

## Pengaruh Putaran Spindel dan *Depth of Cut* Material AISI 4140 untuk Pembuatan Bushing pada Proses Bubut Konvensional

Arfan Halim\*, Ilmawan S, Dedy S

Prodi Perawatan Mesin, Politeknik Sinar Mas Berau Coal  
Jl. Sei Raja Alam 2, Kab. Berau, Kalimantan Timur

\*E-mail: arfanh26@gmail.com

### Abstract

The goal of this research is to determine the rate of material deterioration during the manufacturing process using the dry machining method and the wet machining method, so that green machining can be used to reduce manufacturing costs. During the manufacturing process, there are three types of cutting force: radial force (force at the depth of cut), tangential force (force at the cutting speed), and longitudinal force (force at the feed rate). Among the factors that influence cutting force performance are the depth of cut, the feed rate, and the cutting speed. The method used in this study is an experimental method in which researchers control variables in order to design and optimize the work of experimental and control groups. The independent variables used in this study were variations in spindle rotation (300 Rpm, 460 Rpm, and 755 Rpm), feeding of 0.104 mm/Rev and depth of cut (0.2 mm, 0.6 mm, and 1mm). The results of the study revealed that the most stable method of increasing the hardness of the Hard Leeb Test material during the bushing manufacturing process is a method of manufacturing without a cooling media (dry machining) with a spindle rotational speed of 755 RPM and a depth of cut of 0.2 mm with a material hardness value of 453HL. As a result, the implementation of dry machining process parameters can be applied to the TEFA bushing workshop study program machine maintenance at Sinar Mas Berau Coal Polytechnic.

**Keywords:** AISI 4140, Dry Machining, Hard Leeb Test, Rotation Speed, Depth of Cut

### Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kekerasan material terhadap proses permesinan dengan metode pembubutan tanpa media pendingin (kering) dan pembubutan dengan media pendingin (basah) pada proses pembuatan *bushing* sehingga dapat terwujud *green machining* untuk mengurangi biaya produksi. Dalam proses bubut, terdapat gaya pemotongan, yaitu gaya radial (gaya pada kedalaman pemotongan), gaya tangensial (gaya pada kecepatan potong), dan gaya longitudinal (gaya pada pemakanan). Faktor yang mempengaruhi gaya potong diantaranya yaitu kedalaman pemotongan (*depth of cut*), gerak pemakanan (*feed rate*), dan kecepatan pemotongan (*cutting speed*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, peneliti mengontrol variabel bebas dalam arti bahwa peneliti mendesain dan mengatur perlakuan kelompok eksperimental dan kelompok kontrol. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi putaran *spindle* (300 Rpm, 460 Rpm, dan 755 Rpm), feeding 0.104 mm/Rev dan kedalaman potong (0.2 mm, 0.6 mm dan 1mm). Dari hasil pengujian didapatkan bahwa tingkat perubahan nilai kekerasan *Hard Leeb Test* material paling stabil pada proses pembuatan *bushing* adalah metode permesinan tanpa media pendingin (permesinan kering) dengan kecepatan putar spindle 755 Rpm dengan kedalaman pemotongan 0.2 mm dengan nilai kekerasan material 453HL. Sehingga aplikasi parameter permesinan kering dapat diterapkan di dalam kegiatan TEFA produksi *bushing* workshop Prodi Perawatan Mesin Politeknik Sinar Mas Berau Coal.

**Kata kunci:** AISI 4140, Permesinan Kering, *Hard Leeb Test*, Kecepatan Putar, Kedalaman Potong

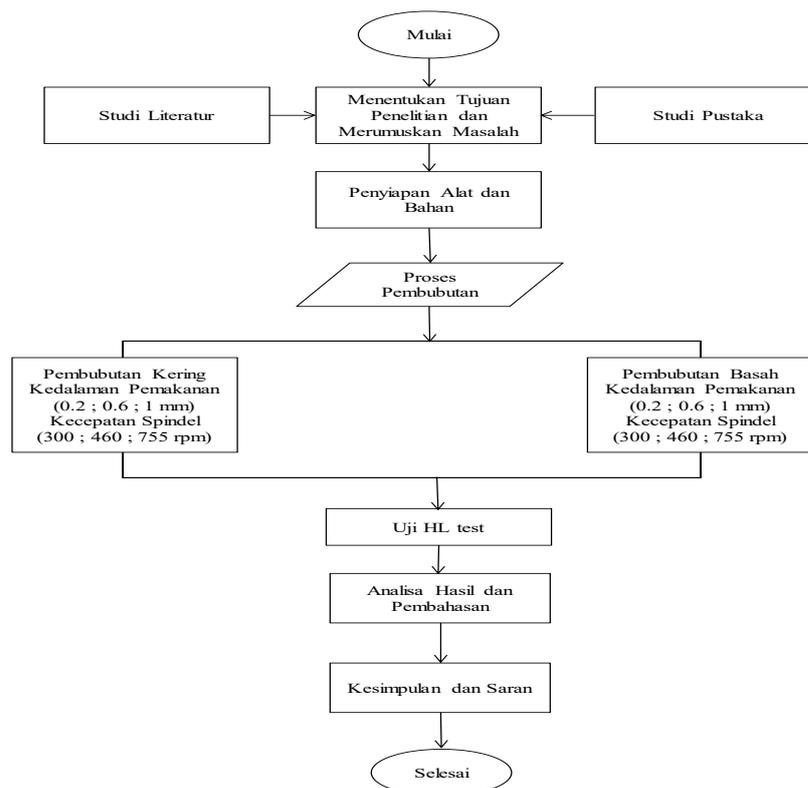
### 1. Pendahuluan

Proses permesinan merupakan hal penting dalam menghasilkan suatu produk atau jasa dalam industri manufaktur, dalam industri manufaktur mesin-mesin perkakas sangat berperan dalam mendukung keberhasilan suatu proses produksi dikarenakan tiap bengkel-bengkel pengerjaan logam banyak digunakan dalam proses pembuatan suatu komponen tertentu. Dari beberapa mesin perkakas salah satunya adalah mesin bubut, pembubutan merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja [1]. Parameter yang sangat menentukan kekasaran permukaan adalah kedalaman pemakanan (*depth of cut*), laju pemakanan (*feed rate*) dan kecepatan potong, hasil komponen proses pembubutan terutama kekasaran permukaan sangat dipengaruhi oleh sudut potong, pahat, kecepatan makan (*feeding*), kecepatan potong (*cutting speed*), kedalaman pemotongan (*depth of cut*) dan

lain-lain [2]. Menurut Rochim, bahwa hasil komponen proses pembubutan terutama kekasaran permukaan sangat dipengaruhi oleh sudut potong pahat, kecepatan makan (feeding), kecepatan potong (cutting speed), kedalaman pemotongan (depth of cut) [3]. Liew menyatakan saat sekarang ini permesinan basah di industri masih digunakan untuk memotong logam baja [4]. Menurut Canter bahwa dari 100% ongkos produksi, 16% dari padanya adalah sumbangan untuk cairan pemotongan yang harus dikeluarkan [5]. Dampak penggunaan cairan pemotongan pada pemesian basah bukan saja hanya masalah biaya tetapi juga terhadap kesehatan dan lingkungan. Untuk mengatasi masalah cairan pemotongan ini, akhirnya para pakar pemesian merekomendasikan pemesian hijau [6]. Dilihat dari aspek ekologi bahwasanya pemesian hijau dapat juga disebut sebagai pemesian kering, Che Haroen dan Ginting menyatakan bahwa kecenderungan permesinan hijau lebih baik dari permesinan basah untuk membubut baja perkakas dengan menggunakan pahat karbida berlapis TIN [7]. Sunarto melaporkan bahwa proses pembubutan kering pada baja AISI 1070 dengan menggunakan pahat karbida lapisan TiAlN/TiN berdampak pada ketangguhan pahat dalam memotong logam Ferro sampai kecepatan potong 270 m/menit, gerak makan 0.15 mm/putaran dengan kedalaman potong 1.5 mm [8]. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ichlas dan Andriyanto bahwa kekasaran permukaan sangat dipengaruhi oleh kecepatan makan dan kecepatan potong [9]. Raul dalam penelitian pengaruh variasi kecepatan potong dan kedalaman potong pada mesin bubut terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja ST41 mengatakan bahwa kecepatan potong berpengaruh terhadap hasil kualitas permukaan benda kerja, semakin tinggi kecepatan potong yang digunakan maka hasil kualitas semakin baik [10]. Hendra, dkk dalam pada penelitian yang dilakukan menyatakan bahwa kekasaran permukaan dipengaruhi oleh kondisi pemotongan seperti panjang penjururan, besar feeding dan kedalaman potong yang diberikan [11]. Nur menyatakan gerak relatif antara pahat dan benda kerja pada proses pemesian mesin bubut akan menghasilkan variasi chip yang akan mengakibatkan perubahan gaya [12]. Rendi mengatakan bahwa tingkat putaran *spindle* dan kedalaman pemotongan berpengaruh pada getaran pahat serta tingkat kekasaran permukaan benda kerja [13].

## 2. Material dan Metode Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan metode eksperimental dan langsung pada objek yang akan diteliti. Metode ini digunakan untuk mengetahui secara langsung variasi putaran *spindle* dan kedalaman pemotongan pada metode pembubutan kering dan basah. Penelitian ini dilakukan di Workshop Politeknik Sinar Mas Berau Coal. Pengamatan dilakukan dengan membubut material baja AISI 4140 dengan melakukan variasi pada putaran *spindle* dan kedalaman pemotongan dengan menggunakan metode pembubutan basah dan kering yang akan berikutnya dianalisa tingkat perubahan kekerasan dengan pengujian kekerasan di workshop Prodi Perawatan Mesin Politeknik Sinar Mas Berau Coal.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada studi kali ini adalah mesin bubut konvensional Krisbow KW15-979 yang terdapat di wokshop Politeknik Sinar Mas Berau Coal dengan pahat insert karbida tipe CCMT09T309 seperti yang terlihat pada Gambar 2. Dan Gambar 3. berikut. Selain itu juga digunakan *Hard Leeb Test* Dekko HT-555 sebagai alat uji kekerasan permukaan material seperti yang terlihat pada Gambar 4.



**Gambar 2.** Mesin bubut konvensional Krisbow KW15-979



**Gambar 3.** Pahat karbida Tipe CCMT09T309

Sedangkan material yang digunakan adalah material AISI 4140 dengan diameter 32 mm dan panjang 58 mm. Material AISI 4140 seperti yang terlihat pada Gambar 5. berdasarkan komposisi kimia tergolong dalam jenis baja chromium-molybdenum steel. Kekuatan tarik AISI 4140 bisa mencapai 1650 MPa ( 240 ksi ) melalui perlakuan panas quench dan temper konvensional. Baja ini juga dapat digunakan pada suhu setinggi 480°C (900°F ), tetapi kekuatannya menurun dengan cepat dengan semakin meningkatnya suhu. Material AISI 4140 dapat tersedia dalam bentuk bar, batang, tempa, lembaran, plat, strip, dan coran. Aplikasi baja dengan material AISI 4140 digunakan untuk banyak mesin kekuatan tinggi seperti: connecting rods, poros engkol, as roda, batang piston, collet, kunci pas, dan sprockets. Komposisi kimia material AISI 4140 ditunjukkan pada Tabel 1.



**Gambar 4.** Hard Leeb Test Dekko HT-555



**Gambar 5.** Material AISI 4140

**Tabel 1.** Komposisi Kimia AISI 4140 [14]

| Unsur | Komposisi (%) |
|-------|---------------|
| C     | 0.038-0.43    |
| Mn    | 0.75-1.00     |
| Si    | 0.20-0.35     |
| Cr    | 0.80-1.10     |
| Mo    | 0.15-0.25     |
| P     | ≤ 0.035       |
| S     | ≤ 0.04        |

## 2.2 Elemen Dasar Pemotongan Pada Proses Bubut

Elemen dasar pemotongan pada proses bubut dapat diketahui dengan rumus yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar teknik, dimana didalam gambar tersebut dipilih suatu proses atau urutan proses yang digunakan untuk membuatnya, salah satunya proses membubut [15].

### a. Kecepatan Potong (*Cutting Speed*)

Kecepatan potong adalah panjang ukuran lilitan pahat terhadap benda kerja atau dapat juga disamakan dengan panjang tatal yang terpotong dalam ukuran meter.

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \quad (1)$$

dimana :  $V$  = kecepatan potong (m/min)  
 $D$  = diameter rata-rata benda kerja (mm)  
 $N$  = kecepatan putar *spindle* (rpm)

### b. Kecepatan *Spindle*

Kecepatan *spindle* harus disesuaikan dengan kekerasan dari benda kerja yang akan dibubut. Yaitu makin keras benda kerja atau makin besar diameternya, kecepatan *spindle* makin rendah. Dan makin lunak benda kerja atau makin kecil diameternya, kecepatan *spindle* makin tinggi. Untuk menghitung kecepatan *spindle* dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N = \frac{1000.V}{d\pi} \quad (2)$$

dimana :  $V$  = kecepatan potong (m/min)  
 $D$  = diameter rata-rata benda kerja (mm)  
 $N$  = kecepatan putar *spindle* (rpm)

### c. Kedalaman Pemotongan

Dengan gerakan penyetulan dicapai kedalaman pemotongan  $a$  (mm). kedalaman pemotongan berarti pengurangan garis tengah pada pembubutan memanjang, pada pembubutan membidang berarti pengurangan panjang benda kerja.

$$a = \frac{D-d}{2} \quad (3)$$

dimana :  $a$  = kedalaman pemotongan (mm)  
 $D$  = diameter awal benda (mm)  
 $d$  = diameter akhir benda kerja (mm)

### d. Volume Serpih

Volume serpih adalah banyaknya serpih yang terkumpul dalam satu menit. Setelah satu putaran, terserpih sebuah cincin yang penampangnya adalah penampang serpih.

$$V=A.a.\pi.n \quad (4)$$

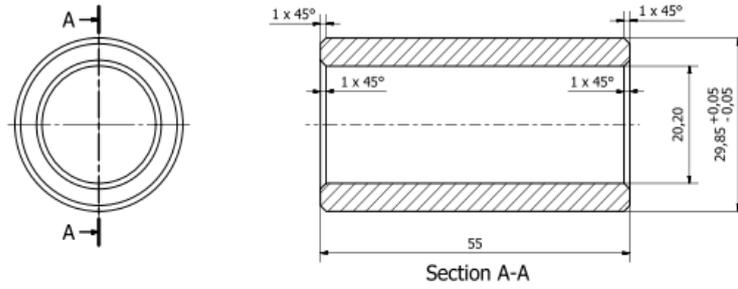
dimana :  $V$  = volume serpih (cm<sup>3</sup>/menit)  
 $A$  = luas penampang serpih (mm<sup>2</sup>)  
 $a$  = kedalaman pemotongan (mm)  
 $n$  = putaran *spindle* (rpm)

## 3. Hasil dan Pembahasan

Material Baja AISI 4140 pada proses pembubutan konvensional menggunakan pahat *carbide* type insert CCMT09T309. Setelah pengujian dilakukan selanjutnya data-data dianalisis, adapun data tersebut meliputi uji kekerasan permukaan. Data tersebut diperoleh dengan dari pengukuran dengan menggunakan alat ukur *portable* uji kekerasan Herd Leeb Test Dekko HT-555. Pada penelitian ini *specimen* uji terdiri dari 60 benda uji dengan proses yang sama, material yang sama, hanya membedakan pada kecepatan putaran spindle, kedalaman pemotongan dan perlakuan pada proses pembubutan (pembubutan basah dan pembubutan kering).

### 3.1 *Bushing*

Material Baja AISI 4140 yang telah melalui proses pembubutan basah dan pembubutan kering dihasilkan produk *bushing* dengan dimensi panjang 55mm dan diameter 29.85mm. dimana *bushing* tersebut akan digunakan sebagai penghubung chain di *dragbar* pada mesin *crusher*.



Gambar 6. Design bushing



Gambar 7. Bushing product

### 3.2 Hasil Pengujian Kekerasan Material AISI 4140

Kekerasan (*hardness*) adalah hal terpenting dalam menentukan material agar sesuai dengan keperluan yang diinginkan dari suatu produk. Kekerasan yaitu ketahanan material terhadap penekanan atau deformasi dari material lain yang lebih keras. Pada pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Hard Leeb Test* dengan menggunakan *Portable Hard Leeb Test* Dekko HT-555.



Gambar 8. Pengujian Kekerasan *Hard Leeb Test* Dekko HT-555

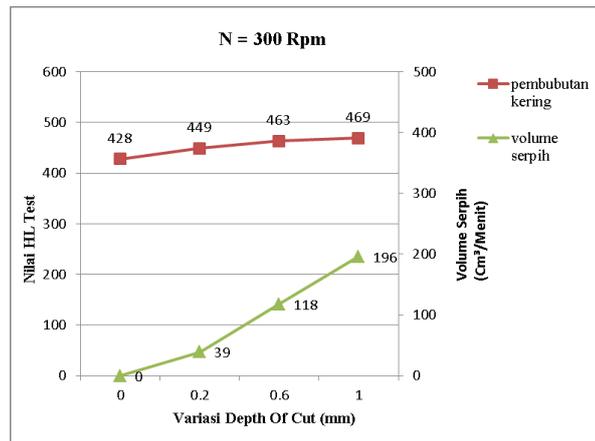
Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kekerasan HL dengan Media Pendingin (Pembubutan Basah)

| No | Material Logam | Variabel Kecepatan (rpm) | Feeding (mm/Rev) | Depth of Cut (mm) | Pengujian HL |     |     | Rata-rata |
|----|----------------|--------------------------|------------------|-------------------|--------------|-----|-----|-----------|
|    |                |                          |                  |                   | I            | II  | III |           |
| 1  | AISI 4140      | Tanpa Proses             |                  |                   | 427          | 428 | 428 | 428       |
| 2  |                | 300                      | 0.104            | 0.2               | 429          | 437 | 431 | 432       |
| 3  |                | 460                      | 0.104            | 0.2               | 450          | 450 | 445 | 448       |
| 4  |                | 755                      | 0.104            | 0.2               | 445          | 449 | 442 | 445       |
| 5  |                | 300                      | 0.104            | 0.6               | 444          | 460 | 446 | 450       |
| 6  |                | 460                      | 0.104            | 0.6               | 457          | 445 | 461 | 454       |
| 7  |                | 755                      | 0.104            | 0.6               | 452          | 457 | 466 | 458       |
| 8  |                | 300                      | 0.104            | 1                 | 448          | 443 | 446 | 446       |
| 9  |                | 460                      | 0.104            | 1                 | 460          | 454 | 464 | 459       |
| 10 |                | 755                      | 0.104            | 1                 | 460          | 459 | 462 | 460       |

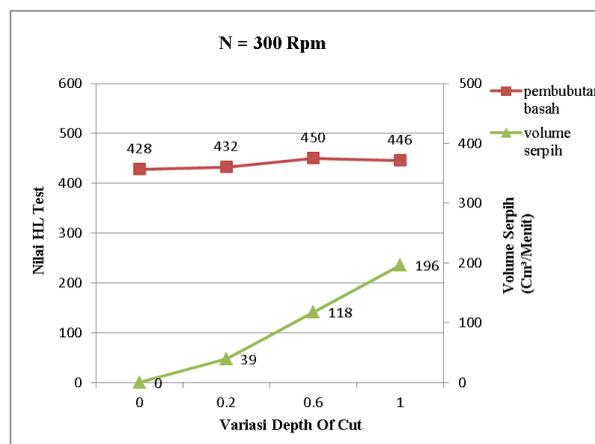
**Tabel 3.** Data Hasil Pengujian Kekerasan HL Tanpa Media Pendingin (Pembubutan Kering)

| No | Material Logam | Variabel Kecepatan (rpm) | Feeding (mm/rev) | Depth of Cut (mm) | Pengujian HL |     |     | Rata-rata |
|----|----------------|--------------------------|------------------|-------------------|--------------|-----|-----|-----------|
|    |                |                          |                  |                   | I            | II  | III |           |
| 1  | AISI 4140      | Tanpa Proses             |                  |                   | 427          | 428 | 430 | 428       |
| 2  |                | 300                      | 0.104            | 0.2               | 455          | 444 | 448 | 449       |
| 3  |                | 460                      | 0.104            | 0.2               | 458          | 458 | 456 | 457       |
| 4  |                | 755                      | 0.104            | 0.2               | 455          | 456 | 448 | 453       |
| 5  |                | 300                      | 0.104            | 0.6               | 459          | 456 | 474 | 463       |
| 6  |                | 460                      | 0.104            | 0.6               | 460          | 461 | 464 | 462       |
| 7  |                | 755                      | 0.104            | 0.6               | 460          | 461 | 467 | 463       |
| 8  |                | 300                      | 0.104            | 1                 | 474          | 473 | 460 | 469       |
| 9  |                | 460                      | 0.104            | 1                 | 474          | 477 | 468 | 473       |
| 10 |                | 755                      | 0.104            | 1                 | 465          | 459 | 473 | 466       |

**3.3 Hubungan Variasi Depth Of Cut Dengan Nilai Kekerasan HL (N= 300 Rpm)**



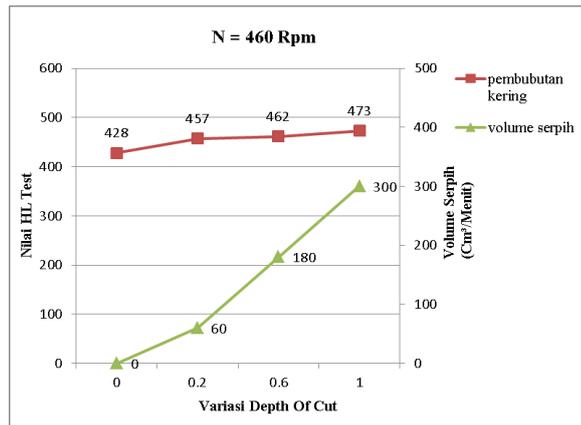
**Gambar 9.** Grafik hubungan variasi *Depth of Cut* (a) dengan nilai kekerasan HL pada pembubutan kering



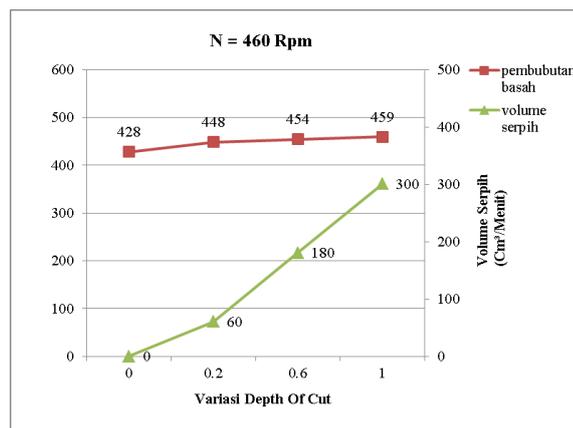
**Gambar 10.** Grafik hubungan variasi *Depth of Cut* (a) dengan nilai kekerasan HL pada pembubutan basah

Pembahasan dari hasil analisa data diatas adalah yang mana bahan AISI 4140 tanpa pendingin (pembubutan kering) semakin besar kedalaman pemotongan (*depth of cut*) yang digunakan maka semakin tinggi tingkat perubahan nilai kekerasan material bahan tersebut dan jika menggunakan pendingin (pembubutan basah) tingkat perubahan nilai kekerasannya stabil dengan tingkat kekerasan awal material. Maka pada proses pengerjaan bushing menggunakan material AISI 4140 lebih baik menggunakan pendingin (pembubutan basah) karena perubahan pada struktur kekerasan pada material stabil dibandingkan dengan tanpa pendingin (pembubutan kering).

### 3.4 Hubungan Variasi Depth Of Cut (a) dengan nilai kekerasan HL (N= 460 Rpm)



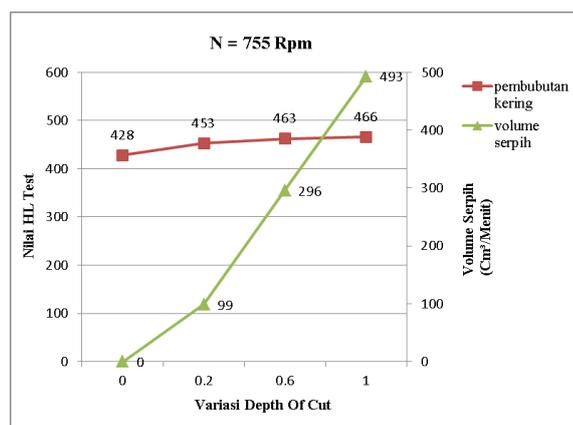
Gambar 11. Grafik hubungan variasi Depth of Cut (a) dengan nilai kekerasan HL pada pembubutan kering



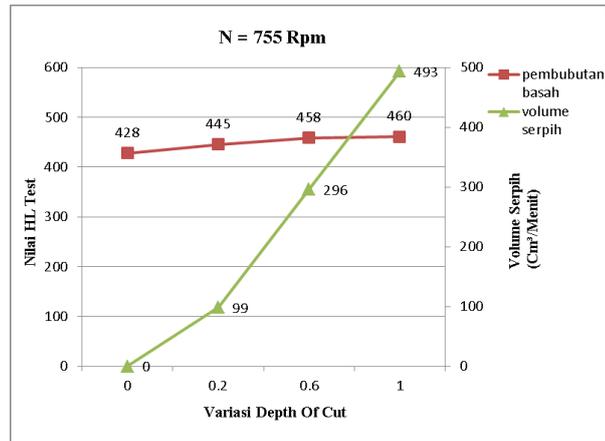
Gambar 12. Grafik hubungan variasi Depth of Cut (a) dengan nilai kekerasan HL pada pembubutan basah

Pembahasan dari hasil analisa data diatas adalah yang mana bahan AISI 4140 tanpa pendingin (pembubutan kering) semakin besar kedalaman pemotongan (*Depth of Cut*) yang digunakan maka semakin tinggi tingkat perubahan nilai kekerasan material bahan tersebut dan jika menggunakan pendingin (pembubutan basah) tingkat perubahan nilai kekerasannya stabil dengan tingkat kekerasan awal material. Maka pada proses pengerjaan bushing menggunakan material AISI 4140 lebih baik menggunakan pendingin (pembubutan basah) karena perubahan pada struktur kekerasan pada material stabil dibandingkan dengan tanpa pendingin (pembubutan kering). Pada proses pembubutan kering, faktor yang mempengaruhi terjadinya perubahan kekerasan material dari tingkat kekerasan awal adalah kecepatan pemotongan, dan gesekan putaran antara mata pahat dan material.

### 3.5 Hubungan Variasi Depth Of Cut (a) dengan nilai kekerasan HL ( N= 755 Rpm)

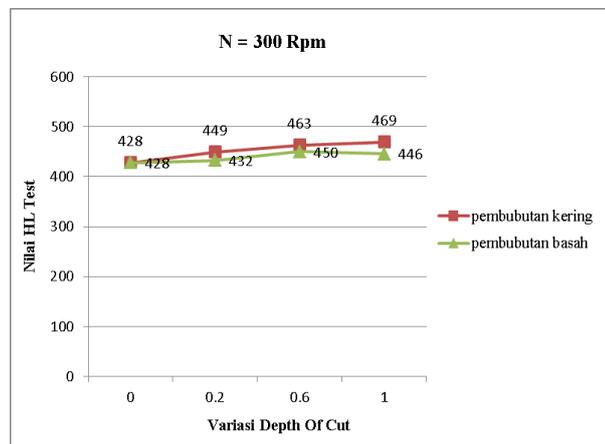


Gambar 13. Grafik hubungan variasi Depth of Cut (a) dengan nilai kekerasan HL pada pembubutan kering

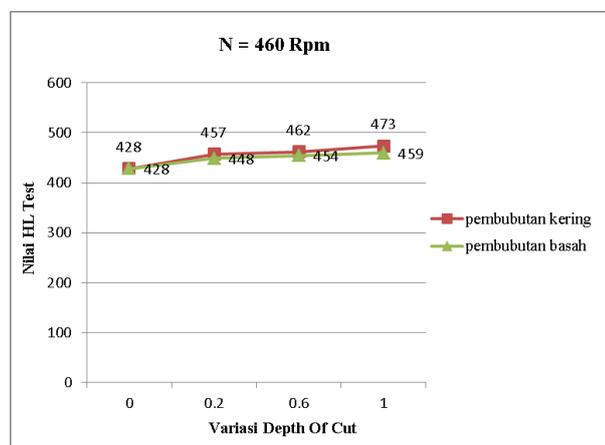


Gambar 14. Grafik hubungan variasi *Depth of Cut* (a) dengan nilai kekerasan HL pada pembubutan basah

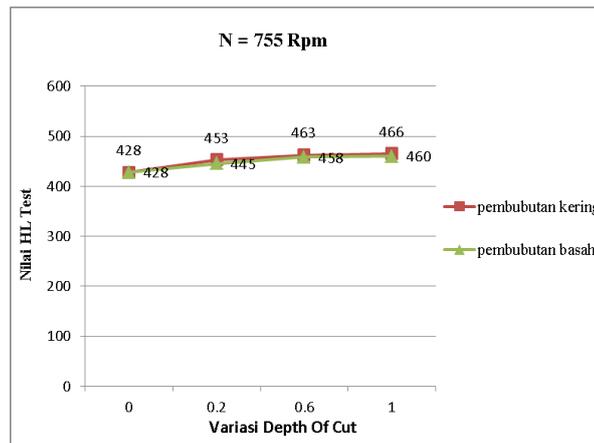
Pembahasan dari hasil analisa data diatas adalah bahan AISI 4140 pada proses pemotongan tanpa pendingin (pembubutan kering) menghasilkan tingkat perubahan nilai kekerasan material bahan tersebut stabil dengan tingkat kekerasan awal material dan hasil perubahan tingkat kekerasan yang didapatkan sama dengan metode pembubutan dengan pendingin (pembubutan basah). Hal ini disebabkan kecepatan pemotongan dengan putaran 755 Rpm sangat berpengaruh pada gaya potong dan proses pemotongan sehingga pembebanan pahat terhadap material semakin kecil



Gambar 15. Perbandingan nilai kekerasan HL pada pembubutan kering dan basah (N=300Rpm)



Gambar 16. Perbandingan nilai kekerasan HL pada pembubutan kering dan basah (N=460Rpm)



Gambar 17. Perbandingan nilai kekerasan HL pada pembubutan kering dan basah (N=755Rpm)

Dari gambar grafik 15, 16 dan 17 diatas, proses pemotongan yang menghasilkan tingkat perubahan nilai kekerasan material yang baik (stabil) adalah proses pemotongan dengan kecepatan putar spindle 755 Rpm dengan kedalaman pemotongan 0.2 mm yaitu sebesar 453 HL.

Jadi dari grafik diatas dapat dijelaskan bahwa proses pemotongan dengan kecepatan putar spindle 755 Rpm dengan kedalaman potong 0.2 mm memiliki nilai kekerasan material yang baik (stabil). Hal ini dikarenakan kecepatan pemotongan dengan putaran 755 Rpm dan kedalaman pemotongan 0.2 mm menghasilkan gaya potong dan pembebanan pahat terhadap pemotongan material semakin kecil.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada proses permesinan kering (permesinan hijau) dan permesinan basah, dengan variasi kecepatan putar spindle dan kedalaman pemotongan pada proses pembuatan bushing, proses pemotongan yang paling optimal menghasilkan tingkat perubahan nilai kekerasan material bahan stabil adalah proses pemotongan dengan metode pembubutan kering pada kecepatan spindle 755 Rpm dengan kedalaman pemotongan 0.2 mm dengan nilai kekerasan material 453HL. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya kecepatan pemotongan dan pembebanan pahat terhadap pemotongan material berpengaruh pada tingkat perubahan nilai kekerasan material. Pada parameter permesinan kering (permesinan hijau) yang diperoleh akan menjadi konsistensi pada proses produksi bushing yang dilaksanakan oleh operator permesinan dalam kegiatan Teaching Factory (TEFA) sehingga tercipta budaya green machining dan mengurangi biaya produksi.

Untuk pengembangan penelitian kedepannya dan untuk memperkaya referensi literatur khususnya di Workshop Perawatan Mesin Politeknik Sinar Mas Berau Coal dapat dilakukan variasi pahat insert karbida, variabel-variabel yang mempengaruhi perubahan tingkat nilai keausan pahat serta analisis nilai kekasaran permukaan material.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Program Studi Perawatan Mesin Politeknik Sinar Mas Berau Coal atas pemanfaatan workshop sebagai pusat penelitian dan pengujian.

#### Daftar Pustaka

- [1] Daryanto, 2012, “Kejuruan Teknik Mesin Perkakas,” Cetakan kedua, Bandung: PT. Satu Nusa.
- [2] Steven, S.R., Kalpakjian, S., 2002, “Manufacturing Engineering and Technology,” Fourth edition, London: Prentice Hall.
- [3] Rochim, Taufiq, 2007, “Teori dan Teknologi Proses Permesinan,” Bandung: Higher Education Development Support Project.
- [4] Liew, W.Y.H., Yuan, Ngoi, B.K.A., 2004, “Evaluation of Machining of Performance of STAVAX with PCBN Tools.”
- [5] Canter, N.M., 2003, “The Possibilities and Eliminations Of Dry Machining.”
- [6] MTA-SME, 2001, ”Machining Technology Trends 2001, The Future of Machining Technology and Process Machining Technology Association of The Society Manufacturing Engineering.”
- [7] Haroen, C., Ginting A., Goh, J.H., 2020, “The Influences of tool wear and Tool Life on Surface Integrity During Turning Tool Steel Using Uncoated Carbide,” 43–52.
- [8] Sunarto, 2016, “Pembubutan Kering Baja AISI 1070 Terhadap Pertumbuhan Aus Sisi Pahat Karbida Berlapis (TiAlN/TiN),” INOVTEK, 6 (2):78–86

- [9] Nur, I., Andriyanto, 2009, "*Pengaruh Variabel Pemotongan Terhadap Kualitas Permukaan Produk Dalam Meningkatkan Kualitas*", Politeknik Negeri Padang.
- [10] Raul, Widiyanti, Poppy, 2016, "*Pengaruh Variasi Kecepatan Potong dan Kedalaman Potong Pada Mesin Bubut Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja ST41*". Jurnal Teknik Mesin, 24(1).
- [11] Hendra, Hernadewita, 2006, "*Analisa Pengaruh Kondisi Pemotongan Benda Kerja (Panjang Penjuluran) Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Mesin Bubut Gallic 16N* ", Jurnal Teknik Mesin, 3(1): 55–56
- [12] Nur, Ichlas, 2011, "*Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Getaran Mesin Perkakas*", Jurnal Polirekayasa, 6(2).
- [13] Rendi A, 2018, "*Studi Eksperimen Kecepatan Putar Spindle dan Kedalaman Potong Terhadap Getaran Pahat dan Tingkat Kekasaran Pada Proses Pembuatan Poros Menggunakan Mesin Bubut*", Jurnal Teknik Mesin, 6(2): 61–68
- [14] Hudok, D., 1990, "*Properties and selection: irons, steels, and high-performance alloys*", Metals handbook, 1: 200–211.
- [15] Schonmetz, A., Sinnl, P., Heuberger, J., 2013, "*Pengerjaan Logam Dengan Mesin*", Bandung: CV. Angkasa.