**PENGARUH UMUR PAHAT TERHADAP LAJU PEMBUANGAN MATERIAL BAJA ST 70 PADA BUBUT CNC DENGAN PROGRAM ABSOLUT MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI**

**Chandra Pratama**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

 Email: chandrapratama16050754082@mhs.unesa.ac.id

**Nur Aini Susanti**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: nursusanti@unesa.ac.id

**Abstrak**

Sehubung dengan perkembangan kemajuan industri manufaktur, Pahat merupakan alat potong dari mesin bubut yang mempunyai peran penting dalam proses pemotongan material, dikarenakan pahat adalah objek utama yang berkontak dengan benda kerja yang akan dipotong. Dalam proses pembubutan perlu memperhatikan parameter setting untuk mendapatkan keausan pahat *Visual Basic* (VB) dan *Material Removal Rate* (MRR). Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran spindel dan tebal pemotongan terhadap keausan pahat *Chemical Vapour Deposition* (CVD) dan hasil geram (Chip) baja ST 70. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen, guna untuk mengetahui sebab akibat berdasarkan tiap parameter, menggunakan analysis taguchi dengan perangkat lunak MINITAB. Pada penelitian ini parameter yang diberikan yaitu tebal pemotongan 0,2 mm dan 0,6 mm dan putaran spindel adalah 1000 Rpm dan 2000 Rpm dengan pembubutan metode absolut. Hasil pengujian menunjukan nilai keausan pahat *Visual Basic* (VB) paling rendah dengan tebal pemotongan 0,2 mm dan putaran spindel 1000 Rpm yaitu 0,03 μm, sedangkan nilai *Visual Basic* (VB) paling tinggi dengan tebal pemotongan 0,2 mm dan putaran spindel 2000 Rpm yaitu 0,098 μm. Dan untuk *Material Removal Rate* (MRR) nilai paling rendah adalah 5,972 mm³/min dari tebal pemotongan 0,2 mm dan putaran spindel 1000 Rpm, sedangkan nilai paling tinggi adalah 34,343 mm³/min dari tebal pemotongan 0,6 mm dan putaran spindel 2000 Rpm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin rendah putaran spindel maka akan menghasilkan nilai *Visual Basic* (VB) yang kecil dan semakin kecil tebal pemotongan maka mengahsilkan nilai *Material Removal Rate* (MRR) yang kecil.

**Kata Kunci:** Umur Pahat, Baja ST 70 dan Metode Taguchi

**Abtract**

In connection with the development of the advancement of the manufacturing industry, the pahat is a cutting tool from a lathe that has an important role in the material cutting process, because the tool is the main object in contact with the cut workpiece. Dirctly in the turning process, it is necessary to pay attention to the setting parameters to obtain *Visual Basic* (VB) and *Material Removal Rate* (MRR) tool wear. In this study, it aims to determine the effect of spindle rotation and cutting thickness on *Chemical Vapour Deposition* (CVD) chisel wear and the furious results (Chip) of ST 70 steel. This research method uses an experimental research method, in order to determine the cause and effect based on each parameter, using taguchi analysis with MINITAB software. In this study, the parameters given were cutting thicknesses of 0.2 mm and 0.6 mm and spindle rotation was 1000 Rpm and 2000 Rpm with absolute method turning. The test results showed that the *Visual Basic* (VB) tool wear value was the lowest with a cutting thickness of 0.2 mm and a spindle rotation of 1000 Rpm, which was 0.03 μm, while the *Visual Basic* (VB) value was the highest with a cutting thickness of 0.2 mm and a spindle rotation of 2000 Rpm, which was 0.098 μm. And for the *Material Removal Rate* (MRR) the lowest value was 5.972 mm³ /min from the cutting thickness of 0.2 mm and the spindle rotation of 1000 Rpm, while the highest value is 34.343 mm³ / min from the cutting thickness of 0.6 mm and the spindle rotation of 2000 Rpm. So it can be concluded that the lower the spindle rotation, the smaller the *Visual Basic* value (VB) and the smaller the cutting thickness, the more The *Material Removal Rate* value is generated. (MRR) that's small.

**Keywords:** Tool Life, ST 70 Steel and Taguchi Method

**PENDAHULUAN**

Pahat merupakan alat potong dari mesin bubut yang mempunyai peran penting dalam proses pemotongan material, dikarenakan pahat adalah objek utama yang berkontak dengan benda kerja yang akan dipotong. Pahat jenis karbida merupakan ciri pahat dengan karaterisrik sifat kekerasan cukup tinggi. Jenis karbida pertama dikenalkan pada tahun 1923 dengan karateristik bahan pahat dibuat dengan cara menyinter *(sintering)* serbuk karbida *(nitride, oksida)* dengan bahan pengikat umumnya dari cobalt (Co). Selanjutnya dilakukan carburizing untuk setiap bahan dasar *(serbuk)* tungsten wolfram (W), titanium (Ti), tantalum (Ta) kemudian diolah menjadi karbida dengan digiling *(ball mill)* dan disaring. Bahan serbuk karbida tersebut selanjutnya dicampur dengan bahan pengikat cobalt (Co) dan dicetak tekan menggunakan bahan pelumas *(lilin).* Setelah itu presintering (1000oC) dengan pemanasan awal untuk menguapkan bahan pelumas kemudian sintering (1600oC). Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran spindel dan tebal pemotongan terhadap keausan pahat *Chemical Vapour Deposition* (CVD) dan hasil geram (Chip) baja ST 70.

Laju pembuangan material dikenal dengan *Material Removal Rate* (MRR) atau pemotongan material baja ST 70 merupakan proses untuk mengubah bentuk benda kerja menjadi suatu produk sesuai bentuk desain benda kerja. Sehingga akan menghasilkan bentuk atau jenis geram serpihan (Chip) dari volume bagian benda kerja yang terpotong. Pada pengukuran umur pahat dan pembuangan laju pembuangan material terdapat parameter pemotongan yang mempengaruhinya seperti diameter benda kerja 50 mm, panjang pembubutan 70 mm, kecepatan potong (Vc) 200 meter/menit, feeding 0,2 mm/putaran, dan ketebalan pemotongan 0,2 mm dan 0,6 mm. Dari parameter-parameter tersebut dapat diketahui keausan pahat dapat dengan *Nikon Measurescope* dengan kecermatan 1 μm dengan panjang yang dapat diukur maksimum 5 mm.

Mesin bubut *Computer Numericaly Controlled* (CNC) berperan untuk mengubah bentuk dan ukuran sesuai dengan spefikasi benda kerja yang dipakai dalam pembubutan dengan cara menyayat benda kerja material baja ST 70 menggunakan alat potong (pahat) *Chemical Vapour Deposition* (CVD) dengan parameter setting tertentu. Dalam prinsip pengoperasian kerja mesin bubut *Computer Numericaly Controlled* (CNC) itu sendiri adalah terjadinya bentuk gerak relatif antara mata pahat dengan benda kerja sehingga meghasilkan pembuangan material. Dalam penggunaan baja ST 70 merupakan baja karbon menengah dengan tingkat kandungan karbon antara 0,3 sampai dengan 0,7% (Bishop, 2000). Jenis baja ST 70 merupakan bentuk atau jenis logam ferro dengan unsur jenis karbon (C) 0,50 max, silikon (Si) 0,45 max, mangan (Mn) 0,3 – 1,70, fosfor (P) 0,35 max, dan sulfur (S) 0,035 max. Baja ST 70 jenis baja yang digunakan pada komponen mesin, contohnya pada penggunaan poros dengan tingkat persentase kandungan yang terdapat pada karbon dan besi sebesar 0,3% C sampai dengan 0,59% C.

Pada tahun 1940 metode taguchi pertama kali diperkenalkan oleh seorang pakar manajemen kualitas dari jepang yaitu Dr. Genichi Taguchi (Muharom dan Siswadi, 2015). Metode ini merupakan hasil penerapan dengan metode pendekatan *Design of Eksperiment* sebagai acuan elemen kunci untuk memperoleh hasil dan kualitas tinggi dengan biaya tergolong minimum (Nekere, 2012). Objek utama dalam metode taguchi yaitu membentuk jenis produk robust terhadap noise, hal ini dapat dikatakan sebagai jenis produk Robust Design. Dalam penggunaan metode taguchi diciptakan untuk membuat rencana rancangan eksperimen, dengan penentuan parameter proses yang meliputi tebal pemotongan, putaran spindel dan lama waktu pemakanan untuk menentukan pengaruh signifikan umur pahat dan pelepasan material. Pada prinsipnya metode taguchi digunakan untuk meminalisir kekurangan produk dengan memperbaiki kualitas produk maupun proses produksi. Menurut Bagchi (2013), tujuan dari metode taguchi adalah untuk membantu dan meningkatkan kemampuan proses serta mengurangi hal penyebab terjadinya variabilitas produksi.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang dikemukakan oleh Syahbuddin., (2018) telah melakukan pengujian menggunakan metode taguchi yaitu laju MRR memperoleh hasil yang paling cepat dalam proses pengerjaannya ditunjukkan dari parameter potong LA dengan 10 (A), untuk level 3, PON 100 (μs) level 3, dan GAP 4 (v) dengan level 1. Selanjutnya H. Makmur., (2010) telah melakukan pengujian bahwa dalam penentuan umur pahat jenis *high speed steels* (HSS) dilakukan dengan parameter pengujian yang bervariasi seperti pada kecepatan potong (Vc). Untuk parameter yang dipakai dalam penelitian ini adalah kecepatan yang pertama adalah Vc = 44 m/min dan lama umur pahat T = 5,71 menit, yang kedua adalah Vc = 32 m/min dan lama umur pahat (T) = 14,13 menit dan yang terakhir adalah Vc = 24 m/min lama umur pahat (T) = 29,31 menit.

**METODE**

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah jenis metode penelitian eksperimen dengan pendekatan menggunakan analisis taguchi. Penelitian ini bertujuan untuk menjabarkan sejauh mana pengaruh putaran spindel dan tebal pemotongan terhadap keausan pahat *Chemical Vapour Deposition* (CVD) dan hasil geram *(chip)* material baja ST 70. Jenis penelitian ini dilakukan dengan terjun langsung dilapangan karena sumber informasi yang digali bersumber dari objek yang akan diteliti.

**Tempat Dan Waktu Penelitian**

* **Tempat Penelitian**

Dalam penelitian ini dilakukan di dua tempat yang berbeda yaitu proses pembubutan dilaksanakan dilaboratorium CAM/CAD/CNC Universitas Surabaya, dan untuk pengukuran umur pahat dilaksanakan di labolatorium manufaktur Institut Teknologi Sepuluh November.

* **Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan didua tempat dengan waktu yang berbeda-beda sebagai berikut.

* Universitas Surabaya dilaksanakan pada hari Rabu 20 April 2022 sampai selesai.
* Institut Teknologi Sepuluh November dilaksanakan pada hari Rabu 27 April 2022.



**Variabel Penelitian**

Dalam penelitian ini terdapat tiga penentuan variabel yang berbea-beda yaitu sebagai berikut.

* Variabel bebas yang dipakai untuk penentuan penelitian ini adalah kecepatan potong dan tebal pemotongan.
* Variabel terikat yang dipakai untuk penentua penelitiaan ini adalah umur pahat dan laju pembuangan material.
* Variabel kontrol yang dipakai untuk penentuan penelitian ini adalah mesin bubut *Computer Numericaly Controlled* (CNC), proses penelitian menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan taguchi

**Rancangan Penelitian**





**Gambar 1.** Flowchart Penelitian

**Spefikasi Bahan Penelitian**

Spefikasi bahan yang dipakai untuk penentuan penelitian ini adalah sebagai berikut.



**Gambar 2.** Benda Kerja

Dimensi benda kerja :

Diamater : 20 mm

Panjang : 70 mm

Bahan : Baja ST 70

**Teknik Pengumpulan Data**

Instrumen penelitian ini dapat diartikan sebagai sumber titik acuan dalam mengidentifikasi data penelitian seperti mencatat dan mengambil gambar kemudian menganalisa serta mampu menyajikan bentuk data secara sistematis dan objektif demi memecahkan suatu persoalan guna menguji suatu hipotesis. Dengan demikian instrumen penelitian yang digunakn peneliti adalah proses pengerjaan material menggunakan mesin *Computer Numericaly Controlled* (CNC) dan proses pengukuran hasil pengerjaan dengan menggunakan *Nikon Measurescope*, dan dokumentasi bertujuan untuk memenuhi data yang dibutuhkan dalam mengamati umur pahat dan laju pembuanga material pada baja ST 70.

**Teknik Analisa Data**

Teknik analisis data dalam penentuan pengolahan data penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Analisa kuantitatif dilakukan untuk menjelaskan data berdsarkan hasil pengujian yang berupa nilai dan dijabarkan kedalam tabel selanjutnya digambarkan bentuk grafik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Penelitian**

* **Keausan Pahat**
* **Hasil Percobaan**

**Tabel 1.** Data Keausan Tepi

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tahap Percobaan** | **Tebal Pemotongan** | **Putaran Spindel** | **VB** |
| 1 | 0,2 mm | 1000 Rpm | 0,03 μm |
| 2 | 0,2 mm | 2000 Rpm | 0,098 μm |
| 3 | 0,6 mm | 1000 Rpm | 0,036 μm |
| 4 | 0,6 mm | 2000 Rpm | 0,080 μm |

Nilai keausan tepi *Visual Basic* (VB) sangat dipengaruhi oleh putaran spindel, sehingga terjadi adanya keragaman variasi nilai keausan seperti pada tabel 1.1 Data Keausan Tepi. Semakin rendah putaran spindel yang diatur dalam pembubutan maka kecil nilai keausan yang dicapai pahat, sebaliknya semakin tinggi putaran spindel yang gunakan dalam pembubutan maka nilai keausan yang dicapai besar dan parah.

* **Hasil *Visual Basic* (VB) Keausan Pahat**

Dibawah ini merupakan hasil gambar dari pahat yang telah diukur dengan *Nikon Measurescope*.



**Gambar 3.** Percobaan Pahat 1

Pada percobaan pembubutan dipahat pertama dengan karateristik parameter setting yang dipakai adalah feeding 0,2 mm/put, tebal pemotongan 0,2 mm dan putaran spindel 1000 Rpm maka didapatkan umur pahat *Visual Basic* (VB) 0,03 μm dengan masa waktu pembubutan selama 64 menit.



**Gambar 4.** Percobaan Pahat 2

Pada percobaan pembubutan dipahat kedua dengan karateristik parameter setting yang dipakai adalah feeding 0,2 mm/put, tebal pemotongan 0,2 mm dan putaran spindel 2000 Rpm maka didapatkan umur pahat *Visual Basic* (VB) 0,098 μm dengan masa waktu pembubutan selama 44 menit.



**Gambar 5.** Percobaan Pahat 3

Pada percobaan pembubutan dipahat ketiga dengan karateristik parameter setting yang dipakai adalah feeding 0,2 mm/put, tebal pemotongan 0,6 mm dan putaran spindel 1000 Ppm maka didapatkan umur pahat *Visual Basic* (VB) 0,036 μm dengan masa waktu pembubutan selama 23 menit.



**Gambar 6.** Percobaan Pahat 4

Pada percobaan pembubutan pahat ke empat dengan karateristik parameter setting yang dipakai adalah feeding 0,2 mm/put, tebal pemotongan 0,6 mm dan putaran spindel 2000 rpm maka didapatkan umur pahat *Visual Basic* (VB) 0,080 μm dengan masa waktu pembubutan selama 15 menit.

* **Data *Material Removal Rate* (MRR)**

**Tabel 2.** Data Laju Pembuangan Material

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tahap Perco****baan** | **Tebal Pemoto****ngan** | **Putaran Spindel** | **MRR** |
| **Rep 1** | **Rep 2** |
| 1 | 0,2 mm | 1000 Rpm | 5,972 mm3/min | 5,972 mm3/min |
| 2 | 0,2 mm | 2000 Rpm | 11,447 mm3/min | 11,447 mm3/min |
| 3 | 0,6 mm | 1000 Rpm | 19,625 mm3/min | 19,625 mm3/min |
| 4 | 0,6 mm | 2000 Rpm | 34,343 mm3/min | 34,343 mm3/min |

Nilai *Material Removal Rate* (MRR) sangat besar dipengaruhi oleh tebal pemotongan dibanding putaran spindel, hal ini dibuktikan dengan *Material Removal Rate* (MRR) yang kecil 5,772 mm3/min selanjutnya akan sangat berpengaruh terhadap geram atau chip yang dihasilkan. Geram atau chip juga sangat bergantung terhadap umur pahat, semakin kecil nilai keausannya semakin baik proses pemotongan material.

V = x r² x t

Dengan diketahui spesimen benda kerja memiliki diameter sepanjang 5 cm dengan panjang 7 cm, maka diperoleh hasil seperti berikut.

V = 3,14 x 2,5² x 7

 = 3,14 x 43, 75

 = 137,375 cm³

Sehingga dapat diketahui *Material Removal Rate* (MRR) dengan rumus sebagai berikut.

MRR = $\frac{volume (mm³)}{waktu (min)}$

* Pahat 1

Replikasi 1

$MRR=\frac{137,375 cm³}{23 menit} =5,972$ mm3/min

Replikasi 2

$MRR=\frac{137,375 cm³}{23 menit}=5,972$ mm3/min

* Pahat 2

Replikasi 1

$MRR=\frac{137,375 cm³}{12 menit}=11,447$ mm3/min

Replikasi 2

$MRR=\frac{137,375 cm³}{12 menit}=11,447$ mm3/min

* Pahat 3

Replikasi 1

$MRR=\frac{137,375 cm³}{7 menit}=19,625$ mm3/min

Replikasi 2

$MRR=\frac{137,375 cm³}{7 menit}=19,625$ mm3/min

* Pahat 4

Replikasi 1

$MRR=\frac{137,375 cm³}{4 menit}=34,343$ mm3/min

Replikasi 2

$MRR=\frac{137,375 cm³}{4 menit}=34,343$ mm3/min

* ***Analisys Of Variance* (ANOVA)**

**Tabel 3.** *Analysis of Variance* (ANOVA)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Source** | **DF** | **Seq SS** | **Contribution** | **Adj SS** | **Adj MS** | **F-Value** | **P-Value** |
| Tebal Pemotongan | 1 | 333,96 | 73,04% | 333,96 | 333,96 | 15,64 | 0,158 |
| Putaran Spindel | 1 | 101,94 | 22,29% | 101,94 | 101,94 | 4,77 | 0,273 |
| Error | 1 | 21,36 | 4,67% | 21,36 | 21,36 |  |  |
| Total | 3 | 457,25 | 100,00% |  |  |  |  |

Berdasarkan pada tabel 3. *Analysis of Variance* (ANOVA) diketahui bahwa terdapat faktor yang mempengaruhi dan memberi peran kontribusi tinggi untuk *Material Removal Rate* (MRR) adalah tebal pemotongan dengan nilai 73,04% dibandingkan dengan putaran spindle 22,29%.

Interpretasi data dapat dilakukan melalui *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui apakah faktor-faktor yang ada mempunyai mempunyai faktor yang signifikan terhadap respon.



**Gambar 7.** Probality Plot Of Residual

Selanjutnya uji pengujian normalitas untuk menjabarkan apakah data residual berdistribusi dengan normal atau sebaliknya. Sebagai hipotesis awal untuk uji asumsi normal sebagai berikut.

H0 : Data residual berdistribusi dengan normal.

H1 : Data residual tidak berdistribusi dengan normal.

Dengan seperti itu langkah mengetahui apakah data berdistribusi dengan normal atau tidak dengan normal lihat pada gambar 4.7 tampak P-value > 0,100 . Hal itu berarti bahwa P > α dengan asumsi awal data residual berdistribusi normal karena P > α maka data residual berdistrusi dengan normal.

* Karateristik Penolakan

Dalam hal ini tolak H0 jika P-value < α dimana α = 5% = 0,05%.

* Hasil

Rata-rata P-value untuk hasil uji normalitas terhadap replikasi 1 adalah 0,158 dan replikasi 2 adalah 0,158.

* Kesimpulan

Berdasarkan data diatas P-value 0,100 > 0,05 maka ditarik kesimpulan bahwa H0 diterima atau gagal ditolak sehingga data berdistribusi dengan normal.

**Pembahasan**

**Tabel 4.** Hasil Data Keausan Pahat Dan Laju Pembuangan Material

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tahap Percobaan** | **Tebal Pemotongan** | **Putaran Spindel** | **VB** | **MRR** |
| **Rep 1** | **Rep 2** |
| 1 | 0,2 mm | 1000 Rpm | 0,03 μm | 5,972 mm3/min | 5,972 mm3/min |
| 2 | 0,2 mm | 2000 Rpm | 0,098 μm | 11,447 mm3/min | 11,447 mm3/min |
| 3 | 0,6 mm | 1000 Rpm | 0,036 μm | 19,625 mm3/min | 19,625 mm3/min |
| 4 | 0,6 mm | 2000 Rpm | 0,080 μm | 34,343 mm3/min | 34,343 mm3/min |

Pada jenis geram (Chip) yang diperoleh dari hasil sayatan pahat *Chemical Vapour Deposition* (CVD) dengan material baja ST 70, terdapat hasil dan jenis geram (Chip) yang bervariasi dari jenis dan bentuk hingga ukuran dikarenakan kekuatan yang dipakai dalam pembubutan untuk menentukan *Material Removal Rate* (MRR) dan jenis geram (Chip) sudah mengalami keausan, sehingga semakin parah keausan mata pahat maka akan menghasilkan hasil sayatan geram (Chip) yang berbeda dari sebelumnya. Sehingga dapat dilampirkan dalam grafik sebagai berikut.

**Gambar 8.** Grafik *Visual Basic* (VB) Dan *Material Removal Rate* (MRR)

Dari grafik ini dapat dijelaskan bahwa histogram *Visual Basic* (VB) sangat berpengaruh terhadap putaran spindel yang dipakai selama proses pembubutan, semakin kecil putaran spindel yang dipakai maka semakin lama proses keausannya, dalam hal ini dapat dijabarkan pada gambar 4.1 sebelumnya, dengan masa waktu pembubutan untuk mendapatkan keausan pahat selama 64 menit. Dan berbanding terbalik dengan grafik *Material Removal Rate* (MRR) sangat dominan dipengaruhi oleh faktor tebal pemotongan yang dipakai pada saat pembubutan itu berlangsung, semakin kecil nilai keausan pahat yang dipakai maka variasi geram yang dihasilkan juga sedikit.

**PENUTUP**

**Simpulan**

Berdasarkan dari hasil perhitungan maka penjabaran hasil analisis dapat disimpulkan bahwa penelitian ini adalah.

* Semakin rendah putaran spindel yang digunakan untuk pembubutan maka menghasilkan nilai *Visual Basic* (VB) yang kecil. Hal ini dibuktikan dengan nilai *Visual Basic* (VB) paling rendah dengan tebal pemotongan 0,2 mm dan putaran spindel 1000 Rpm yaitu 0,03 μm.
* Berdasarkan hasil data eksperimen bahwa merfologi geram pada pembubutan baja ST 70 menggunakan pahat *Chemical Vapour Deposition* (CVD) bahwa semakin kecil tebal pemotongan yang dipakai dalam pembubutan dapat menghasilkan *Material Removal Rate* (MRR) yang rendah. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil *Material Removal Rate* (MRR) antara replikasi 1 dan replikasi 2 yaitu sama 5,972 mm3/min. Sehingga menghasilakan jenis geram replikasi 1 adalah long *(Washer Type Helical Chips)*, snarled *(Washer Type Helical Chips)*, Snarled *(Ribbon Chips),* dan long *(Ribbon Chips)*. Sedangkan untuk replikasi 2 adalah long *(Washer Type Helical Chips),* snarled *(Tubular Chips),* dan long *(Ribbon Chips).*

**Saran**

Dengan demikian penulis mendapatkan beragam saran setelah menyelesaikan rangkaian penelitian ini sebagai berikut.

* Metode analisis yang digunakan penelitian ini adalah metode taguchi, selanjutnya dapat dikembangkan dengan penerapan metode lainnya.
* Untuk jumlah percobaan spesimen penelitian selanjutnya dapat ditambahkan jumlah spesimen uji.
* Untuk setiap pahat yang digunakan dalam proses pembubutan spesimen uji dalam tiap pembubutan replikasi diukur juga keausan pahatnya.
* Untuk hasil pembubutan dapat diukur tingkat kekasaran atau kehalusan material selanjutnya.

**DAFTAR PUSTAKA**

Ali Ahmadi Soleh, 2018. *Teknik Pemesinan CNC GSK 928 TE*.

Hendrawan, Andre Budhi; Qurohman, M. Taufik. Desain Mesin CNC Router 3 Axis Berbantu Perangkat Lunak Autodesk Inventor. *Nozzle:* *Journal Mechanical Engineering,* 2021, 10.1: 1-5.

 Irvan, Muhammad Farid; Qolik, Abdul; Basuki, Basuki. Pengaruh Metode Penyayatan Laju Tinggi dan Sudut Buang Pahat Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Bubut Rata Menggunakan Pahat HSS Pada Bahan Bronze. *Jurnal Teknik Mesin dan Pembelajaran*, 2019, 1.2.

Sujimat, D. Agus. 2000. *Penulisan karya ilmiah.* Makalah disampaikan pada pelatihan penelitian bagi guru SLTP Negeri di Kabupaten Sidoarjo tanggal 19 Oktober 2000 (Tidak diterbitkan). MKKS SLTP Negeri Kabupaten Sidoarjo

Jufrizaldy, Muhammad; Ilyas, Ilyas; Marzuki, Marzuki. Rancang Bangun Mesin CNC Milling Menggunakan System Kontrol Grbl Untuk Pembuatan Layout Pcb. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 2020, 4.1: 37-44.

Juniantoro, Gilang Bagus ,et al. Analisis Toolpath Variasi Zig Zag Dan Spiral Mesin CNC Router Terhadap Benda Kerja Berbahan Acrylic. *2016. PhD Thesis. Uiversitas Muhamadiyah Surakarta.*

Makmur, H. Analisa Pengaruh Kecepatan Potong Proses Pembubutan Baja Amutit K 460 Terhadap Umur Pahat HSS. AUSTENIT, 2010, 2.01.Apreza, S., Kurniawan, Z., & Subhan, M. (2017).

Maulidia, Putri Riski; Adriantantri, Emmalia; Budiharti, Nelly. Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Taguchi Pada Umkm Rubber Seal Rm Products Genuine Parts Sukun, Malang. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 2020, 10.2: 82-91.

Mrihrenaningtyas, Randi P. Analisis Umur Pahat Dengan Variasi Sudut Geram, Kecepatan Dengan Dan Tanpa Pendingin. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Tearapan III 2015.* Institut Teknlogi Adhi Tama Surabaya.

Napitupulu, Richard Am. *Pengaruh Kondisi Pemotongan Terhadap Pembuangan Geram Pada Proses Pembubutan Baja Karbon Sedang*.

Rizaldin, Ahmad. Efektivitas Penggunaan Metode Program Simulasi Mesin CNC Frais Pada Pembelajaran Mata Kuliah NC/CNC Di Laboratorium Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. *2016. PhD Thesis. Universitas Negeri Makassar.*

Rizkiawan, Muhammad Afif; Romli, Romli; Satria, Eka. Pengaruh Media Pendingin Dan Suhu Pada Proses Pemanas Induksi Terhadap Nilai Kekerasan Baja Jis Sup 9 Sebagai Bahan Alternatif Pahat Bubut Hss*. Machinery: Jurnal Teknologi Terapan*, 2020, 1.1: 38-46.

Rochim, Taufiq. 1993. *Teori & Teknologi Proses Pemesinan dan Spesifikasi, Metrologi dan Kualitas Kontrol, Laboratorium Teknik Produksi Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Industri*, Institut Teknik Bandung.

Prasetiyo, Angger Bagus. Aplikasi Metode Taguchi Pada Optimasi Parameter Permesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Keausan Pahat HSS Pada Proses bubut Material ST 37. *Mekanika*, 2015, 13.2.

Purnomo, Dwi Joko; Jokosisworo, Sarjito; Budiarto, Untung. Analisa Pengaruh Holding Time Tempering Terhadap Kekerasan, Keuletan, Ketangguhan dan Struktur Mikro Pada Baja ST 70. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 2019, 7.1.

Prasetiyo, Angger Bagus. Aplikasi Metode Taguchi Pada Optimasi Parameter Permesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Keausan Pahat HSS Pada Proses bubut Material ST 37. *Mekanika*, 2015, 13.2.

Soejanto, Irwan, 2009, *“Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi”,* Graha Ilmu, Yogyakarta.

Soesanti, Arum. *Optimasi Parameter Pemesinan Untuk Kekasaran Permukaan, Gaya Potong Dan Umur Pahat Pada Proses Bubut Dengan Menggunakan Metode Taguchi Grey-Fuzzy Pada Material Skd 11*. 2016. PhD Thesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Subagio, Dalmasius Ganjar. Metode Pembuatan Program Cnc. (2008).

Sugiyono, 2017. *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung AFABETA. CV.

Syahbuddin, Imam S. Laju Pelepasan Material, Keausan Elektroda, Dan Overcut Baja Aisi 422 Pada Proses Edm Sinking. *Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila*, Jakarta, Indonesia.

Tim Penulis. 2004. *Buku Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi Unesa.* Surabaya: Unesa.

Usman, Mukhamad Khumaidi; Ariyanto, Nur Aidi. Analisis Proses Carburizing Baja St 41 Menggunakan Media Arang Batok Kelapa Terhadap Sifat Mekanis. *Nozzle: Journal Mechanical Engineering*, 2019, 8.2: 45-48.

Widarto, dkk.2008.Teknik Pemesinan Jilid 1. Jakarta: Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan.

Zubaidi, A., et al. Analisis pengaruh kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran.

Zubaidi, A., & Syafa'at, I. (2012). Analisis pengaruh kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan material FCD 40 pada mesin bubut CNC. *Jurnal Ilmiah MOMENTUM, 8(1).*