

Pengaruh Parameter Pemotongan Pada Proses Bubut Ulir (*Threading*) Terhadap Kepresisian Geometri Ulir Magnesium Paduan AZ31

Gusri Akhyar Ibrahim^{1)*}, Alan Suseno¹⁾, Arinal Hamni¹⁾

¹⁾Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Kota Bandar Lampung, Lampung

Naskah diterima 06/02/2019; direvisi 01/04/2019; disetujui 22/04/2019

doi: <https://doi.org/10.24843/JEM.2019.v12.i01.p01>

Abstrak

Magnesium telah dikembangkan dalam bidang kedokteran yaitu sebagai material untuk implan dalam tubuh. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa faktor utamanya adalah sifat magnesium sangat mirip dengan sifat tulang manusia. Sekrup AZ31 menunjukkan kekuatan tarik keluar yang serupa dengan sekrup stainless steel saat ditarik dari bahan tulang sintetis, dan tingkat degradasi jenis sekrup Mg-alloy di ruang tulang sumsum dan otot lebih cepat daripada di ruang tulang kortikal. Hal ini menunjukkan bahwa pembuatan ulir pada magnesium AZ31 sangat mendukung untuk diaplikasikan pada bidang material biomedic. Kepresisian geometri ulir akan memberikan pengaruh terhadap kualitas ulir, terutama pada saat ulir bekerja bila sudah digunakan sebagai penyambung tulang. Untuk mengatasi masalah tersebut, dapat dilakukan variasi pada parameter proses pemrosesan magnesium, yaitu parameter pemotongan pada saat pembubutan ulir untuk mendapatkan hasil yang paling baik akurasi. Hasil penelitian menunjukkan nilai kesalahan tinggi ulir minimum yaitu 0,018188 mm didapatkan pada parameter kecepatan spindle 424 rpm dan kedalaman potong 0,433015. Nilai kesalahan jarak puncak ulir (pitch) minimum yaitu 0,0205 mm didapatkan pada parameter kecepatan spindle 212 rpm dan kedalaman potong 0,649523 mm. Nilai kesalahan sudut minimum yaitu 0,603° didapatkan pada parameter kecepatan spindle 212 rpm dan kedalaman potong 0,324761 mm.

Kata kunci : threading, akurasi, geometri, magnesium, AZ31

Abstract

Magnesium has been developed in the field of medic as a material for implants. The results of previous studies show that the main factor is the characteristic of magnesium very similar to the characteristic of human bones. AZ31 screws show outward tensile strength similar to stainless steel screws when pulled from synthetic bone material, and the degradation rate of Mg-alloy screw types in the marrow and muscle bone space is faster than in cortical bone space. This shows that the screw making on magnesium AZ31 is very possible to be applied in the biomedical material field. The precision of the screw geometry will have an effect on the quality of the thread, especially when the screw works when it has been used as a bone joint. To overcome this problem, variations in the machining process parameters are carried out, the cutting parameters at the time of screw turning to get the best accuracy results. The results showed that the minimum screw depth error value is 0.018188 mm, obtained at the spindle speed parameter of 424 rpm and depth of cut 0.433015 mm. The minimum pitch error value is 0.0205 mm obtained on the parameters of the spindle speed of 212 rpm and depth of cut 0.649523 mm. The minimum angle error value is 0.603° obtained in the parameters of the spindle speed 212 rpm and the depth of cut 0.324761 mm.

Keywords: threading, accuracy, geometry, magnesium, AZ31

1. Pendahuluan

Magnesium merupakan material dengan unsur kedelapan terbanyak yang ada di permukaan bumi, yaitu sekitar 2% dari berat kerak bumi. Selain itu juga magnesium adalah unsur paling banyak ketiga yang terlarut dalam air laut [8]. Dapat dipastikan bahwa magnesium adalah sumber daya alam yang melimpah di bumi ini dan harus dimanfaatkan dengan optimal untuk kemajuan teknologi. Karena sifatnya dan kesetersediannya relatif banyak maka pengembangan penggunaan material magnesium dilakukan secara berkeruan.

Magnesium sendiri hanya memiliki kepadatan setara dengan dua pertiga kali dari aluminium. Karena kepadatannya yang lebih rendah dari aluminium, maka magnesium banyak diaplikasikan pada komponen maupun konstruksi yang membutuhkan material yang ringan. Magnesium juga telah

dikembangkan secara besar-besaran dalam bidang kedokteran yaitu sebagai material untuk implan, material yang menggantikan tulang dan dimasukkan ke dalam tubuh manusia. Faktor utama yang mendorong magnesium dikembangkan pada bidang ini adalah karena sifat magnesium sangat mirip dengan sifat tulang manusia. Selain sifatnya yang hampir sama, magnesium juga memiliki *biocompatible* yang baik serta luluh di dalam tubuh [5]. Tingkat degradasi kedua jenis sekrup Mg-alloy di ruang tulang sumsum dan otot lebih cepat daripada di ruang tulang kortikal [2].

Dalam bidang *biomedic*, ulir sudah menjadi sebuah komponen yang sangat penting sebagai implan tulang. Hal ini menunjukkan bahwa pembuatan ulir pada magnesium AZ31 sangat mendukung untuk diaplikasikan pada bidang material *biomedic*. Bagaimanapun juga sudah ada beberapa penelitian mengenai sekrup dan ulir menggunakan material

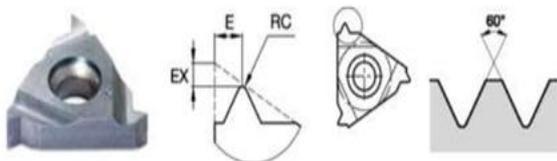
*Korespondensi:

E-mail: gusri.akhya@eng.unila.ac.id

magnesium paduan AZ31, tetapi belum ada yang membahas tentang pengaruh parameter pemotongan terhadap kepresisian geometri ulirnya. Kepresisian geometri ulir akan memberikan pengaruh terhadap kualitas ulir, terutama pada saat ulir bekerja bila sudah digunakan sebagai penyambung tulang. Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan ulir metrik M22x1,5 dengan menggunakan material magnesium paduan AZ31 dengan parameter yang digunakan adalah kecepatan spindel sebesar 212, 318 dan 424 rpm. Kondisi ini dipertimbangkan karena mengacu pada penelitian Viswanathan [9], lalu mengacu pada standar isometrik, tinggi ulir untuk M22x1,5 adalah 1,299045 mm. Dengan demikian maka kedalaman potong yang divariasikan adalah sebesar 0,324761 mm., 0,433015 dan 0,649523 mm

2. Metode Penelitian

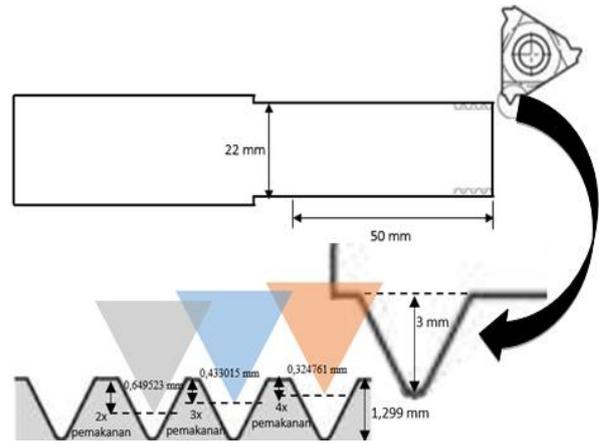
Benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah magnesium paduan AZ31 dengan komposisi kimia yang utamanya yaitu Al=3% Zn=1% dan sisanya Mg. Pemesinan bubut ulir (*threading*) dilakukan menggunakan mesin CNC tipe Focus NX-L300. Pahat potong yang digunakan yaitu jenis pahat potong dengan tipe insert ulir 16ER AG60 yang berbahan *High Speed Steel* (HSS). Pemilihan bahan pahat HSS, disebabkan karena benda kerja yang dipotong adalah paduan magnesium, dimana bahan ini memiliki sifat tidak keras dan suhu pemotongan rendah. Dengan demikian, penggunaan jenis pahat HSS sesuai bila digunakan untuk pemotongan bahan magnesium paduan.



No. Katalog	RC	EX	E	Ukuran insert	Ukuran pitch
16ER AG60	0,08	1,2	1,7	3	0,50 – 3,0

Gambar 1. Dimensi mata pahat ulir [2]

Benda kerja dibentuk menjadi silinder dengan diameter sebesar 22 mm setelah itu dilakukan pemesinan *threading* atau ulir dengan standar metrik M22x1,5. Variasi kecepatan spindel yang digunakan sebesar 212, 318 dan 424 rpm dan kedalaman potong sebesar 0,324761 mm, 0,433015 mm dan 0,649523 mm. Pemilihan parameter didasarkan pada pertimbangan dari penelitian sebelumnya, jenis bahan yang dipotong, jenis pahat yang digunakan dan jenis pemotongan tanpa menggunakan pelumas atau pendingin [4].



Gambar 2. Dimensi pahat dan kedalaman potong yang digunakan

Pengukuran dimensi ulir menggunakan profil projector Multytuyo dengan pembesaran 20x. Pengukuran dilakukan secara manual dengan meletakkan benda kerja dihadapan projektor, sehingga akan terlihat bayangan tinggi puncak, sudut dan nilai bacaan dimensinya. Data yang diambil sewaktu pengujian adalah diameter mayor, diamemeter minor, kumulatif jarak, dan kesalahan sudut ulir. Secara detail, data hasil pengukuran ditabel dengan struktur sebagaimana yang ditunjukkan pada pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pengukuran ulir

Pembesaran :		Kecermatan profil projector :		Jarak pits teoritik :		
Pengukuran ke	Diameter mayor	Diameter minor	Kumulatif jarak pits	Kumulatif hasil pengukuran pits (mm)	Kesalahan sudut ulir	Kesalahan pitch (mm)
1						
2						
dst						
Kesalahan rata-rata						

Metode pengolahan data menggunakan metode *full factorial* dimana setiap kombinasi dari dari variasi parameter pemotongan akan diamati sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2. Setelah semua nilai kesalahan dimensi ulir ditentukan, setiap benda kerja dilihat kerusakan permukaannya menggunakan mikroskop USB dan dianalisa jenis kerusakan apa saja yang ditemukan pada profil permukaan ulir. Hal ini lakukan untuk memprediksi jenis kerusakan yang terjadi dan dikaitkan dengan tingkat parameter yang digunakan.

3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengujian yang didapatkan dari proses pemesinan ulir atau *threading* dengan berbagai variasi parameter pemotongan, dihasilkan data yang beragam seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Kecepatan spindel ditentukan, kemudian nilai pengukuran kedalaman potong, kesalahan ulir, kesalahan puncak dan

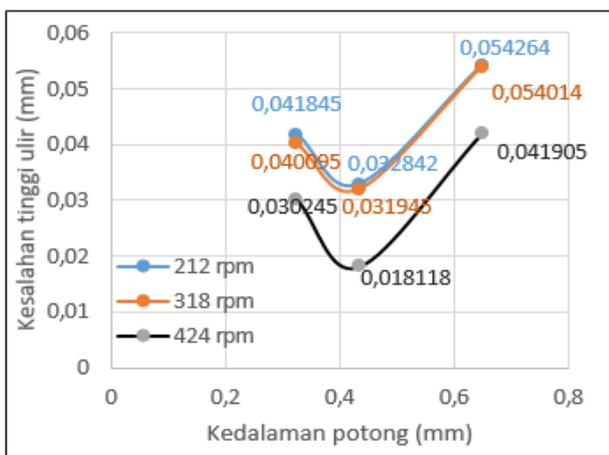
kesalahan sudut analisa menggunakan kecenderangan pada grafik. Sehingga dapat diamati pengaruh kedalaman potong terhadap tingkat kesalahan tinggi ulir, kesalahan sudut ulir dan kesalahan puncak ulir.

Tabel 2 Data hasil pengukuran dimensi ulir pada pengaruh kedalaman potong.

No	Putaran spindel (rpm)	Kedalaman potong (mm)	Kesalahan Tinggi Ulir (mm)	Kesalahan Pich (mm)	Kesalahan Sudut (°)
1	212	0,324761	0,041845	0,0337	0,603
2		0,433015	0,032842	0,0299	1,566
3		0,649523	0,054264	0,0205	1,66
4	318	0,324761	0,040095	0,0446	0,793
5		0,433015	0,031945	0,04	1,718
6		0,649523	0,054014	0,0281	1,832
7	424	0,324761	0,030245	0,0512	0,93
8		0,433015	0,018118	0,0447	1,796
9		0,649523	0,041905	0,0312	1,886

3.1. Pengaruh kedalaman potong terhadap kesalahan tinggi ulir

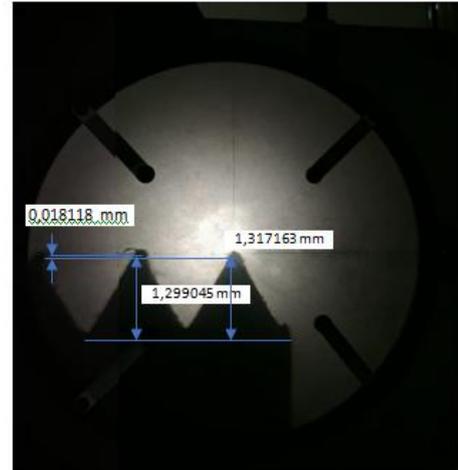
Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa parameter kedalaman potong mempengaruhi terhadap tingkat salah kesalahan pada pembuatan ulir. Tingkat kesalahan tinggi ulir dapat diamati pada tabel, akan tetapi untuk lebih detail dan mudah memberikan penjelasan maka data tabel diterjemahkan ke dalam grafik, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pengaruh kedalaman potong terhadap kesalahan tinggi puncak ulir

Grafik pada Gambar 3 di atas membuktikan bahwa kedalaman potong mempengaruhi kesalahan pada tinggi puncak ulir. Pada masing-masing kecepatan spindel titik terendah terdapat pada kedalaman potong 0,433015 mm. Sedangkan nilai kesalahan tinggi puncak ulir terkecil yaitu 0,018118 mm atau 1,39% terdapat pada kecepatan spindel (n) 424 rpm dengan kedalaman potong sebesar (a) 0,433015 mm. Dan nilai kesalahan tinggi puncak ulir terbesar yaitu 0,054264 mm atau 4,17% terdapat pada n = 212 rpm dan a = 0,649523 mm. Dimana toleransi tinggi untuk standar metrik dengan jarak *pitch* 1,5

adalah 0,1 mm untuk penyimpangan sedang dan 0,05 mm untuk penyimpangan halus

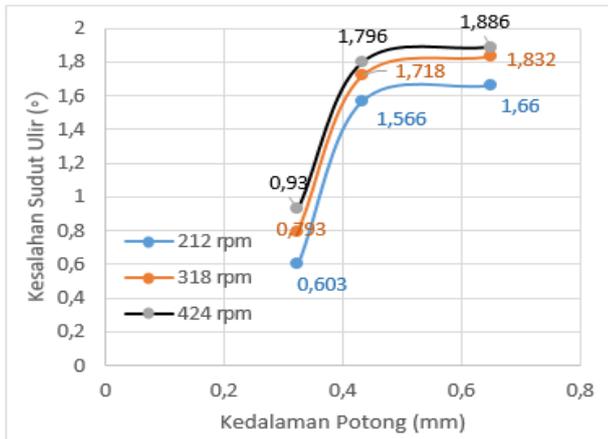


Gambar 4. Penyimpangan geometri tinggi puncak ulir pada kecepatan spindel 424 Rpm dengan kedalaman potong sebesar 0,433015 mm

Kasus seperti ini juga pernah ditemui oleh Agung pada tahun 2016 pada penelitiannya yang meneliti kepresisian geometri ulir pada baja karbon rendah. Menurutnya hal ini terjadi karena pengaruh gaya pemotongan yang searah kecepatan potong (f_v) dan gaya pemotongan searah kecepatan pemakanan (f_f) [1]. Namun pada penelitian tersebut tidak dijabarkan tentang kolerasi antara kedalaman potong terhadap gaya potongnya, sehingga belum ada kesimpulan yang didukung oleh penjelasan data hasil penelitian. Pada penelitian ini kedalaman potong yang baik digunakan adalah kedalaman potong sebesar 0,433015 mm. Akan tetapi keadaan ini berlaku pada rentang kedalaman potong yang terbatas. Dengan pemilihan kedalaman potong yang besar, kestabilan mata potong pahat lebih tinggi sehingga permukaan hasil pemotongan lebih seragam. Dengan demikian, tingkat kesalahan permukaan yang diukur lebih kecil.

3.2. Pengaruh kedalaman potong terhadap kesalahan sudut ulir

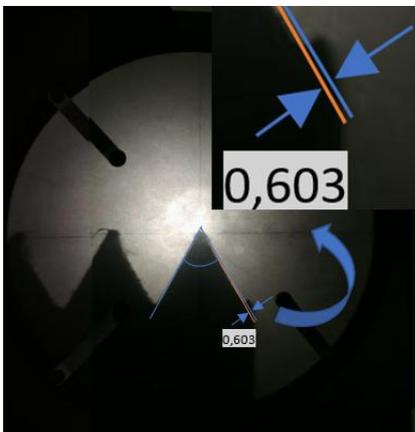
Kesalahan sudut ulir secara logis dapat dipengaruhi oleh kedalaman potong dan gerak makan saat proses pemesinan. Hal ini disebabkan karena kedalaman potong berhubungan langsung dengan gaya pemotongan, sehingga energi pemotongan yang diperlukan juga bergantung pada daya pemotongan. Hasil pengujian pengaruh kedalaman potong terhadap kesalahan sudut ulir dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik pengaruh kedalaman potong terhadap kesalahan sudut ulir

Dapat dilihat pada Gambar 5 bahwa nilai kesalahan sudut ulir terkecil yaitu $0,603^\circ$ didapatkan pada keadaan nilai $a = 0,324761$ mm dan $n = 212$ rpm. Sedangkan nilai kesalahan sudut ulir terbesar yaitu $1,886^\circ$ didapatkan pada $a = 0,649523$ mm dan $n = 424$ rpm.

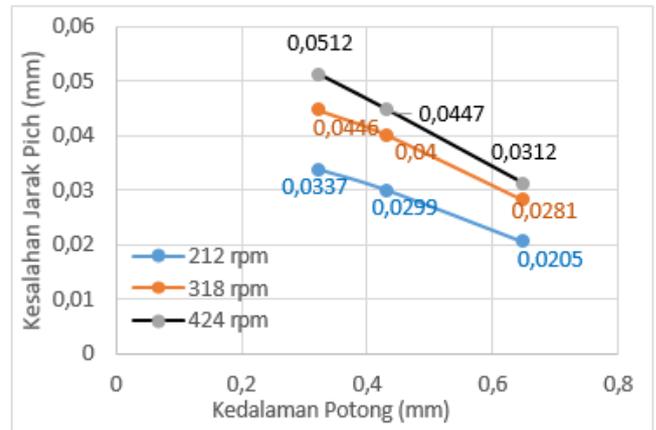
Jika dilihat kembali bahwa dari nilai $0,324761$ mm ke $0,433015$ mm tingkat penyimpangan sudut terlihat meningkat cukup tinggi yaitu dari $1,005\%$ ke $2,61\%$. Setelah kedalaman ditingkatkan dari $0,433015$ mm ke $0,649523$ mm maka tingkat penyimpangan sudut ulir juga meningkat, akan tetapi tidak terlalu tinggi yaitu hanya sebesar dari $2,61\%$ ke $2,7\%$. Hal ini disebabkan karena kesalahan sudut ulir yang sudah mendekati nilai maksimal. Dengan demikian, tingkat kesalahan ulir yang dihasilkan tidak bisa lagi meningkat. Penyebabnya adalah dimensi dari ulir yang dibuat yaitu memiliki tinggi $1,299045$ mm, dengan kedalaman potong $0,433015$ mm dan $0,649523$ mm dimana jumlah pengulangan pemotongannya adalah 3 kali dan 2 kali. Maka kontak mata pahat yang bersentuhan dengan permukaan benda kerja akan semakin luas sehingga kesalahan sudut ulir dapat mendekati keadaan maksimalnya. Penyimpangan sudut ulir dapat dilihat pada Gambar 6 dimana kesalahan sudutnya sebesar $0,603^\circ$



Gambar 6. Penyimpangan geometri sudut ulir pada kedalaman potong $0,324761$ mm dan kecepatan spindle 212 rpm

3.3. Pengaruh kedalaman potong terhadap kesalahan jarak puncak ulir (*pitch*)

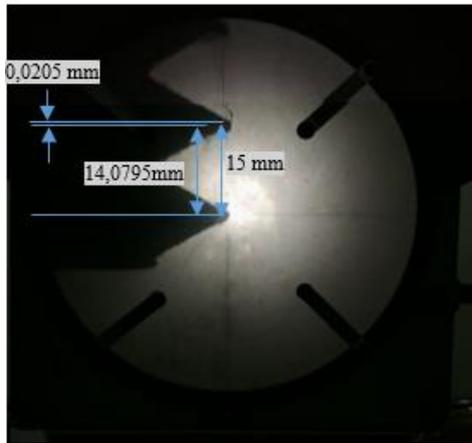
Jarak puncak ulir (*pitch*) ke puncak ulir lainnya merupakan bagian yang paling penting dalam elemen mur dan baut. Dalam hasil yang telah didapatkan keseluruhan data menunjukkan bahwa jarak antar *pitch* masih dalam toleransi ulir standar M22x1,5 yaitu $0,1$ mm. Berikut adalah grafik hasil pengujian yang menentukan tingkat kesalahan ulir bila ditinjau dari keadaan kedalaman potong yang berbeda-beda. Secara detail tingkat kesalahannya dapat diamati pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik pengaruh kedalaman potong terhadap kesalahan jarak puncak ulir (*pitch*)

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kesalahan jarak puncak ulir terkecil sebesar $0,0205$ mm terdapat pada kedalaman potong $0,649523$ mm dan kecepatan spindle 212 rpm, sedangkan kesalahan jarak puncak ulir terbesar yaitu $0,0512$ mm terdapat pada kedalaman potong $0,324761$ mm dan kecepatan spindle 424 rpm. Sedangkan toleransi *pitch* yang dibolehkan untuk standar metrik dengan jarak *pitch* $1,5$ adalah $0,1$ mm untuk penyimpangan sedang dan $0,05$ mm untuk penyimpangan halus. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tingkat kesalahan yang dihasilkan masih dapat diterima karena angka kesalahannya lebih kecil daripada nilai standarnya.

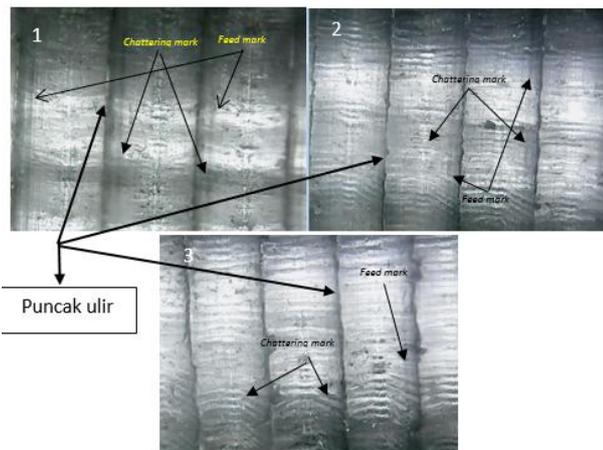
Dengan demikian pada penelitian ini didapatkan kesimpulan sementara bahwa semakin besar kedalaman potong yang diimplementasikan pada pemesian *drill* material paduan magnesium maka semakin kecil kesalahan jarak antar puncak ulir yang dihasilkan. Besarnya kesalahan puncak yang dihasilkan, salah satunya adalah sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Kesalahan jarak puncak ulir terkecil pada kedalaman potong 0,649523 mm dan kecepatan spindel 212 rpm

3.4. Pengaruh kedalaman potong pada bentuk profil permukaan ulir magnesium paduan AZ31

Mengacu kepada data yang ditampilkan pada Tabel 1 bahwa tabel tersebut dapat digunakan sebagai pembandingan dengan nomor urut penelitian yang sudah ditentukan. Pada nomor urut pengujian 1, 2 dan 3 menggunakan kecepatan spindel yang sama yaitu 212 rpm, sedangkan kedalaman potong yang berbeda-beda. Gambar 3 menunjukkan fenomena yang berbeda antara 1, 2 dan 3. Permukaan benda kerja yang dipotong menunjukkan adanya bentuk profil yang kasar dan halus. Hal ini menunjukkan bahwa kedalaman potong memberikan pengaruh terhadap keadaan permukaan yang di mesin. Sebagaimana diketahui bahwa material paduan magnesium adalah material lunak, sehingga mudah mengalami perubahan atau deformasi pada suhu yang relatif tinggi.



Gambar 12. Bentuk profil permukaan ulir magnesium paduan AZ31 pada kecepatan spindel 212 rpm (1) kedalaman potong 0,324761 mm (2) kedalaman potong 0,433015 mm (3) kedalaman potong 0,649523 mm

Dari ketiga pengujian tersebut dapat diidentifikasi dua pola yang terjadi pada permukaan benda kerja yaitu *chattering mark* dan *feed mark*. *Chattering* merupakan fenomena yang terjadi selama proses

pemesinan berlangsung dimana beberapa jenis getaran mempengaruhi laju aliran geram (*chip*) dan permukaan benda kerja. Dibandingkan dengan getaran bebas dan getaran paksa, *Self-Excited Vibration* lebih merugikan permukaan benda kerja dan pahat yang digunakan karena menimbulkan gerakan amplitudo yang relatif besar antara pahat dan benda kerja. *Chatter* tersebut disebabkan oleh kedalaman potong yang terlalu dalam pada proses pemesinan. Sedangkan *feed mark* menggambarkan kedalaman potong pada ulir, kedalaman potong yang besar akan menghasilkan *feed mark* yang lebih kasar [3].

4. Simpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai kesalahan tinggi ulir minimum yaitu 0,018188 mm didapatkan pada parameter kecepatan spindel 424 rpm dan kedalaman potong 0,46 mm dan semakin tinggi kecepatan spindel maka semakin rendah nilai kesalahan ulir.
2. Nilai kesalahan jarak puncak ulir (*pich*) minimum yaitu 0,0205 mm didapatkan pada parameter kecepatan spindel 212 rpm dan kedalaman potong 0,6133 mm, semakin tinggi nilai kedalaman potong maka semakin rendah nilai kesalahan *pich*.
3. Nilai kesalahan sudut minimum yaitu $0,603^\circ$ didapatkan pada parameter kecepatan spindel 212 rpm dan kedalaman potong 0,31 mm, semakin tinggi nilai kedalaman potong maka semakin tinggi nilai kesalahan sudut ulir
4. Bentuk profil permukaan ulir terbaik yaitu dengan sedikit *chattering mark* dan *feed mark* didapatkan pada parameter kecepatan spindel 424 rpm dan kedalaman potong 0,31 mm, semakin tinggi nilai kedalaman potong maka semakin kasar bentuk profil permukaan ulir,

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Universitas Lampung yang telah memfasilitasi terlaksananya penelitian ini. Ucapan terima juga disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan support finansial untuk kelancaran kegiatan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1]. Agung, Mochammad. 2016. Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Kepresisian Geometri Ulir standar ISO Metrik dengan Menggunakan Baja S45C pada Mesin CNC ET242. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Malang
- [2]. Henderson Sarah E, Konstantinos Verdelis, Spandan Maiti, Siladitya Pal, William L. Chung, Da-Tren Chou, Prashant N. Kumta, dan Alejandro

- J. Almarza. 2014. Magnesium Alloys as a Biomaterial for Degradable Craniofacial Screws. Acta Materialia Inc : Pittsburgh
- [3]. Hamdan, Siti H., Said, A.Y.Md., Biki, R. 2015. *Surface Finishing when Threading Titanium-Based Alloy Under Dry Machining. Journal of Machining Engineering and Sciences Vol. Pp. 1062-1069*
- [4]. Ibrahim, G.A. 2014. Analisa Kekasaran Permukaan pada Pemesinan Paduan Magnesium. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [5]. J. Bai, L. Yin, Y. Lu, Y. Gan, F. Xue, C. Chu, J. Yan, K. Yan, X. Wan, Z. Tang. 2014. Preparation, microstructure and degradation performance of biomedical magnesium alloy fine wire, *Natural Science: Material International* 24
- [6]. Kalpakjian, S. 1995. *Manufacturing Process for Engineering and Technology*. 3th Edition, Addison Wesley Publishing Company.
- [7]. Liwei Lu , Shaohua Hu, Longfei Liu, Zhenru Yin. 2016. High speed cutting of AZ31 magnesium alloy. Elsevier B.V. on behalf of Chongqing University : Hunan
- [8]. Saputra, Robby. 2017. Kekasaran Permukaan Magnesium AZ31 Yang Difrasis Menggunakan Teknik Pelumasan Berkuantitas Minimum (MQL). Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [9]. Viswanathan, R dan Ramesh, S. 2014. *Optimization of Machining Parameters for Magnesium Alloy using Taguchi Approach and RSM. Dept. International Conferences on Advances in Design and Manufacturing*