

**Endra Saputra**

Mahasiswa S2  
Program Magister Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Lampung  
endranidda83@gmail.com

**Gusri Akhyar Ibrahim**

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Lampung  
Jurusan Teknik Mesin  
gusri.akhyar@eng.unila.ac.id

**Suryadiwansa Harun**

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Lampung  
Jurusan Teknik Mesin  
Suryadiwansa.harun@eng.unila.ac.id

**Eko Agus Supriyadi**

Mahasiswa S1  
Program Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Lampung  
Bajang4@gmail.com

**Armulani Patihawa**

Mahasiswa S1  
Program Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Lampung  
Armulani.pati.hawa019@gmail.com

## MEKANISME PEMBENTUKAN BURR PADA PEMESINAN FRAIS MIKRO Ti 6Al- 4V ELI DALAM KEADAAN KERING

*One of the ingredients that are popular now is titanium, but titanium is a material that is difficult to process using conventional milling machining because of the poor thermal conductivity of the material so that the high-temperature machining process produced in the cutting zone causes plastic deformation in cutting tools and increased chemical reactivity in titanium. High-speed micro-milling machining can be used for micromachining of hard metals or alloys that are difficult to achieve at low speeds. Micro milling machining in titanium material 6Al-4V ELI with variations in milling knife diameter 1 and 2 mm, spindle speed 10.000 and 15.000 rpm, feed 0,001 and 0,005 mm / rev, depth of cut 100 and 150  $\mu$ m, which then do data processing using the method Taguchi full factorial and theoretical analysis. The results showed that the diameter of the tool and into the cut had the greatest effect on burr formation, the greater the diameter of the milling blade resulted in the formation of shorter and smaller burrs, the use of a 1 mm diameter milling blade and a 150  $\mu$ m depth cut gave rise to long burr formations and tight, while the use of a 2 mm diameter milling blade and a cutting depth of 100  $\mu$ m give rise to a short and slight burr formation.*

**Keywords:** Micro Milling Machining, Titanium 6Al-4V ELI, Burr

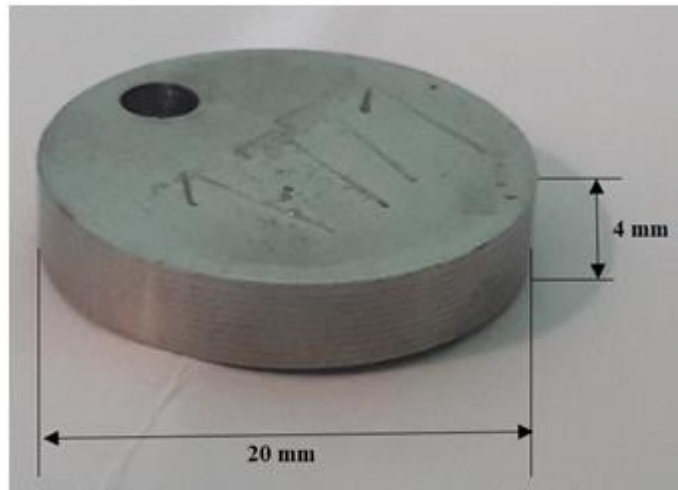
### 1. PENDAHULUAN

Titanium adalah bahan yang banyak digunakan dibidang industri, penerbangan, biomedis, elektronik dan benda benda mikrokopis lainnya. Titanium juga merupakan logam yang sangat akrab dengan kehidupan manusia, banyak orang tahu bahwa titanium dapat digunakan dalam perhiasan, elektronik, alat kedokteran dan produk lainnya yang membutuhkan kekuatan bahan [1,14]. Titanium juga merupakan logam yang sangat atraktif karena merupakan logam yang ringan tetapi mempunyai properti yang tangguh. Dalam bidang industri, titanium digunakan sebagai komponen untuk konstruksi pesawat, sistem pipa pada industri petrokimia, kilang minyak lepas pantai, dan alat olah raga. Dalam bidang kesehatan, titanium juga digunakan sebagai tulang buatan atau implan karena sifatnya yang bio kompatibel [2]. Akan tetapi, karakteristik titanium mudah bereaksi dengan material pahat potong sehingga cenderung membentuk *build-up-edge* dan melekat pada permukaan pahat potong [3,13]. Konduktifitas termal titanium yang rendah menyebabkan kerusakan permukaan pada bahan yang dipotong, sehingga merusak kualitas permukaan, adanya abrasi dan kerusakan mikrostruktur. Oleh karena itu titanium dikategorikan sebagai bahan yang sulit dimesin. Konduktifitas termal paduan titanium yang rendah akan meningkatkan suhu pada ujung pahat potong yang mengakibatkan kegagalan pahat secara cepat, penyerpihan pada bagian ujung pahat potong ini menghasilkan kondisi permukaan bahan yang dimesin menjadi rusak, yang ditandai dengan munculnya fenomena burr. Hal ini tidak hanya menyebabkan permukaan buruk, akan tetapi juga menyebabkan kerusakan mikrostruktur, hal ini juga berkontribusi terhadap kerusakan permukaan [3]. Fenomena pembentukan burr bukan masalah yang sederhana, burr merupakan material terdeformasi plastis yang tersisa dan lengket pada material hasil dari pemesian. Masalah mengenai pembentukan burr sudah lama diteliti sejak 1976 oleh Gillespie dan Blotter. Namun penelitian mengenai pembentukan burr dalam proses pemesian tetap terbatas dan tidak sebanyak penelitian atas topik lainnya dalam operasi proses pemesian. Salah satu contoh kegunaan material titanium yaitu cocok untuk aplikasi di bidang medis diantaranya: untuk implan, kerangka gigi dan gigi palsu. Karena rasio kekuatan yang tinggi, tahan korosi yang baik dan biokompatibilitas. Karena berpotensi sebagai *mikro parts* untuk alat kesehatan yang beroperasi pada tingkat sel. Tantangan dalam proses pembuatan *mikro parts*

untuk alat kesehatan pada pemesinan dengan material titanium terutama adalah sulitnya paduan titanium dimesin, akan tetapi dibutuhkan hasil produk dengan ketelitian tinggi dan hasil permukaan yang baik. Maka meningkatkan penelitian pada proses *mikro machining* dengan material titanium semakin diminati.

## 2. METODE DAN BAHAN

### 2.1 Bahan

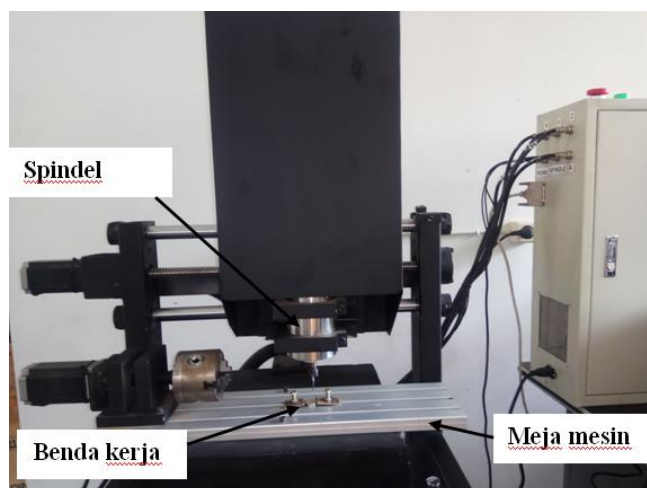


**Gambar 1:** Titanium 6Al-4V-ELI

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah paduan Titanium 6Al-4V- ELI (*Extra Low Interstitial*), dengan diameter 20 mm dan Tebal 4 mm dengan ketebalan titanium yaitu 4 mm. Dengan bahan yang telah tersedia diharapkan dapat menyelesaikan penelitian ini dengan hasil yang baik

### 2.2 Alat

Mesin Frais *Micro Milling* CNC merupakan mesin yang mampu melakukan banyak pekerjaan bila dibandingkan mesin perkakas yang lain. Sebagai hasilnya, mesin frais CNC mampu meratakan permukaan datar maupun berlekuk. Selain itu mesin ini juga berguna untuk menghaluskan atau meratakan benda kerja sesuai dengan dimensi yang dikehendaki [6,12,15]. Dalam penelitian ini mesin Frais *Micro Milling* CNC ini dilengkapi dengan tiga axis travel dan spindle speed 20.000 rpm.



**Gambar 2:** Mesin CNC *Micromilling*

Pada penelitian ini menggunakan pahat potong karbida [8], karena pahat potong karbida memiliki sifat yang tahan terhadap pengikisan (*abrasive*). Karbida merupakan material yang kaku di mana pahat potong karbida dapat dipakai untuk menyayat benda kerja yang terbuat dari material yang keras. Pahat potongkarbida bisa

dipakai pada kecepatan tinggi dengan keausan lebih sedikit sehingga dalam jangka panjang pahat potong dari material karbida lebih ekonomis. Pahat potong yang digunakan adalah pahat potong dengan jumlah flute 2 berdiameter 1 dan 2 mm, sudut mata potong 90°.



**Gambar 3 :** Pahat potong Carbida

### 2.3 Proses pengefraisan spesimen

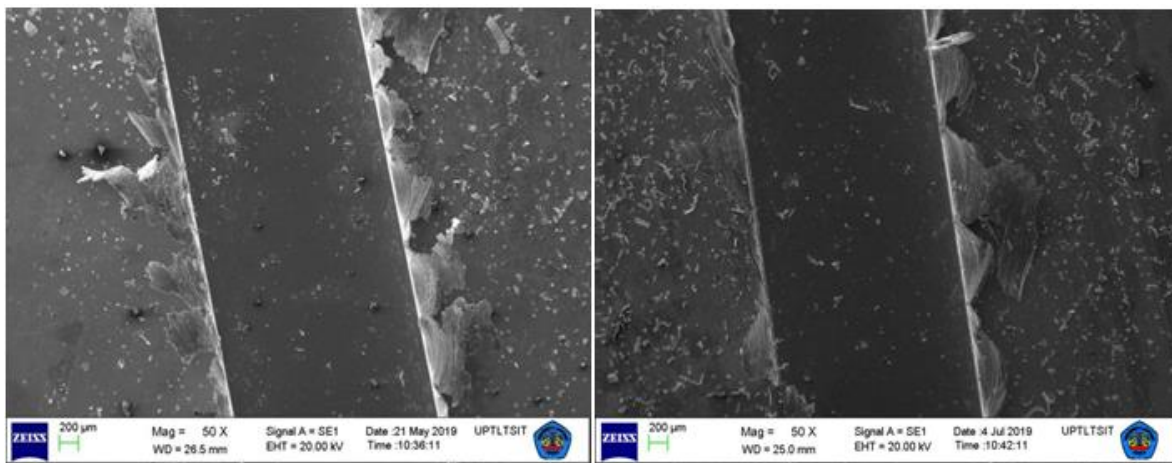
Dari kajian yang didapat, maka dipilihlah parameter pemesinan yang diharapkan dapat mendapatkan hasil yang terbaik [11], parameter parameter pengefraisan dapat dilihat ditabel 3.

**Tabel 1:** Parameter penelitian

NO	DIAMETER PAHAT POTONG (mm)	KECEPATAN PUTAR (n) (rpm)	GERAK MAKAN ( <i>FEEDING</i> )(f) (mm/rev)	KEDALAMAN POTONG (p) (μm)
1	1	10.000	0,001	100
2	2	15.000	0,005	150

Dengan menggunakan metode Taguchi full faktorial didapatkan proses pengambilan data sebanyak 16 sampel, pada setiap sampel menggunakan empat vaktor dengan masing masing dua level.

### 3. HASIL DAN DISKUSI

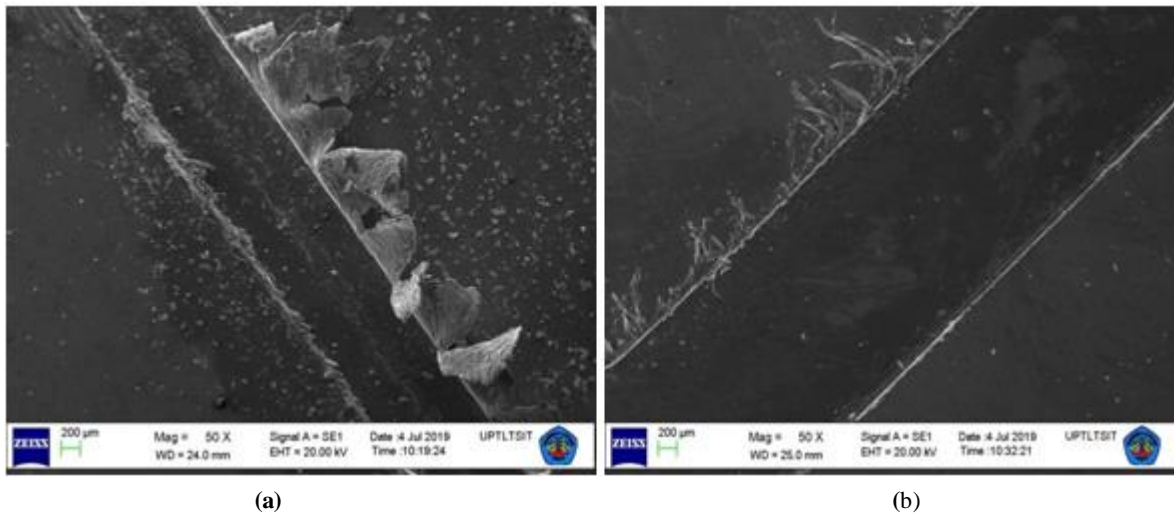


(a)

(b)

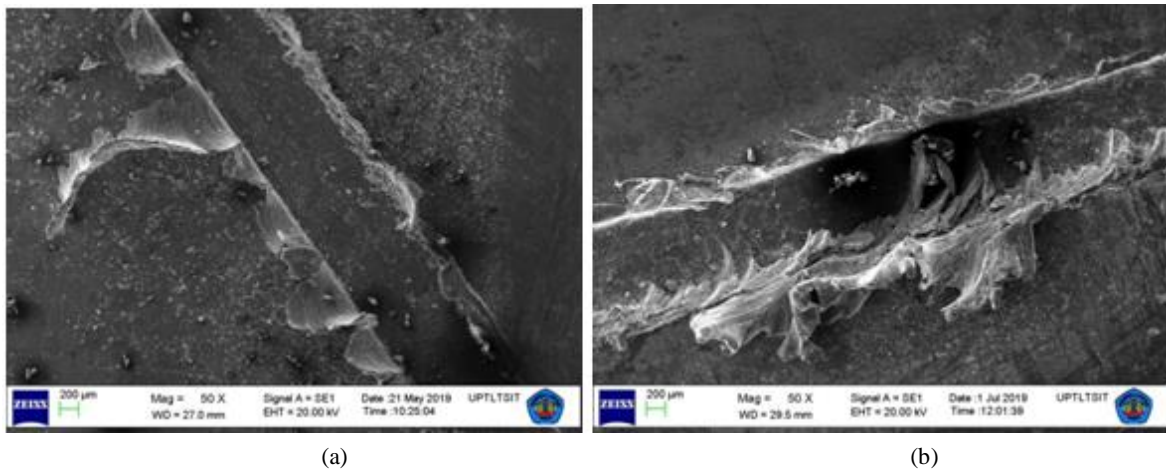
**Gambar 4 :** *Scanning electron microscopy* (SEM) pembentukan burr (a) kecepatan spindle 15.000 rpm, gerak makan 0,005 mm/rev, kedalaman potong 150 μm dan berdiameter 2 mm (b) kecepatan spindle 15.000 rpm, gerak makan 0,001 mm/rev, kedalaman potong 150 μm dan berdiameter 2 mm.

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa menggunakan gerak makan 0,001 dan 0,005 mm/rev menimbulkan bentuk burr yang berbeda, pada gerak makan 0,001 mm/rev menimbulkan potongan burr yang lebih sedikit, dan nampak trend pembentukan burr lebih pendek. Sedangkan bila menggunakan gerak makan 0,005 mm/rev menimbulkan potongan burr yang lebih banyak dan nampak trend pembentukan burr lebih panjang.



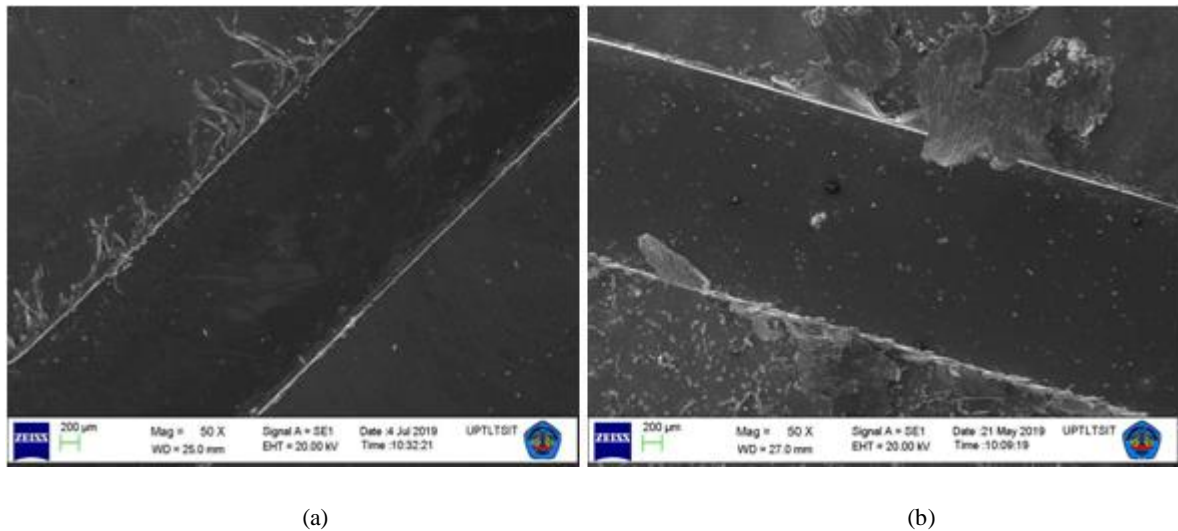
**Gambar 5:** *Scanning electron microscopy* (SEM) pembentukan burr (a) kecepatan spindel 10.000 rpm, gerak makan sebesar 0,001 mm/rev, kedalaman potong 100 µm diameter pahat potong 1 mm (b) kecepatan spindel 10.000 rpm, gerak makan sebesar 0,001 mm/rev, kedalaman potong 100 µm diameter pahat potong 2 mm

Pada Gambar 5 menggunakan diameter pahat 2 mm menimbulkan burr yang lebih sedikit dibandingkan dari pemesinan yang menggunakan pahat yang berdiameter 1 mm. Hal tersebut dikarenakan dengan menggunakan parameter yang sama, menggunakan diameter pahat 2 mm memiliki beban chip yang lebih pendek dibandingkan dengan menggunakan pahat berdiameter 1 mm, dengan begitu gaya pemotongan dan torsi yang dihasilkan para proses pemotongan akan lebih besar sehingga burr yang dihasilkan dari proses pemesinan menjadi lebih sedikit.



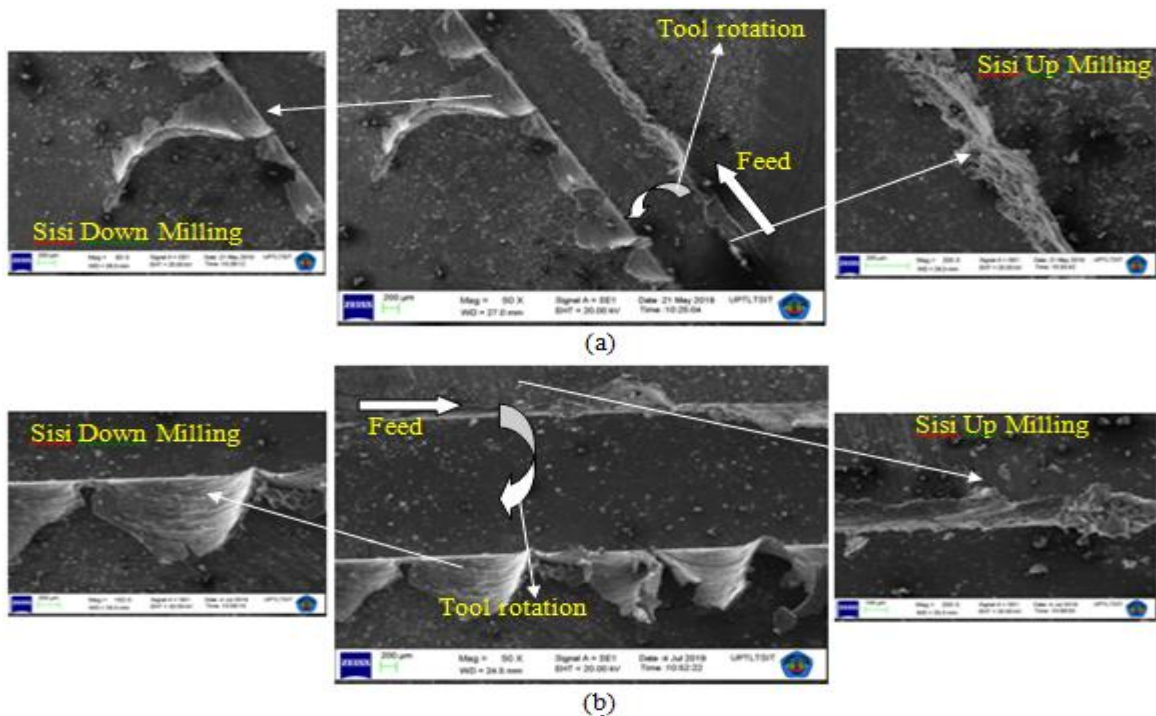
**Gambar 6:** *Scanning electron microscopy* (SEM) pembentukan burr (a) kecepatan spindel 15.000 rpm, gerak makan sebesar 0,005 mm/rev, kedalaman potong 150 µm diameter pahat potong 1 mm (b) kecepatan spindel 10.000 rpm, gerak makan sebesar 0,005 mm/rev, kedalaman potong 150 µm diameter pahat potong 1 mm

Pada Gambar 6 (a) menimbulkan bentuk burr yang panjang dan lebar akan tetapi menimbulkan potongan burr yang lebih sedikit. Berbeda pada (b) menimbulkan bentuk burr yang lebih pendek dan tipis namun menimbulkan potongan burr yang lebih banyak dan rapat. Pada putaran spindel 15.000 rpm menyebabkan mekanisme pelepasan material pada kecepatan pemotongan tinggi. Ti 6Al-4V ELI memiliki konduktivitas termal yang rendah dan akibatnya pita geser adiabatik dapat terbentuk pada kecepatan tinggi karena akumulasi panas. Pembentukan burr yang tipis dan rapat ini tampaknya berasal dari chip tersegmentasi yang terbentuk karena pita geser adiabatik [9].



**Gambar 7:** *Scanning electron microscopy* (SEM) pembentukan burr (a) kecepatan spindle 10.000 rpm, gerak makan sebesar 0,001 mm/rev, kedalaman potong 100 µm berdiameter pahat potong 2 mm (b) kecepatan spindle 10.000 rpm, gerak makan sebesar 0,001 mm/rev, kedalaman potong 150 µm berdiameter pahat potong 2 mm

Pada Gambar 7, dengan menggunakan kedalaman potong 100 µm menimbulkan burr yang baik atau sedikit dibandingkan dengan pemesinan yang menggunakan kedalaman potong 150 µm. Hal tersebut dikarenakan pada kedalaman potong 100 µm menghasilkan daya pemotongan kecil, maka torsi pada spindle akan meningkat. Akibatnya gaya pemotongan dan tegangan geser pada benda kerja juga lebih besar sehingga material lebih mudah terpotong [16].



**Gambar 8** *Scanning electron microscopy* (SEM) pembentukan burr (a) pada sisi laluan *up milling* dan *down milling* dengan menggunakan kecepatan spindle 10.000 rpm, gerak makan sebesar 0,005 mm/rev, kedalaman potong 150 µm diameter pahat potong 1 mm. (b) pada sisi laluan *up milling* dan *down milling* dengan menggunakan kecepatan spindle 10.000 rpm, gerak makan sebesar 0,005 mm/rev, kedalaman potong 150 µm diameter 2 mm.

Pembentukan burr pada sisi laluan *up milling* lebih sedikit dan lebih kecil dari pada burr pada sisi laluan *down milling*. Selain itu sangat jelas terlihat pembentukan burr pada sisi laluan *down milling* lebih panjang dibandingkan dengan sisi laluan *up milling*. Perbedaan pembentukan burr pada sisi laluan *down milling* dan *up milling* tersebut dikarenakan mekanisme penyayatan material berawal dari sisi *up milling* dan berakhir pada sisi *down milling* maka hasil sayatan akan terbawa dan tertumpuk di bagian sisi *down milling*. Karena

material titanium 6Al-4V ELI memiliki sifat yang ulet, maka mengakibatkan hasil sayatan yang tertumpuk dibagian sisi *down milling* tidak habis terpotong dan menimbulkan burr. Ercetin Eli [10] dalam penelitiannya juga menjelaskan bahwa setelah proses pemesinan *mikro milling* terlihat bahwa ada pembentukan burr yang banyak dan luas pada sisi penggilingan *down milling*, jumlah burr meningkat dari awal hingga akhir slot dari proses pemesinan tersebut.

#### 4. KESIMPULAN

Pembentukan burr minimum pada sampel dengan menggunakan parameter pemesinan kecepatan spindle 10.000 rpm, gerak makan 0,001 mm/rev, kedalaman potong 100  $\mu$ m dan berdiameter 2 mm dan Pembentukan burr optimum pada sampel dengan menggunakan parameter pemesinan kecepatan spindle 15.000 rpm, gerak makan 0,005 mm/rev, kedalaman potong 150  $\mu$ m dan berdiameter 1 mm. Menggunakan diameter pahat potong 2 mm mengakibatkan pembentukan burr yang lebih sedikit dan pendek dibandingkan dengan menggunakan pahat potong berdiameter 1 mm, burr pada sisi up milling cenderung lebih baik dibandingkan dengan burr pada sisi down milling.

#### 5. PERNYATAAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak atas dukungan serta saran dan masukan dalam pelaksanaan penelitian sampai penulisan karya tulis ini.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] RIFAI, M., “*Analisis keausan pahat pada pemesinan bubut pada pahat putar modular (modular rotary tools) untuk material titanium 6Al-4V ELI*”, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2018.
- [2] JOSEPHINE, M., WINDAJATI, D.J., DJOKO H., SANTJOJO, ABDURROUF., “*Pembentukan titanium nitrida (TiN) dengan proses nitriding pada titanium murni menggunakan plasma densitas tinggi*”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v.8, n.2, pp. 83-90, 2017.
- [3] IBRAHIM, G., A., “*Pengaruh pemesinan kering terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan paduan titanium*”, *Jurnal Mechanical*, v.5, n.2, pp. 6-11, 2014.
- [4] PRASETYO, E. D., “*Analisis perbandingan metode pengujian kekasaran permukaan pada material komponen dan komposit – review*”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v.6, n.2, pp. 171-175, 2015.
- [5] GANGULI, S., KAPOOR, S., G., “*Improving the performance of milling of titanium alloys using the atomization - based cutting fluid application system*”, Department of Mechanical Science and Engineering, University of Illinois, Urbana, IL, United States : *Journal of Manufacturing Processes* 29–36, 2016.
- [6] TAMBORLIN, M., O. MEWIS, JAN, RAMOS, KLAUS, SCHUTZER., “*Influence of cutting parameters in micro-milling of moulds for micro-components*. Croatian Association of Production Engineering, Zagreb, 2017.
- [7] ZHU, KUNPENG, XIAOLONG, Y., “*The monitoring of micro milling tool wear conditions by wear area estimation*”. *Mechanical Systems and Signal Processing* 80–91, 2017.
- [8] BAJPAI, V., REMESH, K.S., KUSHAWAHA, A.K., “*Burr formation and surface quality in high speed micromilling of titanium alloy (Ti6Al4V)*”, Indian Institute of Technology Bombay, India, 2017.
- [9] KUSHENDARSYAH, S., SATHYAN, SUBBIAH, “*Burr reduction of micro-milled microfluidic channels mould using a tapered tool*”, *Procedia Engineering* 184, pp. 137 – 144, 2017.
- [10] ALI, ERCETIN, KUBILAY, AALANTAS, “*The effect of different cutting parameters on cutting force, tool wear and burr formation in micro milling WCu composite material fabricated via powder metallurgy*”, *Tr. Doga ve Fen Derg. – Tr. J. Nature Sci*, v.5, n.2, pp. 1-5, 2016
- [11] EMBRIJAKTO, R., D., “*Kajian Pemesinan Bor Material Magnesium Menggunakan Metode Taguchi*”, Fakultas Teknik mesin. Universitas lampung. Bandar Lampung, 2018.
- [12] ANANG, A., “*Pengaruh kecepatan potong dan makan terhadap umur pahat pada pemesinan freis paduan magnesium*”, *Jurnal Mechanical*, v.6, n.1, pp. 28- 35, 2015.
- [13] TRIWIBOWO, S., MADYA, W., “*Keausan alat potong (Tool Wear)*”, PPPPTK BOE Malang , 2015.
- [14] ARDHY, SANNY, GUNAWARMAN, AFFI JON, “*Perilaku korosi titanium dalam larutan modifikasi saliva buatan untuk aplikasi ortodontik*”, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Andalas, Padang, 2015.
- [15] UHLAMANN, E., OBERSCHMID, KUCHE, LOWENSTEIN, WINKER., “*Effects of different cutting edge preparation methods on micro milling performance*”, Technische Universität Berlin, Pascalstrabe 8-9, 10587 Berlin, Germany, 2016.
- [16] HANDOKO dan SUKARTONO, G. “*Pengaruh Parameter Pemesinan Terhadap Burr Height Pada Operasi CNC End Milling*”, Program Diploma. Teknik Mesin. Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta, 2011.