

Peningkatan Kepresisian dan Kehalusan Permukaan Baut Ulir Kortikal Ti-6Al-4V ELI Menggunakan Metode *Polishing*

Gusri Ahkyar Ibrahim¹, Andre Firmansyah², Yanuar Burhannudin³

¹²³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Lampung, Indonesia
*Corresponding author: andrefirmansyah221099@gmail.com

Abstract

As medical components must have a precision shape, precision products in the medical world must have corrosion resistance and strength, one type of material used in the manufacture of medical components is titanium. Titanium and its alloys are a type of material used in bone implants because it has biocompatible properties and good corrosion resistance. This study aims to find the effect of polishing on the precision and smoothness of the cortical screw surface. Polishing is the type of polishing method chosen in this study and the material used is Ti-6Al-4V ELI. The polishing parameters used were spindle rotations of 1000, 1200, and 1400 rpm, times of 90, 100, and 110 minutes, and powders namely porang, silica sand, and scouring ash. The precision of the thread geometry can be seen through measuring the angle error α and angle error β using a profile projector and the smoothness of the thread surface can be seen through a scanning electron microscope. This study shows that polishing affects the spindle rotation parameter on the β angle error and powder affects the α angle error. The scanning electron microscope results show that polishing can improve the smoothness of the thread surface and reduce the dimensions of the threaded bolt. The use of powder with the smallest error in this study is scouring ash, scouring ash is proven to have little effect on polishing. In addition, it is more economical than porang and silica sand.

Keywords: polishing, screw, Ti-6Al-4V ELI, presisi

Abstrak

Pada komponen medis harus memiliki bentuk presisi, produk presisi pada dunia medis harus memiliki ketahanan korosi dan kuat, salah satu jenis material yang digunakan dalam pembuatan komponen medis adalah titanium. Titanium dan paduannya merupakan jenis material yang digunakan dalam implan tulang dikarenakan memiliki sifat *biocompatible* dan resistensi korosi yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mencari pengaruh dari *polishing* terhadap kepresisian dan kehalusan permukaan ulir kortikal. *Polishing* merupakan jenis metode pemolesan yang dipilih dalam penelitian ini dan material yang digunakan adalah Ti-6Al-4V ELI. Parameter pemolesan yang digunakan adalah putaran spindel 1000, 1200, dan 1400 rpm, waktu sebesar 90, 100, dan 110 menit, dan serbuk yaitu porang, pasir silika, dan abu gosok. Kepresisian geometri ulir dapat dilihat melalui pengukuran kesalahan sudut α dan kesalahan sudut β menggunakan *profile projector* dan kehalusan permukaan ulir dapat dilihat melalui *scanning electron microscope*. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa *polishing* berpengaruh pada parameter putaran spindel terhadap kesalahan sudut β dan serbuk berpengaruh terhadap kesalahan sudut α . Hasil *scanning electron microscope* menampilkan bahwa *polishing* dapat meningkatkan kehalusan permukaan ulir serta pengurangan dimensi pada baut ulir. Penggunaan serbuk dengan kesalahan terkecil dalam penelitian ini adalah abu gosok, abu gosok terbukti memiliki pengaruh kecil terhadap pemolesan. Selain itu abu gosok lebih ekonomis dibandingkan dengan porang dan pasir silika.

Kata kunci: *polishing*, Ti-6Al-4V ELI, baut ulir.

1. Pendahuluan

Permintaan produk presisi bertambah dalam sebagian tahun terakhir. Salah satu metode memperoleh produk yang presisi merupakan metode pemolesan. Metode pemolesan ialah metode buat memperoleh permukaan yang halus dari sesuatu produk. Metode pemolesan

digunakan pada penciptaan komponen di bermacam bidang, salah satunya bidang kedokteran. Komponen di bidang kedokteran wajib mempunyai wujud presisi dan dibuat dari material yang tahan terhadap korosi [1]. Salah satu material yang digunakan dalam pembuatan komponen medis adalah titanium [2]. Titanium ialah

DOI: <http://dx.doi.org/10.24127/trb.v12i2.2639>

Received 12 June 2023; Received in revised form 09 December 2023; Accepted 10 December 2023

Available online 31 December 2023

221



tipe material yang mempunyai watak unggul, salah satunya pada tingkatan kekerasan yang besar, baik pada temperatur besar serta mempunyai ketahanan patah dan pula ketahanan terhadap korosi pada dikala temperatur besar. Salah satu tipe titanium yang sangat banyak digunakan dalam biomedis merupakan Ti- 6Al- 4V- ELI. Material Ti- 6AL- 4V ELI mempunyai energi menyesuaikan diri yang sangat baik dalam badan manusia, sehingga tidak memunculkan dampak samping dalam penggunaannya [3].

Komponen implan yang mempunyai tingkatan presisi yang besar merupakan baut ulir kortikal. Baut ulir kortikal mempunyai presisi besar, yang baik ditempatkan di dalam badan serta tidak mempunyai dampak samping. Baut ulir kortikal mempunyai wujud serta dimensi yang berbeda. Wujud yang digunakan dalam biomedis mempunyai model potongan kerucut, dengan wujud pelat tipis ataupun bilah [4].

Pengaruh kekasaran permukaan ulir internal implan memiliki kekasaran yang unik untuk setiap implan [5]. Dimana metode pemolesan dapat meningkatkan efisiensi pemolesan dan akurasi mekanis saat memoles benda kerja dengan permukaan rumit seperti bagian baut ulir [8]. Perlakuan permukaan dengan kecepatan tinggi berpengaruh pada kekasaran permukaan yang lebih baik [6]. Semakin tinggi kecepatan maka semakin rendah kekasaran permukaan ulir Ti-6Al-4V ELI [10]. Proses penyelesaian membutuhkan waktu yang lebih pada pemolesan mesin untuk membuat permukaan sekrup halus dan cerah [7]. Kelurusan yang baik, tegak lurus, akurasi pemosisian, dan resolusi tinggi harus dijamin untuk mencapai pemesinan presisi tinggi [9].

Berdasarkan uraian-uraian penelitian di atas, baut ulir dapat dilakukan pemolesan untuk meningkatkan kepresisian dan kehalusan permukaan. Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian eksperimental untuk melihat kepresisian dan kehalusan permukaan baut ulir kortikal menggunakan proses *polishing*, diharapkan penggunaan

polishing ini dapat menghasilkan kepresisian dan kehalusan permukaan. Selain itu proses *polishing* digunakan untuk mengetahui kualitas produk yang dihasilkan melalui pengaruh parameter pemolesan yang digunakan terhadap tingkat kesalahan sudut α dan sudut β menggunakan Metode Taguchi L9. Sehingga dapat diketahui parameter seperti apa yang berpengaruh dalam pemolesan baut ulir kortikal tersebut.

2. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan baut ulir kortikal Ti-6Al-4V ELI tipe ulir HA 4,5 standar ISO 5835 dengan jenis pemesinan yang digunakan sebagai proses *polishing* yaitu mesin bor KRISBOW 16MM (Gambar 1) dengan *profile projector* sebagai alat dalam melihat kepresisian baut ulir (Gambar 2) dan SEM-EDX Zeiss EVO MA 10 sebagai alat untuk melihat kehalusan permukaan baut ulir (Gambar 3). Penelitian ini akan menguji baut ulir kortikal menggunakan *desain of experiment* yaitu Taguchi L₉, dengan variasi kecepatan putaran spindel 1000, 1200, 1400 rpm, variasi waktu 90, 100, 110 menit, dan jenis serbuk yang digunakan yaitu serbuk porang, pasir silika, dan abu gosok, serta saringan mesh yang digunakan berukuran 100 mesh sebagai standar ukuran dari masing-masing variasi serbuk yang digunakan [10]. Untuk kepresisian dan kehalusan baut ulir yang diinginkan, pemolesan dilakukan beberapa kali sesuai desain *Orthogonal Array L₉* pada Tabel 1. Respon yang digunakan adalah kesalahan sudut α dan kesalahan sudut β .

Tingkat kesalahan respon tersebut ditentukan dengan cara mengukur menggunakan *profil projector*. Cara kerjanya adalah dengan meletakkan benda kerja di tempat pengukuran, kemudian mengarahkan pencahayaan, sehingga dapat ukuran dari ulir yang dibuat. Pengukuran dilakukan terhadap sudut α dan sudut β . Pengukuran dilakukan secara seksama di bagian ulir yakni di sepanjang ulir [11], bahkan diambil pengukuran di beberapa bagian sehingga diperoleh nilai yang mewakili terhadap pengukuran secara

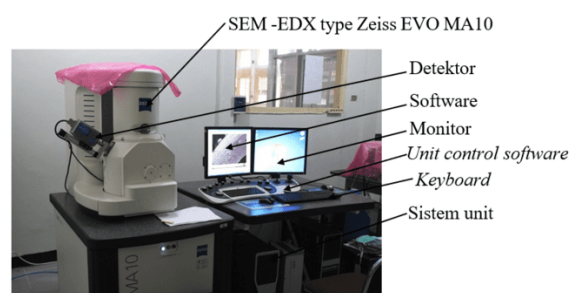
keseluruhan. Secara detail desain analisis yang dilakukan dapat dilihat sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Mesin bor KRISBOW 16MM



Gambar 2. Profile projector



Gambar 3. SEM-EDX Zeiss EVO MA 10

Desain kajian yang digunakan adalah Metode Taguchi L₉ atau juga disebut sebagai Metode *single respons* yang mana setiap faktor memberikan kontribusi masing-masing.

Terdapat 3 faktor yang digunakan dan masing-masing faktor memiliki 3 level, sehingga jumlah sampel yang diperoleh berjumlah 9 sampel. Sementara respon yang diukur masing-masingnya adalah kesalahan sudut α dan kesalahan sudut β . Selain pengukuran respon, pengamatan terhadap permukaan ulir juga dilakukan. Tahapan dari pengolahan data direncanakan dengan terlebih dahulu melakukan *Taguchi Analysis* untuk mencari kombinasi optimal untuk setiap respon, dengan mencari *Signal Noise Ratio* (SNR). SNR untuk keempat respon tersebut sama yaitu *Smaller-the-better*. Rumus yang digunakan untuk menghitung SN ratio sesuai dengan Metode Taguchi sebagai berikut:

$$S/N \text{ rasio} = -10 \text{ Log} [X ik^2] \quad (1)$$

Dimana:

Xi(k) = Nilai eksperimen ke-i pada respon ke-k

Selanjutnya dilakukan ANOVA terhadap nilai SN ratio untuk mengetahui faktor mana yang berpengaruh signifikan terhadap respon.

Tabel 1. Orthogonal Array L₉

No	Putaran rpm (rpm)	Waktu(t)	Serbuk(sr)
1	1000	90	Porang
2	1000	100	Pasir silika
3	1000	110	Abu gosok
4	1200	90	Pasir silika
5	1200	100	Abu gosok
6	1200	110	Porang
7	1400	90	Abu gosok
8	1400	100	Porang
9	1400	110	Pasir silika

3. Hasil dan Pembahasan

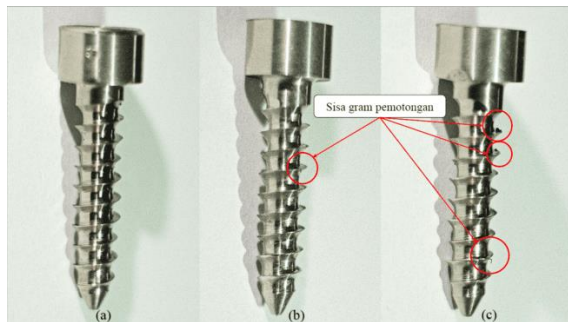
Pengujian hanya dilakukan 1 kali (tanpa replikasi) pada tiap kondisi pemolesan yang dipilih. Pengukuran dilakukan pada 3 titik di masing-masing *workpiece* lalu dirata-ratakan. Nilai rata-rata tersebut kemudian diselisihkan terhadap nilai standar ISO 5835. Kemudian diperoleh nilai respon karakteristik kepresisian geometri ulir seperti Tabel 2.

3.1 Kepresisian dan kehalusan baut ulir sebelum dan sesudah pengujian

Berikut merupakan baut ulir kortikal yang belum dilakukan pemolesan, dapat dilihat secara kasat mata di mana terdapat sisa geram pemotongan yang menempel. Dan terlihat tampilan ulir belum terlihat halus pada Gambar 4 berikut.

Tabel 2. Data hasil pengujian

No	Kesalahan sudut (°)	
	α	β
1	3,48	8,76
2	3,74	8,63
3	4,93	9,16
4	3,86	9,05
5	4,17	8,42
6	4,46	11,07
7	3,96	8,46
8	4,87	6,25
9	3,45	6,78

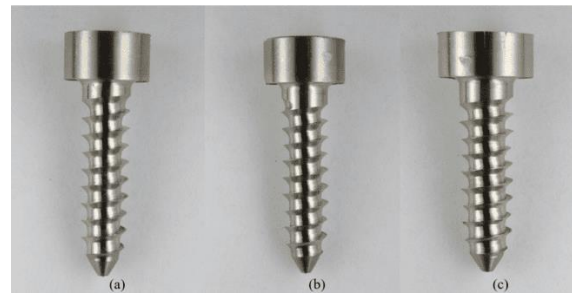


Gambar 4. Baut ulir sebelum pemolesan

Pada Gambar 4. terlihat banyak cacat berupa geram yang menempel khususnya pada baut ulir (b) dan (c). Hal tersebut disebabkan karena sisa pembubutan yang menyebabkan terjadinya cacat berupa geram atau kesalahan pada tingkat kepresisian ulir. Berdasarkan Gambar 5. dapat dilihat secara kasat mata tidak ada sisa geram pemotongan yang menempel dan terlihat tampilan ulir belum terlihat halus setelah pemolesan.

Berbeda dengan sebelumnya pada Gambar 5. terlihat secara kasat mata tampilan permukaan baut ulir terlihat kurang halus pada penggunaan waktu 100 menit dan 110 menit. Hal tersebut disebabkan karena putaran rpm dan waktu ditingkatkan yang menyebabkan terjadinya penyimpangan

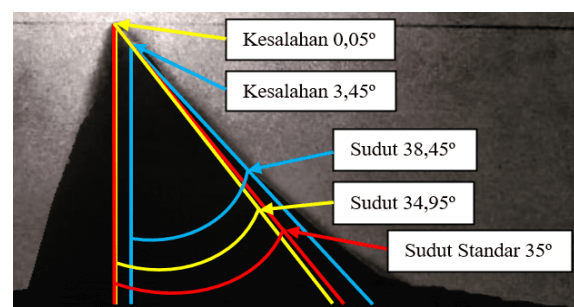
atau kesalahan pada tingkat kepresisian ulir. Hal tersebut dapat mengakibatkan kurangnya kepresisian geometri ulir yang dihasilkan [12], sehingga penggunaan pada waktu 90 menit menghasilkan tingkat kesalahan sudut sebesar $3,86^\circ$ kesalahan sudut ulir α dan $9,05^\circ$ untuk kesalahan sudut ulir β .



Gambar 5. Baut ulir setelah pemolesan dengan penggunaan waktu (a)90 menit, (b)100 menit, dan (c)110 menit

3.2 Perbandingan tampilan baut ulir sebelum pemolesan dan sesudah pemolesan menggunakan *profile projector*

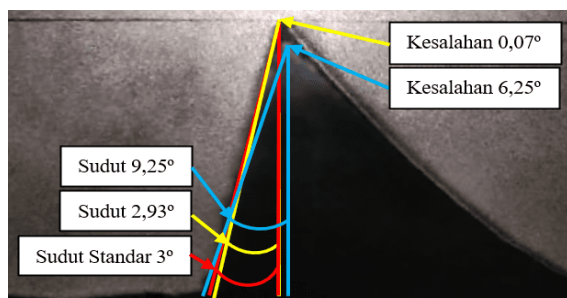
Berikut merupakan tampilan baut ulir menggunakan *profile projector*, terkait kesalahan sudut α sebelum pemolesan dan sudut α setelah pemolesan seperti pada Gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Perbandingan kesalahan sudut α sebelum pemolesan dan sesudah pemolesan pada waktu 110 menit

Berdasarkan Gambar 6. dapat dilihat bahwa kesalahan sudut ulir α sebelum pemolesan (garis kuning) dan sesudah pemolesan (garis biru). Pada penggunaan waktu 110 menit, terlihat $34,95^\circ$ adalah

sudut ulir α dan $0,05^\circ$ adalah kesalahan sudut ulir α sebelum pemolesan, $38,45^\circ$ adalah sudut ulir α dan $3,45^\circ$ adalah kesalahan sudut ulir α sesudah pemolesan. Terdapat selisih sebesar 3,5% antara sudut ulir α sebelum pemolesan dan sesudah pemolesan. Berikut merupakan tampilan baut ulir menggunakan *profile projector*, terkait kesalahan sudut β sebelum pemolesan dan sudut β setelah pemolesan seperti pada Gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 7. Perbandingan kesalahan sudut β sebelum pemolesan dan sesudah pemolesan pada waktu 100 menit

Berdasarkan Gambar 7. dapat dilihat bahwa kesalahan sudut ulir β sebelum pemolesan (garis kuning) dan sesudah pemolesan (garis biru). Pada penggunaan waktu 100 menit, terlihat $2,93^\circ$ adalah sudut ulir β dan $0,07^\circ$ adalah kesalahan sudut ulir β sebelum pemolesan, $9,25^\circ$ adalah sudut ulir β dan $6,25^\circ$ adalah kesalahan sudut ulir β sesudah pemolesan. Terdapat selisih sebesar 6,32% antara sudut ulir β sebelum pemolesan dan sesudah pemolesan.

3.3 Optimasi parameter *polishing* menggunakan *Taguchi Method*

Setelah dilakukan perhitungan rata-rata selanjutnya data tersebut perlu dilakukan uji normalitas menggunakan uji static *kolmogorov-smirnov* sehingga dapat dilakukan optimasi untuk mendapatkan harga S/N rasio menggunakan Metode Taguchi pada masing-masing respon menggunakan proses perhitungan *Smaler is Better*.

Dari Tabel 3. selanjutnya dilakukan ANOVA untuk mengetahui signifikansi atau pengaruh paling besar dari faktor-faktor

tersebut, dengan menggunakan *software Minitab* didapat hasil terlihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 3. S/N rasio respon

SNR sudut	
α	β
-10,8316	-18,8501
-11,4574	-18,7202
-13,8569	-19,2379
-11,7317	-19,1330
-12,4027	-18,5062
-12,9867	-20,8830
-11,9539	-18,5474
-13,7506	-15,9176
-10,8316	-16,6246

Tabel 4. Anova untuk S/N rasio kesalahan sudut α

Source	Df	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F	P
Putaran	2	0,1651	1,56%	0,1651	0,08257	0,03	0,967
Waktu	2	2,1193	20,00%	2,1193	1,05963	0,44	0,693
Serbuk	2	3,5289	33,30%	3,5289	1,76443	0,74	0,575
Error	2	4,7837	45,14%	4,7837	2,39186		
Total	8	10,5970	100,00%	0,1651	0,08257		

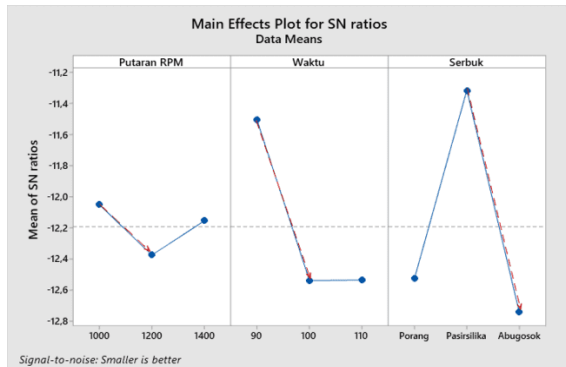
Dengan F tabel (19,33), dari data di atas terlihat bahwa faktor yang berkontribusi terhadap respon kesalahan sudut α yaitu faktor serbuk (berkontribusi sebesar 33,30%) sedangkan waktu (sebesar 20,00%) dan putaran spindel (sebesar 1,56%) tidak signifikan terhadap respon kesalahan sudut α . Karena F valeunya lebih kecil dari F tabel dan jika dilihat dari nilai P-valuenya $> 0,05$.

Tabel 5. Anova untuk S/N rasio kesalahan sudut β

Source	Df	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F	P
Putaran	2	10,0981	59,46%	10,0981	5,0491	2,81	0,263
Waktu	2	2,7204	16,02%	2,7204	1,3602	0,76	0,570
Serbuk	2	0,5640	3,32%	0,5640	0,2820	0,16	0,865
Error	2	3,5996	21,20	3,5996	1,7998		
Total	8	16,9822	100,00%	10,0981	5,0491		

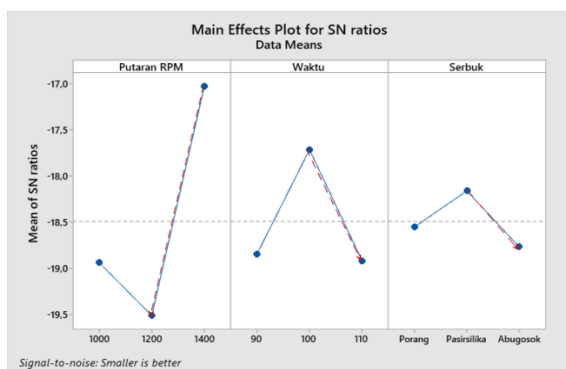
Dengan F tabel (19,33), dari data di atas terlihat bahwa faktor yang berkontribusi terhadap respon kesalahan sudut β yaitu faktor putaran spindel (berkontribusi sebesar 59,46%) sedangkan waktu (sebesar 16,02%) dan serbuk (sebesar 3,32%) tidak signifikan terhadap respon kesalahan sudut β . Karena F valuenya

lebih kecil dari F tabel dan jika dilihat dari nilai P-valuenya $> 0,05$.



Gambar 8. Grafik kesalahan sudut α

Pada Gambar 8. tersebut menunjukkan garis resultan yang menunjukkan selisih nilai alfa, di mana garis resultan tersebut menunjukkan besar kemiringan sudut terhadap sumbu *vertical* yang menyatakan faktor waktu menjadi faktor yang tidak signifikan. Pemilihan kombinasi tersebut dapat diperkuat dengan melihat *setting prediction Taguchi Method* di mana menunjukkan bahwa *setting* terbaik adalah putaran rpm sebesar 1000 rpm, waktu sebesar 90 menit, dan serbuk yang digunakan adalah pasir silika.



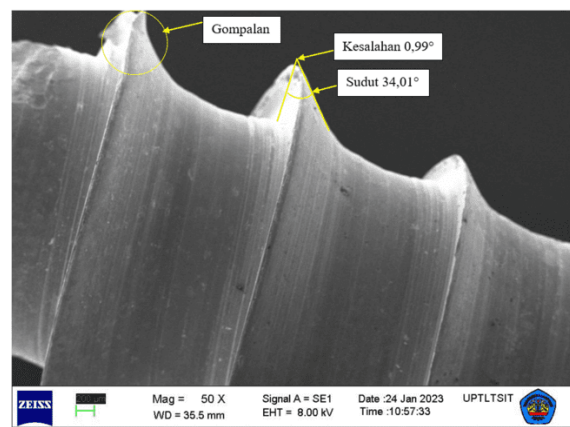
Gambar 9. Grafik kesalahan sudut β

Pada Gambar 9. menunjukkan bahwa kemiringan sudut terbesar terdapat pada faktor putaran rpm yang menunjukkan tidak signifikan. Pemilihan kombinasi tersebut dapat diperkuat dengan melihat *setting prediction Taguchi Method* di mana menunjukkan bahwa *setting* terbaik adalah putaran rpm sebesar 1400, waktu sebesar

100 menit, dan serbuk yang digunakan adalah pasir silika.

3.4 Perbandingan tampilan baut ulir sebelum pemolesan dan sesudah pemolesan menggunakan *scanning electron microscope*

Berikut merupakan perbandingan kesalahan sudut α menggunakan *scanning electron microscope* pada baut ulir kortikal sebelum pemolesan dan sudah pemolesan, yang dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11 sebagai berikut.

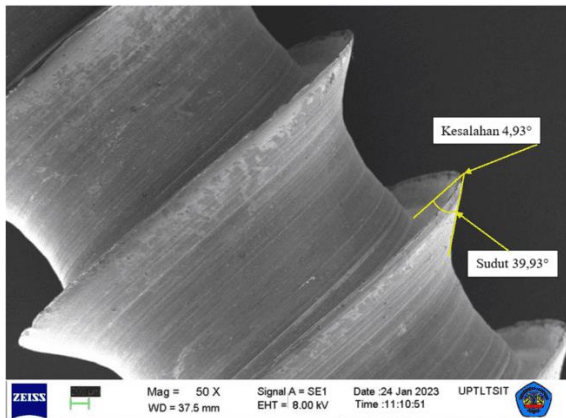


Gambar 10. Kesalahan sudut α sebelum pemolesan menggunakan *scanning electron microscope*

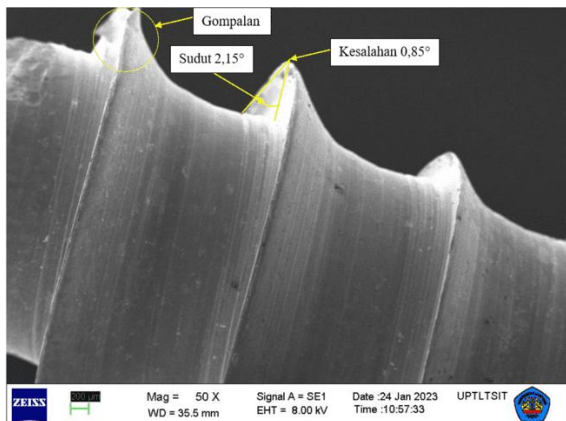
Berdasarkan Gambar 10. dapat dilihat bahwa kesalahan sudut ulir α sebelum pemolesan sebesar $0,99^\circ$ mm dan sudut ulir α sebesar $34,01^\circ$. Dimana pengambilan *scanning electron microscope* pada baut ulir menggunakan perbesaran (50x) dengan ukuran $200 \mu\text{m}$, dapat dilihat bahwa hasil dari *scanning electron microscope* pada baut ulir menampilkan beberapa kecacatan seperti gompalan pada atas puncak ulir serta permukaan baut ulir belum terlihat halus [13][14]. Dan berbeda dengan hasil dari baut ulir setelah pemolesan pada Gambar 11 menggunakan *scanning electron microscope*.

Berdasarkan Gambar 11. dapat dilihat bahwa kesalahan sudut ulir α sebelum pemolesan sebesar $4,93^\circ$ mm dan sudut ulir α sebesar $39,93^\circ$. Dimana pengambilan *scanning electron microscope* pada baut ulir menggunakan perbesaran

(50x) dengan ukuran 200 μm , dapat dilihat bahwa hasil dari *scanning electron microscope* pada baut ulir menampilkan permukaan halus [15], tidak terdapat cacat pada baut ulir serta pengurangan ukuran dimensi pada sudut ulir α . Berikut merupakan perbandingan kesalahan sudut β menggunakan *scanning electron microscope* pada baut ulir kortikal sebelum pemolesan dan sudah pemolesan, yang dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.



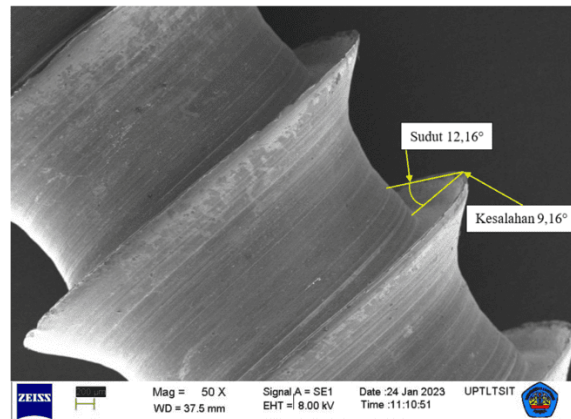
Gambar 11. Kesalahan sudut α sesudah pemolesan menggunakan *scanning electron microscope*



Gambar 12. Kesalahan sudut β sebelum pemolesan menggunakan *scanning electron microscope*

Berdasarkan Gambar 12. dapat dilihat bahwa kesalahan sudut ulir β sebelum pemolesan sebesar 0,85° mm dan sudut ulir β sebesar 2,15°. Dimana pengambilan *scanning electron microscope* pada baut ulir menggunakan perbesaran

(50x) dengan ukuran 200 μm , dapat dilihat bahwa hasil dari *scanning electron microscope* pada baut ulir menampilkan beberapa kecacatan seperti gompalan pada atas puncak ulir serta permukaan baut ulir belum terlihat halus [13]. Dan berbeda dengan hasil dari baut ulir setelah pemolesan pada Gambar 13 menggunakan *scanning electron microscope* sebagai berikut.



Gambar 13. Kesalahan sudut β sesudah pemolesan menggunakan *scanning electron microscope*

Berdasarkan Gambar 13. dapat dilihat bahwa kesalahan sudut ulir β sebelum pemolesan sebesar 9,16° mm dan sudut ulir β sebesar 12,16°. Dimana pengambilan *scanning electron microscope* pada baut ulir menggunakan perbesaran (50x) dengan ukuran 200 μm , dapat dilihat bahwa hasil dari *scanning electron microscope* menampilkan permukaan halus, tidak terdapat cacat pada baut ulir serta pengurangan ukuran dimensi pada sudut ulir β .

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini diambil kesimpulan bahwa dengan menggunakan Metode Taguchi diperoleh kondisi baut ulir sebelum pemolesan dan sesudah mengalami perbedaan tampilan dan ukuran dimensi. Penggunaan serbuk dengan kesalahan terkecil dalam penelitian ini adalah abu gosok, abu gosok terbukti memiliki pengaruh kecil terhadap pemolesan. Selain itu abu gosok lebih ekonomis dibandingkan dengan porang dan pasir silika. Dan

pengamatan dari hasil uji *scanning electron microscope*, untuk ulir sebelum pemolesan dan ulir sesudah pemolesan menampilkan perbedaan tampilan dan pengurangan ukuran dimensi dari kesalahan sudut α dan kesalahan sudut β .

Referensi

- [1] Gorana. et al., 2004. Experimental Investigation Into Cutting Forces And Active Grain Density During Abrasive Flow Machining, *International Journal Of Machine Tools And Manufacture* 44: 201-211.
- [2] Ibrahim, G., A., 2014. Pengaruh Pemesinan Kering Terhadap Kekasaran Dan Kekerasan Permukaan Paduan Titanium. Universitas Lampung. Bandar Lampung. *Jurnal Mechanical*, 5 (2): 6-11.
- [3] Drismayanti. et al., 2012. Perbandingan Tingkat Keberhasilan Implan Antara Osteogenesis Autogeneous Bone Graft. *Dentofasial*, 11(3): 180-186.
- [4] Arsista, D., dan Eriwati, Y. K. 2018. Desain Dan Fungsi Implan Kedokteran Gigi Yang Beredar Di Pasaran. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*, 30(3): 168-174.
- [5] Guzaitis, K. L., Knoernschild, K.L., and Viana, M., Ag., 2011. Effect Of Repeated Ulir Joint Closing And Opening Cycles On Implant Prosthetic Ulir Reverse Torque And Implant And Ulir Thread Morphology. (University Of Illinois Chicago).
- [6] Yan, B. M., Tzeng, H. J., Huang, F. Y., Lin, Y. C., and Chow, H. M., 2007. Finishing Effects Of Spiral Polishing Method On Micro Lapping Surface. *International Journal Of Machine Tools & Manufacture*, 47: 920-926.
- [7] Zhang, Y., Tang, Y., Li, F., 2010. Research Of Electrochemical Polishing Mixed With Powder And Related Experiments. *Advanced Materials Research*, 135: 413-417.
- [8] Heran, Y., Xingwei, S., Fei, P., and Tongchun, Y., 2017. Contact Analysis For Coated Surface Process Double Abrasive Belt Polishing Ulirs Curved Surface. *Procedia Computer Sciene*, 107: 743-748.
- [9] Harto, A., 2022. Skripsi Kajian Eksperimental Terhadap Baut Ulir Implan Tipe Kortikal Dari Bahan Ti-6al-4v Eli Menggunakan Mesin Bubut Cnc. Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
- [10] Laksono, K., 2022. Optimasi Parameter Pemesinan Terhadap Kepresisian Baut Ulir Kortikal Ti-6al-4v Eli Menggunakan Metode Taguchi L9. Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
- [11] Beigmoradi, S., & Vahdati, M. (2022). Experimental and numerical study of polishing of 2024 aluminum alloy using acoustics energy. *Journal of Manufacturing Processes*, 73, 440–453.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.11.009>
- [12] Ibrahim, G. A., Suseno, A., & Hamni, A. (2019). The Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness and Morphology of Ti-6Al-4V ELI Titanium Alloy during Turning with Actively Driven Rotary Tools. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 12(1), 1.

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

- [13] Ibrahim, G.A., Burhanudin, Y., Yasir, A. (2020). Burr formation analysis when micro milling Ti-6Al-4V ELI using end mill carbide insert. *PalArch Journal Of Archaeology of Egypt*, Volume: 17, no 9, <https://archives.palarch.nl/index.php/jae/article/view/4558>.
- [14] Yasir, A., Gusri, A.I., Arinal, H., Rabbiah, S., Burhanuddin, Y. (2019). Application of Central Composite Design for Optimization Machining Parameters When Machine Magnesium AZ31. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, Volume: 7, ISSN: 2319-
- [15] Surdiwansa, H., Yanuar. B. Gusri, A.I (2022). The Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness and Morphology of Ti-6Al-4V ELI Titanium Alloy during Turning with Actively Driven Rotary Tools. *Journal of Manufacturing and Materials Processing* 6 (5), 105. <https://doi.org/10.3390/jmmp6050105>.