas sebuah material.



Gambar 3. Diagram Tegangan Regangan[8]

Deformasi plastis adalah perubahan bentuk *permanen* yang terjadi pada suatu bagian ketika terkena beban. Selama pembubutan, deformasi plastis terjadi Ketika material dipotong dengan pahat. Deformasi plastis terjadi pada zona perpanjangan (*elongation*) dan zona geser (*shear zone*) yang ditandai huruf D hingga F

Komposisi Material S45C

Baja S45C merupakan baja paduan dengan komposisi karbon sedang senilai 0.42 0.48%. Logam S45C merupakan logam dengan standar jepang yang setara dengan baja ST60, AISI 1045, DIN C45, dan ASTM A510. Baja ini memiliki nilai kekerasan Brinell dengan rentang 167 hingga 229. Baja S45C merupakan jenis baja yang umum digunakan dalam pembuatan komponen mekanik, seperti poros, baut, dan roda gigi serta sering digunakan sebagai bahan pembuatan pisau, perkakas tangan, dan alat-alat pertanian. Adapun berikut komposisi unsur material baja S45C.[10]

Tabel 1. unsur material baja[10]

komposisi	Jumlah kandungan (%)
C	0,42
Si	0,25
Mn	0,75
Cr	0,20
Fe	97,6
S	0,20
Ni	0,035

Kekerasan Permukaan

Kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dengan ukuran ketahanan terhadap deformasi plastis atau deformasi permanen. Uji kekerasan merupakan pengujian yang paling efektif karena dengan pengujian ini, peneliti dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material.

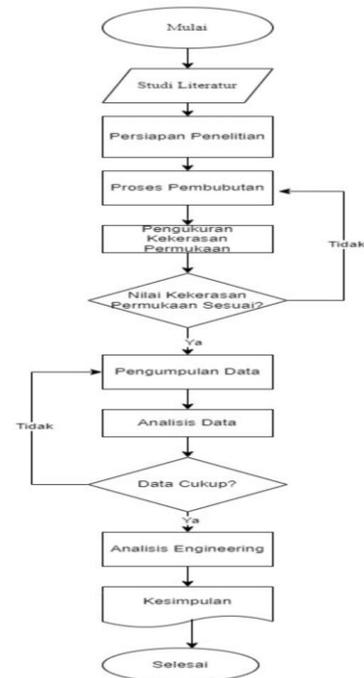
Uji Kekerasan

Uji kekerasan digunakan untuk mengetahui kemampuan material terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. [18] Benda uji akan mengalami deformasi ketika gaya pembebanan tertentu diberikan pada benda uji. Peneliti dapat menganalisis besarnya tingkat kekerasan bahan tersebut melalui besarnya beban yang diberikan terhadap luas bidang yang menerima pembebanan. Peneliti harus mempertimbangkan kekuatan dari benda kerja ketika memilih bahan benda. Dengan pertimbangan, dapat dipilih bahan benda kerja yang memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi. Alasannya, logam keras dianggap lebih kuat jika dibandingkan dengan logam lunak. Meskipun demikian, logam keras biasanya cenderung lebih rapuh dan sebaliknya. Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui angka kekerasan atau tingkat kekerasan logam tersebut. Metode pengujian kekerasan terdiri dari penekanan, goresan, dan dinamik. Pengujian kekerasan dengan penekanan banyak digunakan oleh industri permesinan karena prosesnya mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan logam jika dibandingkan dengan metode lainnya. Pengujian kekerasan metode penekanan adalah dengan metode *Rockwell*, *Brinell*, dan *Vickers*. [18]

3. METODE PENELITIAN

Diagram Alir Simulasi

Berikut merupakan diagram alir yang akan dilakukan dalam penelitian “Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Kekerasan Material Baja Poros”



Gambar 4. Diagram Proses Penelitian Bahan dan Peralatan Penelitian

Dalam proses penelitian ini ada berbagai alat dan bahan yang digunakan untuk memperoleh data dan informasi yang diperlukan. Berikut adalah bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian sebagai berikut.

1. Baja S45C

S45C adalah sejenis baja karbon berkualitas tinggi yang dibuat oleh tungku listrik, perapian terbuka atau konverter oksigen murni. Kandungan karbon baja lebih dari 0,4%, struktur mikro seragam, ketahanan aus yang baik. Baja S45C dalam penelitian ini menggunakan diameter 50mm serta panjang 80mm. Baja S45C akan dilakukan pembubutan pada sisi permukaan atas dan bawah.



Gambar 5. Baja S45C[12]

2. Mata pahat karbida

Mata pahat karbida sisipan yang digunakan adalah CNMG120404PS. Pemilihan insert karbida mengacu pada kemampuan tahan terhadap kecepatan potong mulai dari 150m/min hingga 320m/min[10].



Gambar 6. Karbida Sisipan CNMG120404PS

Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian sebagai berikut

1. Mesin bubut konvensional microtara turnmaster 35; yang digunakan dalam penelitian adalah milik laboratorium proses produksi Universitas Tarumanegara, dengan kecepatan spindle 280-1120 rpm.



Gambar 7. Mesin Bubut Konvensional

2. *Brinell Hardness Test*; merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kekerasan benda kerja. Pada pengukuran *Brinell Hardness Test* dilakukan dengan *System Affri Portable Brinell Hardness Test*. Satuan yang digunakan adalah HB30.



Gambar 8. *System Affri Portable Brinell Hardness Test*

3. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan pula untuk mengukur panjang benda maksimum 20 cm. keuntungan penggunaan jangka sorong juga dapat digunakan untuk diameter dalam sebuah tabung atau cincin, maupun kedalam sebuah tabung.



Gambar 9. Jangka Sorong

Matriks Parameter Pemotongan

1. Kecepatan Potong (*cutting speed*)
 Untuk menentukan kecepatan potong pada proses pembubutan maka dapat dilakukan dalam persamaan berikut

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$v1 = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 280}{1000} = 43.96 \text{ m/menit}$$

$$v2 = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 450}{1000} = 70.65 \text{ m/menit}$$

$$v3 = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 710}{1000} = 111.47 \text{ m/menit}$$

$$v4 = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 1120}{1000} = 175.84 \text{ m/menit}$$
2. Kedalaman Pemotongan (*depth of cut*)
 a : 0,2 mm
3. Pemakanan
 f_n : 0,16 mm/rev

Prosedur Pengambilan Data

Dalam penelitian ini metode yang digunakan merupakan penelitian

eksperimental dengan menggunakan proses pembubutan dengan menggunakan kedalaman senilai 0.2 dan f senilai 0.16 m/rev. Dalam pengujian ini spesimen uji akan dilakukan pembubutan dengan 4 variasi Vc yaitu 43,96 m/menit, 70,65 m/menit, 111,47 m/menit, 175,84 m/menit. setelah mendapatkan data dari 4 variasi tersebut akan dilakukan pengukuran kekasaran permukaan menggunakan *Brinell hardness test* untuk melihat kualitas dari hasil pembubutan.

Hasil Pembubutan

Berikut adalah hasil dari proses pembubutan pada spesimen uji baja S45C menggunakan parameter pembubutan yang sudah ditentukan.



Gambar 10. Hasil Pembubutan

Proses Pembubutan dilakukan dua kali. Pada pembubutan pertama dibubut secara halus permukaan benda kerja. Kemudian akan di uji kekerasan benda kerja. Untuk pembubutan kedua akan dilakukan secara *facing* atau permukaan atas dan bawah benda kerja dengan menggunakan *feed rate* 0.16, *deep of cut* 0.2, serta menggunakan *cutting speed* yang divariasikan. Proses pembubutan dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 11. Proses Pembubutan

Pasca Pembubutan

Setelah dilakukan pembubutan pada spesimen uji, akan dilakukan pengukuran kekerasan pada permukaan material S45C menggunakan alat *portable brinell hardness test*. Dalam proses ini pengukuran nilai dari kekerasan permukaan dilakukan dengan menekan alat ukur pada permukaan benda kerja yang rata.



Gambar 12. Pengukuran Nilai Kekerasan

Setelah melakukan penekanan material menggunakan alat ukur akan muncul nilai kekerasan material menggunakan satuan HB30, seperti terlihat pada gambar



Gambar 13. Nilai Kekerasan Terendah

4. HASIL DAN PEMBAHASAN
Pengumpulan Data

yang telah dilakukan, berikut data yang akan dianalisa.

Berdasarkan proses pembubutan

Tabel 2. Data Pembubutan

Material: S45C		Feed rate: 0.16 mm/rev				
Diameter: 50mm		Kedalaman: 0.2				
Panjang: 80mm						
Spesimen	Vc(m/menit)	Kekerasan (HB30)				Rata-rata
		awal	1	2	3	
1	43.96	170.4	171.9	173.9	176.8	174.2
2	70.65	170.2	180.2	181.2	182.3	181.23
3	111.47	170.7	184.3	185.7	188.9	186.3
4	175.84	170.8	202	203.2	204.5	203.23

Pada tabel 2 terdapat data dari 4 spesimen uji S45C yang dibubut dengan 4 kecepatan potong (Vc) berbeda dimulai dari 43.96m/min hingga 175.84m/min menggunakan pahat CNMG120404PS yang memiliki rekomendasi kecepatan potong (Vc) dari 150m/min hingga 320m/min.

tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mempermudah proses analisis dalam menentukan variasi parameter pemotongan yang menghasilkan nilai kekerasan paling tinggi. Untuk menganalisis pengaruh parameter pemotongan pada proses pembubutan baja S45C terhadap kekerasan yang dihasilkan, maka data yang terdapat pada tabel yang dibuat dalam bentuk :

Analisis Kualitas Permukaan

Dari hasil pengujian kekerasan pada benda kerja, selanjutnya data



Gambar 14. Grafik Kecepatan Potong terhadap Kekerasan Material

Analisis kekerasan material terhadap kecepatan potong

Kecepatan potong merupakan salah satu komponen penting yang mempengaruhi kualitas permukaan hasil pemesinan. Kecepatan potong konvensional, 175.84m/min, menghasilkan nilai HB tertinggi, dengan nilai rata-rata 203.34 Hb.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan pembubutan

konvensional, nilai kecepatan potong (Vc) akan mempengaruhi nilai kekerasan baja S45C akibat fenomena yang disebut deformasi plastis. Deformasi plastis merupakan fenomena penting dalam pembubutan. Deformasi plastis terjadi di area kontak langsung antara mata pahat dan benda kerja ketika terjadi penetrasi. Deformasi plastis terjadi ketika material benda kerja dan mata pahat bersentuhan sehingga benda kerja mengalami

perubahan bentuk secara permanen setelah pahat dilepas dari benda kerja. Hal ini disebabkan oleh gaya geser saat terjadinya proses pembubutan. Deformasi plastis dapat mempengaruhi dimensi, sehingga mempengaruhi kekerasan benda kerja.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Kecepatan potong (V_c) berpengaruh terhadap kekerasan (H_b). Semakin tinggi kecepatan potong (V_c) maka semakin tinggi nilai (H_b) kekerasan (lihat tabel 2).
2. Nilai kekerasan tertinggi (H_b) tertinggi yaitu senilai 203.23 H_b untuk kecepatan 175.84m/min dan nilai kekerasan terendah 174.2 H_b pada kecepatan potong (V_c) 43.96m/min.
3. Perubahan kekerasan terhadap kecepatan potong disebabkan karena adanya perubahan deformasi dan pengaruh dari gaya geser saat terjadinya proses pembubutan

REFERENSI

- [1] Nurdin, Hendri. "Metalurgi Logam." (2019): 1-272.
- [2] Haryono, Timbul. "Analisis Metalurgi: Peranannya dalam Eksplanasi Arkeologi." *Humaniora* 13.1 (2001): 1-9.
- [3] Hasry, Muhammad, Kaelani, Yusuf. 2014. Studi eksperimental keausan permukaan material akibat adanya multi-directional contact friction. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 1 No. 1, Hal. 16.
- [4] Alpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology*. Pearson Education, Inc.
- [5] Marsyahyo, 2003, *Mesin Perkakas Pemotongan Logam, Toga Mas*, Malang.
- [6] Daryanto.2010. *Mesin Perkakas*. Bandung: Satu Nusa.
- [7] Waringin, "Material pahat bubut," Scribd.com, 2018, [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/392494303/Material-Pahat-Bubu>
- [8] Khurmi, R.S. *Strenght Of Materials*. S. Chand & Company Ltd. New Delhi. 2001.
- [9] "McGraw-Hill Machining and Metalworking Handbook ebook by Denis Cormier - Rakuten Kobo," Rakuten Kobo, 2005
- [10] RIMPUNG, I Ketut. PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP KEKERASAN BAJA (St. 42) DENGAN TEMPERATUR PEMANASAN 800°C, METODE BRINELL, DI LABORATORIUM UJI BAHAN POLITEKNIK NEGERI BALI. *Logic : Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 87, feb. 2017. ISSN 2580-5649.
- [11] world iron steel. (n.d.). World iron steel, from <http://id.worldironsteel.com/gear-steel-and-bearing-steel/jis-g4051-s45c-steel-bar.html>
- [12] "MITSUBISHI MATERIALS Web Catalog -Turning Tools, Rotating Tools, Tooling Solutions," Mitsubishicarbide.net, 2023.
- [13] Jordi, Muhammad, Hartono Yudo, and Sarjito Jokosisworo. "Analisa Pengaruh Proses Quenching Dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja St 36 Dengan Pengelasan SMAW." *Jurnal Teknik Perkapalan* 5.1 (2017).
- [14] Premono, Agung, et al. "Studi Eksperimental tentang Pengaruh Parameter Pemesinan Bubut terhadap Kekasaran Permukaan pada Pemesinan Awal dan Akhir." (2015).
- [15] Perwira, Dimas Adi, Henry Widya Prasetya, and Affan Nur Roja Jendra Prakoso. "Kekasaran Permukaan Proses Pembubutan Dry Dan Wet Process Baja ST 90 Dengan Insert Carbide." *V-MAC (Virtual of Mechanical Engineering Article)* 7.2 (2022): 41-45.
- [16] Lesmono, Indra, and Yunus Yunus. "Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel, Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Dan

Kekerasan Permukaan Baja ST. 42
Pada Proses Bubut
Konvensional." *Jurnal Teknik
Mesin* (2013): 48-55.

- [17] Firmansyah, Hilmi Iman, Anindito Purnowidodo, and Sofyan Arief Setyabudi. "Pengaruh mechanical bonding pada aluminium dengan serat karbon terhadap kekuatan tarik fiber metal laminates." *Jurnal Rekayasa Mesin* 9.2 (2018): 127-134.
- [18] Furqon, Gusti Rusydi, and Muhammad Firman. "Analisa Uji Kekerasan pada Poros Baja ST 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda." *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 1.1 (2016).