

# Pengaruh Gerak Makan dan Putaran Spindel terhadap Keausan Pahat HSS pada Proses Pemesinan Endmilling Komposit Berpenguat Serat Nenas

Firman Ridwan\*, Davis Noerhamzah, Yul Hizhar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

Limau Manis, Padang, 25151

Email: [firmanridwan11@gmail.com](mailto:firmanridwan11@gmail.com)

**Abstrak.** Pada zaman sekarang, komposit berpenguat serat alam menjadi penelitian yang penting bagi para peneliti karena mempunyai beberapa keunggulan yang lebih dibandingkan material logam. Salah satu serat alam yang digunakan adalah serat nenas, dimana harganya murah serta mudah didapatkan. Salah satu penggunaan komposit di dunia industri adalah pada pembuatan badan mobil dan pesawat terbang. Metoda yang biasa digunakan dalam pembuatan badan mobil atau pesawat dengan material komposit yaitu dengan menggunakan metoda *hands lay up*. Metoda ini tentu perlu dilakukan proses finishing supaya produk sesuai dengan rancangan. Proses finishing yang digunakan yaitu proses pemesinan freis yang bertujuan untuk mengurangi ketebalan produk. Salah satu komponen penting dalam proses freis yaitu pahat. Namun, pada proses pemesinan dimana memanfaatkan gerak relatif antara pahat dan benda kerja yang saling ber gesekan, akibatnya terjadi peningkatan temperatur dan mempengaruhi kekuatan pahat dan akan menyebabkan keausan pahat. Parameter yang berkaitan dengan keausan pahat yaitu kedalaman potong dan kecepatan putaran spindel, maka pada penelitian ini dicoba untuk melihat pengaruh variasi kedalaman potong dan kecepatan putaran spindel terhadap keausan pahat pada proses pemesinan freis komposit berpenguat serat nenas.

Material benda kerja yang digunakan yaitu komposit berpenguat serat nenas dan pahat HSS *endmill*. Pada penelitian ini dilakukan proses pemesinan freis dengan kedalaman 1 mm dan gerak makan yang digunakan yaitu 0,496 mm/put, 0,744 mm/put, dan 1,041 mm/put serta putaran spindel yaitu 140 rpm, 204 rpm, dan 283 rpm, kemudian dilihat pengaruh dari gerak makan dan kecepatan spindel terhadap keausan pahat HSS.

**Kata kunci:** komposit serat nenas, proses pemesinan freis, keausan pahat

---

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

Penggunaan material komposit sekarang ini sangat berkembang seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan tersebut yang semakin meluas. Komposit memiliki keunggulan dibandingkan dengan material lain seperti kekuatan spesifik yang tinggi, berat badan rendah, biaya rendah, sifat mekanik yang cukup baik, non-abrasif, ramah lingkungan dan karakteristik yang dapat terdegradasi secara biologis sehingga komposit banyak menggantikan bahan logam yang berat di industri transportasi<sup>[1]</sup>.

Serat komposit yang dipilih adalah Pineapple Fiber Reinforce Polymer (PALF). Pada dunia industri, proses manufaktur material komposit ini sangat berkembang, seperti proses hand lay-up yang biasa digunakan pada pembuatan badan mobil<sup>[2]</sup>. Namun, perlu tahap akhir penghalusan permukaan atau pengurangan ketebalannya. Maka, diperlukan proses pemesinan pada material

komposit agar mendapatkan bentuk yang diinginkan<sup>[3]</sup>. Salah satu proses pemesinan yang digunakan dalam dunia industri adalah proses freis.

Umumnya pahat yang digunakan pada proses pemesinan freis di industri adalah pahat karbida atau diamond namun, penggunaan pahat tersebut di industri kecil atau menengah masih sedikit karena harganya relatif mahal. Sebaliknya, pahat HSS sudah biasa digunakan baik di industri kecil maupun besar karena harga pahat HSS relatif murah. Disamping itu, pahat HSS juga dapat diasah sehingga bisa digunakan kembali. Akan tetapi pahat HSS memiliki sifat hot hardness yang rendah sehingga dinilai tidak cocok untuk material PALF<sup>[4]</sup>.

Pineapple Fiber Reinforce Polymer (PALF) memiliki perbedaan kekerasan akibatnya terjadi vibrasi pada ujung pahat yang dapat menimbulkan panas dan kekasaran permukaan yang tinggi sehingga mengakibatkan laju keausan yang

tinggi. Parameter proses freis yang berkaitan dengan keausan yaitu kedalaman potong dan kecepatan putaran spindel<sup>[3]</sup>. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan proses pemesinan freis komposit berpenguat serat nenas dengan kedalaman potong 1 mm kemudian melihat hubungan gerak makan serta putaran spindel terhadap keausan pahat HSS.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh gerak makan dan putaran spindel terhadap keausan pahat HSS menggunakan proses pemesinan freis.

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah memberikan informasi tentang parameter freis yaitu gerak makan dan putaran spindel terhadap respon keausan pahat HSS pada proses pemesinan endmill (freis) komposit berpenguat serat nenas (PALF).

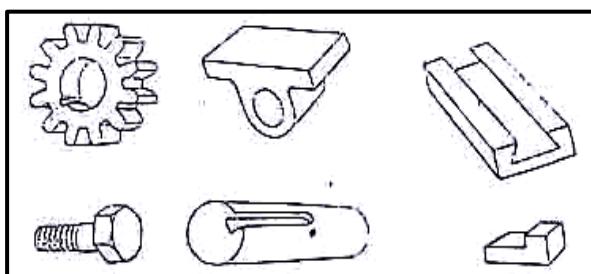
Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Pahat yang digunakan adalah HSS.
2. Kedalaman potong 1 mm.
3. Serat yang digunakan berupa serat nenas.
4. Matrik komposit yang digunakan dari jenis Unsaturated Polyester Resin.

## Tinjauan Pustaka

### Mesin Freis

Mesin freis merupakan mesin perkakas untuk mengurangi permukaan suatu benda kerja dengan menggunakan pahat sebagai alat pemotong. Pada mesin freis, pahat terpasang pada arbor dan diputar oleh spindel. Benda kerja terpasang pada meja dengan bantuan catok (vice) atau alat bantu lainnya. Meja bergerak vertikal (naik-turun), horizontal (maju-mundur dan kekiri-kekanan). Dengan gerakan ini dapat menghasilkan benda-benda seperti pembuatan bidang rata, alur, roda gigi, segi banyak beraturan, bidang bertingkat<sup>[5]</sup>. Bentuk-bentuk hasil freis dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Bentuk-bentuk hasil freis.

Proses freis dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pahat, arah

penyayatan, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja, seperti terlihat pada Gambar 2.

### 1. Freis periperal (*peripheral milling*)

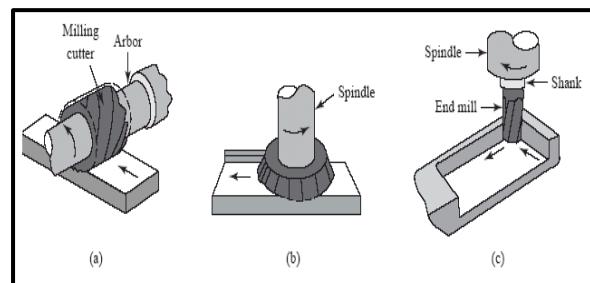
Proses freis ini disebut juga slab milling, permukaan yang difreis dihasilkan oleh gigi pahat yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya. Sumbu dari putaran pahat biasanya pada bidang yang sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat.

### 2. Freis muka (*face milling*)

Pada freis muka, pahat dipasang pada spindel yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Permukaan hasil proses freis dihasilkan dari hasil penyayatan oleh ujung dan selubung pahat.

### 3. Freis jari (*end milling*)

Pahat pada proses freis ujung biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja. Pahat dapat digerakkan menyudut untuk menghasilkan permukaan menyudut. Gigi potong pada pahat terletak pada selubung pahat dan ujung badan pahat naik turun), bahkan dalam arah menyudut untuk menghasilkan permukaan menyudut. Mata sayat pada pisau freis terletak pada selubung dan ujung dari pisau freis.



**Gambar 2.** klasifikasi proses freis : (a) freis periperal/ *slab milling*, (b) freis muka/ *face milling*, (c) freis jari /*end milling*.

## Ragam Keausan Pahat

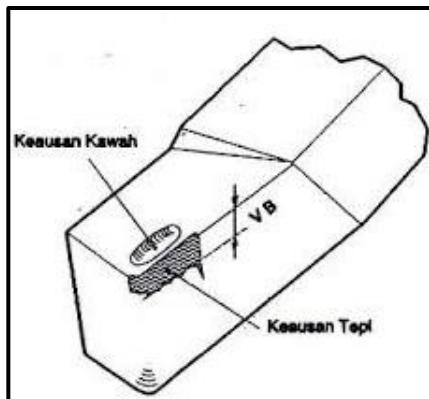
### 1. Keausan kawah (*crater wear*)

Keausan ini disebabkan karena suhu pemotongan yang tinggi pada bidang kontak antara serpihan dan pahat (*rake face*), dan pada tingkat tertentu terjadi pelarutan secara kimia antara pahat dan benda kerja yang menyebabkan pengikisan. Keausan ini akan meningkatkan kerja sudut sadak pahat (*face edge*) dan mengurangi gaya potong. Kedalaman kawah adalah parameter yang banyak digunakan untuk mengavaliasi keausan kawah<sup>[6]</sup>.

### 2. Keausan tepi (*flank wear*)

Keausan tepi adalah keausan yang terjadi pada sisi (*flank*) pahat potong disebabkan perubahan bentuk radius ujung pahat oleh gesekan antara permukaan pemesinan benda kerja dengan sisi pahat karena kekakuan benda kerja. Bidang

keausan didasarkan pada tebal bidang keausan (*flank wear land*), harus sejajar terhadap resultan arah potong. Tebal bidang keausan merupakan ukuran dari besarnya keausan sisi.



Gambar 3. keausan kawah dan keausan tepi.

### Pengamatan Keausan Pahat

#### 1. Pengamatan langsung

Metode pengamatan langsung merupakan pengamatan pengukuran secara optik/mikroskopik terhadap kondisi keausan pahat potong yang dilakukan secara periodik dalam bentuk pengikisan sisi serta kawah pahat dan temperatur pemotongan yang berkaitan dengan perubahan bentuk pahat. Cara ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop atau SEM. Prosedur dengan cara ini dilakukan pada kondisi pemotongan yang dihentikan pada interval waktu tertentu guna dilakukan pengamatan profil kerusakan pahat secara periodik<sup>[7]</sup>.

#### 2. Pengamatan tidak langsung

Pengamatan tidak langsung adalah pengukuran keausan pahat yang dipengaruhi oleh korelasi antara kondisi pahat dengan variabel gaya potong, daya, panas yang terjadi dan getaran dan bukan akibat abrasif dan temperatur pemotongan. Metode ini menggunakan teknik emisi akustik (acoustic emission technique).

### Pineapple Fibre Reinforce Polymer (PALF)

*Pineapple Fibre Reinforce Polymer* (PALF) adalah jenis komposit dengan penguat berupa serat nenas yang merupakan bagian dari kelompok FRP (*Fibre Reinforce Polymer*). Secara umum, FRP terbentuk dari dua bahan dasar, yaitu matrik polimer dan serat penguat. Matriks polimer memiliki sifat kekuatan, sifat kekakuan, sifat ketangguhan dan sifat ketahanan panas yang rendah. Bahan penguat (*reinforce*) digunakan dalam berbagai bentuk, seperti serat kontinyu, serat pendek, dan partikel. Serat adalah bahan yang berupa sumbu (kumpulan benang) yang sangat panjang, yang biasanya melingkar, dan memiliki

kekuatan yang secara signifikan lebih tinggi dan memiliki kekakuan dalam arah memanjang.

Serat nenas memiliki beberapa keunggulan yaitu harganya murah, tahan korosi, dan kemudahan dalam proses produksi material kompositnya. Di sisi lain, penggunaan serat nenas sangat jarang untuk aplikasi beban tinggi karena sifat kekakuan relatif rendah, daya tahan kelelahan rendah, dan degradasi yang relatif cepat pada tempat-tempat dengan paparan kelembaban<sup>[3]</sup>. Beberapa serat nenas ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Serat nenas.

### Metode Manufaktur Komposit

#### 1. Contact molding/ hand lay up

*Hand lay-up* adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Proses ini adalah dengan cara menuangkan resin kedalam serat berbentuk anyaman, rajutan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses ini dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai.

#### 2. Vacumm bag

Proses *vacuum bag* merupakan penyempurnaan dari *hands lay-up*, penggunaan dari proses vakum ini adalah untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan kelebihan resin. Proses ini menggunakan pompa vakum untuk menghisap udara yang ada dalam wadah atau tempat komposit dicetak. Dengan divakumkan udara dalam wadah maka udara yang ada diluar penutup plastik akan menekan kearah dalam. Hal ini menyebabkan udara yang terperangkap dalam spesimen komposit akan dapat diminimalkan.

#### 3. Pressure bag

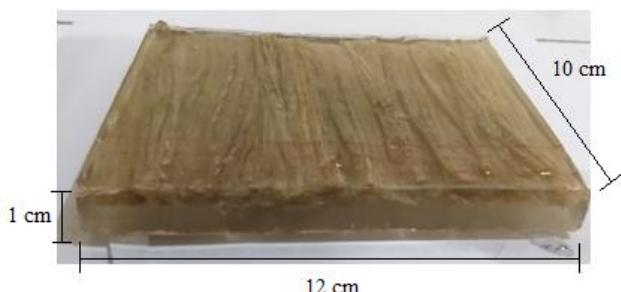
*Pressure bag* memiliki kesamaan dengan metode *vacuum bag*, tetapi cara ini tidak memakai pompa vakum namun menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukkan melalui suatu wadah elastis. Wadah elastis ini yang akan berkontak pada komposit yang akan dilakukan pemrosesan. Biasanya tekanan yang di berikan pada proses ini adalah sebesar 30 sampai 50 psi. Aplikasi dari

metoda Pressure bag ini adalah pembuatan tangki, wadah, turbin angin, vessel.

## Metodologi Penelitian

### Persiapan Benda Uji PALF

Bahan Uji adalah Pineapple Fibre Reinforced Polymer (PALF). Matrik yang dipakai adalah unsaturated polyester resin BQTN – 157, yukalac dan serat nenas sebagai pengikatnya. Pembuatan benda uji menggunakan metode hands lay up pada wadah berupa akrilik dengan ukuran 12 cm x 10 cm x 1 cm yang mana bagian tengah diisi dengan penguat serat nenas. Jika benda uji sesuai dimensi maka dilanjutkan proses pemesinan, jika tidak maka persiapan benda uji diulang kembali.



Gambar 5. Benda uji PALF

### Persiapan Pahat HSS

Pahat yang digunakan adalah pahat HSS endmill diameter 6 mm dengan jumlah mata potong empat.

### Peralatan Penelitian

#### 1. Mesin freis (*face milling*)



Gambar 6. Mesin freis (*face milling*).

#### 2. Mikroskop stereo olympus SZX10



Gambar 7. Mikroskop stereo olympus SZX10.

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 1. Persiapan Pahat

Pahat yang digunakan adalah enam buah pahat HSS dengan ukuran  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$  inch.

#### 2. Perencanaan Proses Freis dan Melakukan Proses Freis

- Kedalaman potong total = 1 mm, panjang pemotongan = 5 cm
- Gerak makan (f)
  - $f = 0,496 \text{ mm/put}$
  - $f = 0,744 \text{ mm/put}$
  - $f = 1,041 \text{ mm/put}$
- Putaran spindel (n)
  - $a = 140 \text{ rpm}$
  - $a = 204 \text{ rpm}$
  - $a = 283 \text{ rpm}$

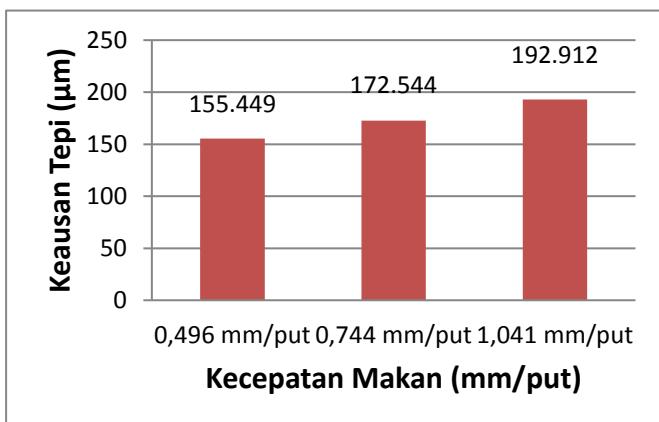
Berikut tabel perencanaan proses penelitian pengaruh variasi kedalaman potong dan variasi kecepatan putaran spindel terhadap keausan pahat HSS pada proses pemesinan End Mill komposit berpenguat serat nenas.

#### 3. Pengukuran Keausan Pahat

Sebelum dan setelah dilakukan pengefreisan pada pahat potong mesin freis dilakukan pengukuran keausan tepi menggunakan mikroskop stereo olympus SZX10. Pahat HSS yang digunakan memiliki empat mata potong utama, cara melihat keausannya yaitu mengambil 10 titik dari panjang keausan yang terjadi tiap mata potong kemudian mencari rata-rata keausannya.

## Hasil dan Pembahasan

### Pengaruh Gerak Makan Terhadap Keausan Pahat HSS.



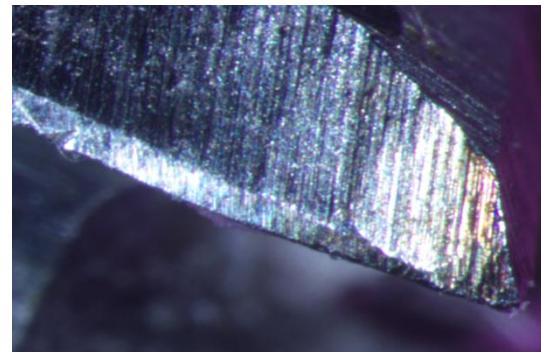
**Gambar 8.** Grafik kedalaman potong vs keausan tepi (Vb)

Kenaikan keausan rata-rata dari gerak makan yang digunakan yaitu  $18,72 \mu\text{m}$ . Kondisi data ini diperkuat dari hasil perhitungan dengan metode One-way ANOVA (Lampiran L Tabel L.2) dimana hasil dari uji One-way ANOVA ini didapatkan perbedaan spesifik dari keausan akibat pengaruh gerak makan yang memberikan hasil signifikan ( $p<0,05$ ).

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar gerak makan yang digunakan maka pahat HSS semakin aus karena perubahan energi mekanik menjadi energi panas. Energi panas terjadi akibat gesekan pahat dengan material komposit berpenguat serat nenas lebih tinggi serta kelelahan yang terjadi pada pahat untuk menahan gesekan dengan kekerasan komposit yang tidak merata tiap titiknya <sup>[8]</sup>.

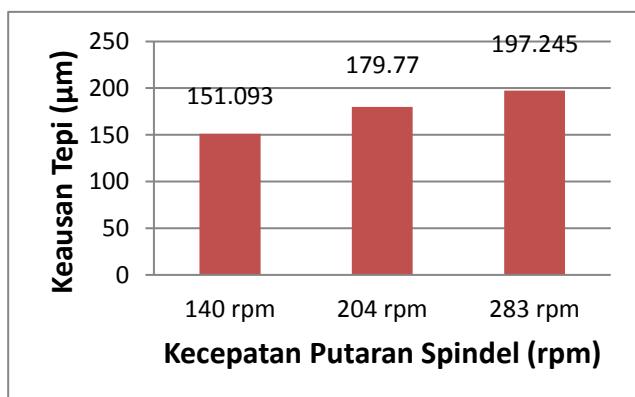
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa gerak makan adalah besarnya pergeseran pahat atau pisau potong terhadap putaran spindel, maka semakin besar gerak makan yang digunakan maka semakin cepat geram mengalir diatas permukaan mata potong atau pergerakan antar partikel geram pada pahat menjadi lebih cepat. Pergerakan antar partikel yang semakin cepat mengakibatkan ikatannya cenderung melemah, sehingga mudah terlepas karena adanya beban impak yang berasal dari benturan pahat dengan benda kerja komposit saat dilakukan pemotongan <sup>[9]</sup>.

Mekanisme terbentuknya mata potong baru yaitu dari proses adhesi dan deformasi sehingga dari gesekan pahat dan komposit yang bertekanan tinggi. Temperatur yang tinggi mengakibatkan kekerasan pahat menurun sehingga mata potong pahat menjadi terkikis dan mengurangi bidang mata potong utama pahat tersebut.



**Gambar 9.** Keausan pahat yang diambil menggunakan mikroskop stereo Olympus SZX10.

#### Pengaruh Putaran Spindel Terhadap Keausan Pahat HSS.

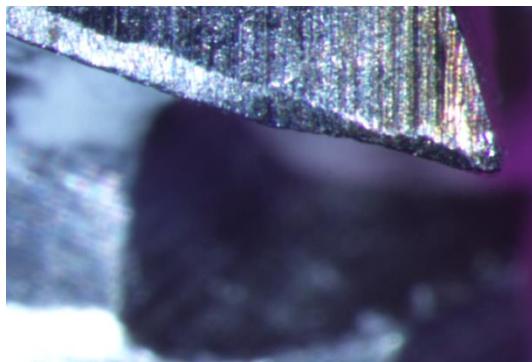


**Gambar 10.** Grafik kecepatan putaran spindel vs keausan tepi (Vb)

Peningkatan keausan akibat penambahan kecepatan putaran spindel terjadi karena mekanisme keausan yang terjadi yaitu abrasif dan kelelahan pahat. Panas yang terjadi akibat perubahan energi mekanik terhadap gesekan mengakibatkan pahat terdeformasi plastis. Material komposit berpenguat serat nenas memiliki daerah kekerasan yang berbeda tiap titiknya, akibatnya gesekan yang terjadi terus menerus semakin meningkat terhadap komposit berpenguat serat nenas yang mengakibatkan kelelahan pada pahat HSS yang akhirnya menyebabkan keausan pada pahat <sup>[10]</sup>.

Proses abrasif terjadi sangat cepat karena partikel-partikel geram yang dihasilkan sangat cepat. Geram tersebut bergerak secara terus menerus diatas permukaan mata potong utama dan bidang geram, akibatnya akan mengakibatkan keausan dari efek pemotongan pada mata potong utama <sup>[11]</sup>. Semakin besar putaran spindel maka semakin tinggi temperatur yang di akibatkan. Akibat dari temperatur tinggi yang terjadi karena

gesekan geram dengan mata potong mengakibatkan mata potong terdeformasi serta terjadi proses abrasif pada ujung mata potong.



**Gambar 11.** Keausan pahat yang diambil menggunakan mikroskop stereo Olympus SZX10.

### Kesimpulan

1. Pengaruh gerak makan terhadap keausan yaitu akibat dari beban impak yang diterima dan temperatur yang tinggi saat pemotongan sehingga terjadi mekanisme abrasif dan adhesi yang menyebabkan keausan serta terkikisnya bidang mata potong utama. Pada gerak makan 0,496 mm/put terjadi keausan sebesar 155,449  $\mu\text{m}$ , gerak makan 0,744 mm/put menyebakan keausan sebesar 172,54  $\mu\text{m}$ , dan gerak makan 1,041 mm/put menyebabkan keausan sebesar 192,91  $\mu\text{m}$ . 2. Pengaruh putaran spindel terhadap keausan yaitu terjadi akibat pergerakan partikel geram yang cepat dan mengalir terus menerus di atas permukaan mata potong utama dan bidang geram serta mengakibatkan temperatur menjadi tinggi. Akibat temperatur tinggi mengakibatkan kekerasan pahat menurun sehingga terjadi proses abrasif dan adhesi pada ujung mata potong. Pada putaran spindel 140 rpm terjadi keausan sebesar 151,093  $\mu\text{m}$ , putaran spindel 204 rpm terjadi keausan sebesar 17977  $\mu\text{m}$ , dan putaran spindel 283 rpm terjadi keausan sebesar 197,245  $\mu\text{m}$ .

### Referensi

- [1] M. Haddad, R. Zitoune, F. Eyma, and B. Castanie, "Composites : Part A Study of the surface defects and dust generated during trimming of CFRP : Influence of tool geometry , machining parameters and cutting speed range," *Compos. PART A*, vol. 66, pp. 142–154, 2014.
- [2] M. D. L. C. Mazzucco, R. A. Mezari, and S. L. Stares, "USE OF NATURAL FIBER REINFORCED POLYMER ( FRP ) AS ALTERNATIVE FOR CONSTRUCTION : A REVIEW," pp. 1–6, 2014.
- [3] J. . Sheikh-Ahmad, *Conventional Machining of FRPs*. New york, 2009.
- [4] J. I. Preet Singh, V. Dhawan, S. Singh, and K. Jangid, "Study of Effect of Surface Treatment on Mechanical Properties of Natural Fiber Reinforced Composites," *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 2, pp. 2793–2799, 2017.
- [5] D. Rahdiyanta, "Teori Pemesinan dasar Freis Milling," pp. 1–17, 2010.
- [6] Taufiq Rochim, "Teori & Teknologi Proses Pemesinan," *Inst. Teknol. Bandung*, p. 2007, 1993.
- [7] S. Kalpakjian, S. R Schmid, and V. Sekar, *Manufacturing Engineering and Technology*. 2013.
- [8] E. Y. El-Kady, "The Effect of Machining Parameters on the Cutting Forces, Tool Wear, and Machined Surface Roughness of Metal Matrix Nano Composite Material," *Adv. Mater.*, vol. 4, no. 3, p. 43, 2015.
- [9] V. P. Astakhov, "The assessment of cutting tool wear," *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 44, no. 6, pp. 637–647, 2004.
- [10] A. Mechanics, "Impact of Tool Inserts in High Speed Machining of GFRP Composite Material," no. August, 2015.
- [11] K. Weinert and W. König, "A Consideration of Tool Wear Mechanism when Machining Metal Matrix Composites (MMC)," *CIRP Ann.*, vol. 42, no. 1, pp. 95–98, Jan. 1993.