

Optimasi Parameter Pemesinan Ulir Material Titanium Ti-6Al-4V Eli Terhadap Jarak *Pitch* dan Sudut Ulir Menggunakan Metode Taguchi

Gusri Akhyar Ibrahi¹⁾, Cici Septiani²⁾, Arinal Hamni³⁾, Yanuar Burhanuddin⁴⁾, Suryadiwansa Harun⁵⁾, Andi Kusnadi⁶⁾.

^{1,2,3,4,5)} Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung

⁶⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

E-mail: ¹⁾gusri.akhyar@eng.unila.ac.id, ²⁾cici.septiani@stud.unila.ac.id,
³⁾arinal.hamni@eng.unila.ac.id, ⁴⁾yanuar.burhanuddin@eng.unila.ac.id,
⁵⁾suryadiwansa.harun@eng.unila.ac.id, ⁶⁾andi.kusnadi@eng.unila.ac.id

Abstrak

Paduan titanium merupakan salah satu material ringan yang banyak digunakan karena memiliki sifat yang ringan dan tahan terhadap korosi. Hal ini menunjukkan bahwa pembuatan ulir pada titanium sangat mendukung untuk diaplikasikan pada bidang biomedis. Kepresisian geometri ulir akan memberikan pengaruh terhadap kualitas ulir terutama pada saat ulir bekerja bila sudah digunakan sebagai penyambung tulang. Kesalahan geometri ulir titanium pada pemesinan bubut ulir dipengaruhi oleh kecepatan potong, kedalaman potong, dan jenis pemesinan. Penelitian ini meneliti respon kesalahan *pitch*, dan kesalahan sudut ulir pada diameter ulir M4x0.7 dengan 3 level dan 3 faktor lalu pengolahan datanya menggunakan proses optimasi Taguchi dengan variasi kecepatan potong sebesar 17.58, 21.35, 25.12 m/min, kedalaman potong sebesar 0.085, 0.108, dan 0.143 mm, serta pemesinan bubut yang digunakan yaitu pemesinan kering, menggunakan pelumas minyak sawit dan menggunakan pelumas minyak sintetik. Hasil optimal didapatkan pada kombinasi kondisi pemotongan dengan factor kecepatan potong 25.12 m/min dan kedalaman potong 0.108 mm serta pelumas kelapa sawit dimana respon kesalahan *pitch* 0.170 mm dan Kondisi pemotongan optimal pada kesalahan sudut ulir yaitu pada parameter kecepatan potong 17.58 m/min kedalaman potong 0.085 mm dan jenis pemesinan kering dimana respon kesalahan sudut 0.260°.

Kata Kunci : Kepresisian, Ulir, Taguchi, Titanium.

Abstarct

Titanium alloy is a lightweight material that is widely used because it is lightweight and resistant to corrosion. This shows that the manufacture of threads on titanium is very supportive to be applied in the biomedical field. The precision of the screw geometry will have an influence on the quality of the thread, especially when the thread is working when it is used as a bone connector. Titanium thread geometry error in screw lathe machining is influenced by cutting speed, depth of cut, and type of machining. This study examines the response of the pitch error, and the thread angle error on the M4x0.7 thread diameter with 3 levels and 3 factors and then processing the data using the Taguchi optimization process with variations in cutting speed of 17.58, 21.35, 25.12 m/min, depth of cut 0.085, 0.108, and 0.143 mm, and lathe machining used is dry machining, using palm oil lubricant and using synthetic oil lubricant. Optimal results

are obtained in a combination of cutting conditions with a cutting speed factor of 25.12 m/min and a cutting depth of 0.108 mm and palm oil where the response to pitch error is 0.170 mm and optimal cutting conditions at the screw angle error are the cutting speed parameter 17.58 m/min, depth of cut is 0.085. mm and dry machining type where the response angle error is 0.260°.

Keywords : *precision, thread, Taguchi, titanium.*

1. PENDAHULUAN

Titanium ialah logam yang sangat tahan terhadap korosi dengan unsur kimia bersimbol Ti serta elemen paling banyak kesembilan dikerak bumi, serta tersebar luas sebab mempunyai afinitas yang besar terhadap oksigen dan elemen lainnya. Titanium 6Al-4V ELI mempunyai kombinasi kekuatan dan juga ketangguhan yang lebih baik dan memiliki ketahanan terhadap korosi. Titanium 6Al-4V ELI mempunyai beberapa keunggulan yaitu lebih ringan dari baja dengan tingkat kekerasan yang sama, dan memiliki kemampuan yang pasif, sehingga menunjukkan ketahanan terhadap mineral asam protein serta klorida [1],[2].

Paduan titanium digunakan pada temperature mulai dari 0 sampai 600° C. Tidak hanya digunakan pada bidang industri pesawat terbang, paduan titanium juga digunakan pada bidang medis seperti pada implan untuk tulang [3]. Material Ti-6Al-4V ELI adalah material yang lebih baik dibandingkan material logam lainnya yang bisa digunakan pada implan untuk tulang, dikarenakan material ini memiliki sifat biokompatibilitas dan biomekanis [4]. Meskipun material ini memiliki sifat biokompatibilitas yang baik namun material ini bersifat kurang bioaktif sehingga bisa mempengaruhi kemampuan material untuk dapat menyatu dengan jaringan ketika sudah berada di dalam tubuh.

Dalam bidang biomedis, ulir sudah menjadi sebuah komponen yang sangat penting sebagai implan tulang. Hal ini menunjukkan bahwa pembuatan ulir pada titanium sangat mendukung untuk diaplikasikan pada bidang material biomedis. Proses pemesinan titanium untuk mendapatkan kualitas produk yang baik dibutuhkan proses optimasi. Proses optimasi dapat melibatkan respon tunggal maupun multi respon. Ketika percobaan yang dilakukan melibatkan multi respon, maka seluruh respon tersebut harus dioptimasi secara simultan. Metode optimasi yang banyak digunakan yaitu metode Taguchi, aplikasi dan teori dari metode ini

pada awalnya hanya untuk mengoptimasi respon tunggal [5]. Proses pemesinan bubut dipengaruhi banyak faktor seperti parameter pemotongan kedalaman makan dan kecepatan potong [6].

Berdasarkan latar belakang tersebut maka pada penelitian ini akan dilakukan Optimasi Parameter Pemesinan Ulir Material Titanium Ti-6Al-4V ELI Terhadap Jarak *pitch* dan Sudut Ulir Menggunakan Metode Taguchi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi parameter pemotongan yang menghasilkan kepresisian geometri ulir titanium paling optimal dengan melakukan proses optimasi Metode Taguchi [6].

2. METODE PENELITIAN

Benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah Ti-6AL-4V ELI serta menggunakan mesin bubut CNC (Gambar 1) dengan mata pahat ISO 16IR AG60 (Gambar 2) [7]. Penelitian ini menggunakan *design of experiment* yaitu Taguchi L9, dengan variasi kecepatan potong 17.58, 21.35, 25.12 m/min dan kedalaman potong sebesar 0.085, 0.108, dan 0.143 mm, serta pemesinan bubut yang digunakan yaitu pemesinan kering, menggunakan pelumas minyak sawit dan menggunakan pelumas minyak sintetis. Respon pengamatan nya yaitu kesalahan jarak *pitch* dan kesalahan sudut ulir.



Gambar 1. Mesin bubut CNC



Gambar 2. Pahat 16IR AG60

Tabel 1. *Orthogonal array* L9

No	Kecepatan Potong (m/min)	Kedalaman Potong (mm)	Jenis Pemesinan
1	17.58	0.085	Kering
2	17.58	0.108	M. Sawit
3	17.58	0.143	M.Sintetik
4	21.35	0.085	M.Sawit
5	21.35	0.108	M.Sintetik
6	21.35	0.143	Kering
7	25.12	0.085	M.Sintetik
8	25.12	0.108	Kering
9	25.12	0.143	M. Sawit

Tahapan dari pengolahan data direncanakan dengan terlebih dahulu melakukan taguchi analysis untuk mencari kombinasi optimal dari semua faktor untuk setiap respon, dengan mencari *Signal Noise Ratio* (SNR). SNR untuk ketiga respon tersebut sama yaitu *Smaller-the-Better* (STB). Rumus yang dipakai adalah :

menghitung S/N rasio sesuai dengan metode Taguchi :

$$S/N = 10 \log [X_{ij}] \quad (1)$$

Dimana : $X_i(j)$ = nilai eksperimen ke-i pada respon ke-j

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian hanya dilakukan 1 kali (tanpa replikasi) pada tiap kondisi pemotongan yang dipilih. Pengukuran dilakukan pada 3 titik di masing-masing *workpiece* lalu dirata-ratakan. Nilai rata-rata tersebut kemudian diselisihkan terhadap harga standarisasi ulir Isometrik. Kemudian didapatkan nilai respon karakteristik kepresisian geometri ulir seperti pada Tabel 2. Berikutnya akan dilakukan proses optimasi untuk mendapatkan kombinasi parameter pemotongan yang optimum dari 3 parameter yang digunakan.

Tabel 2. Data hasil pengujian

No	Kecepatan Potong m/min	Kedalaman Potong (mm)	Jenis Pemesinan	Kesalahan Jarak <i>Pitch</i> (mm)	Kesalahan Sudut Ulir ()
1	17.58	0.085	Kering	0.195	0.260
2	17.58	0.108	M. Sawit	0.183	0.570
3	17.58	0.143	M.Sintetik	0.192	1.130
4	21.35	0.085	M.Sawit	0.180	0.998
5	21.35	0.108	M.Sintetik	0.184	1.250
6	21.35	0.143	Kering	0.190	1.237
7	25.12	0.085	M.Sintetik	0.175	0.800
8	25.12	0.108	Kering	0.180	0.573
9	25.12	0.143	M. Sawit	0.170	1.470

a. Analisa Varian Taguchi

Setelah diperoleh data pengujian kemudian dilakukan proses optimasi untuk mendapatkan harga S/N rasio menggunakan Metode Taguchi pada masing-masing respon yaitu kesalahan *pitch*, kesalahan tinggi ulir dan kesalahan sudut. Data karakteristik dari ketiga respon adalah *Smaller is Better*.

Tabel 3. S/N Rasio respon

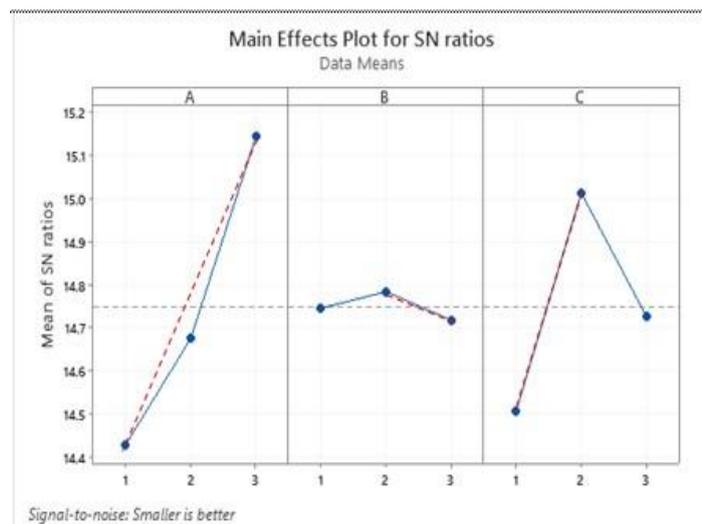
SNRA <i>pitch</i>	SNRA sudut
14.1993	11.7005
14.7510	4.88250
14.3340	-1.06157
14.8945	0.0174
14.7036	-1.93820
14.4249	-1.84739
15.1392	1.93820
14.8945	4.83691
15.3910	-3.34635

Tabel 4. Analisis varian untuk S/N rasio

source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	Persen kontribusi
Kecepatan potong	2	0.78807	0.788066	0.394033	106.58	0.009	66.3174371 %

Kedalaman Potong	2	0.00668	0.006677	0.003338	0.90	0.525	0.5621334 %
Jenis pemesinan	2	0.38619	0.386193	0.193096	52.23	0.019	32.498548 4 %
Residual Error	2	0.00739	0.007394	0.003697			
Total	8	1.18833					

Pada Tabel 4. dapat diketahui $F_{tabel} = F(0.05:2:6)$ sebesar 5.14, maka dari Tabel di atas terdapat 2 faktor yang paling berpengaruh terhadap respon kesalahan *pitch*. hal ini dikarenakan harga F hitungnya $> F_{tabel}$ nya yaitu kecepatan potong, dan jenis pemesinan sedangkan untuk nilai p -value kedua faktor signifikan karena besar p -value < 0.05 , namun apabila dilihat dari persen kontribusinya yang paling dominan adalah kecepatan potong yang paling signifikan terhadap kesalahan *pitch*. Untuk melihat lebih lanjut, dapat dilihat menggunakan grafik *main effect plot* S/N rasio pada Gambar 4.

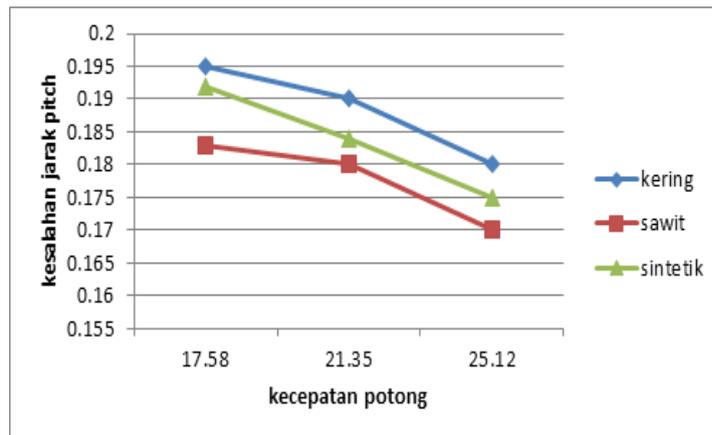


Gambar 4. Grafik *main effect plot* S/N rasio untuk kesalahan jarak *pitch*

Pada gambar 4 garis resultan yang terbentuk menggambarkan besar pengaruh faktor terhadap kesalahan *pitch*, semakin panjang garis resultan yang terbentuk, maka semakin berpengaruh faktor tersebut terhadap kesalahan *pitch*. Hal ini selaras dengan yang ditemukan oleh Alan Suseno [8], bahwa gaya potong memberikan pengaruh terhadap kesalahan puncak. Ini dapat diketahui faktor kecepatan putar berpengaruh paling signifikan karena memiliki garis resultan yang terbesar, kemudian diikuti factor jenis pemesinan dan faktor kedalaman potong sebagai faktor yang pengaruhnya lebih kecil.

Dari grafik *main effect plot* dapat diketahui pula bahwa kombinasi optimum parameter terkait respon kesalahan *pitch* pada ulir titanium yaitu kecepatan potong 25.12 m/min (level 3), kedalaman potong 0.143 mm (level 2) dan jenis pemesinan menggunakan minyak kelapa sawit (level 2).

b. Analisis Menggunakan Grafik



Gambar 3. Grafik pengaruh kecepatan potong terhadap kesalahan jarak *pitch*

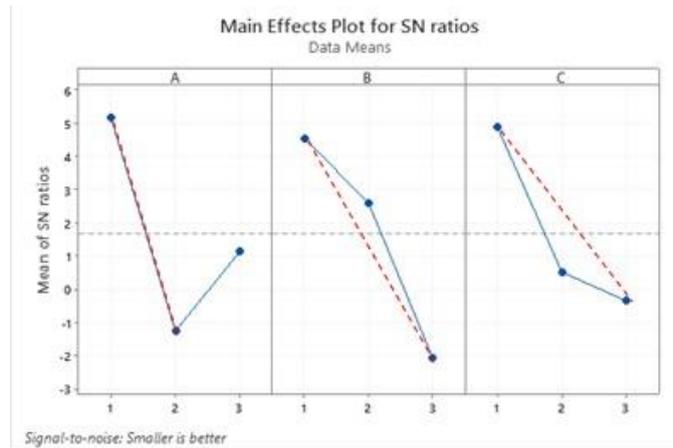
pada gambar diatas menunjukkan bahwa grafik kesalahan jarak *pitch* mengalami penurunan secara konsisten seiring bertambah besarnya kecepatan potong yang dilakukan. Kesalahan *pitch* terkecil yaitu 0.170 mm terdapat pada kecepatan potong 25.12 m/min dan menggunakan jenis pemesinan kelapa sawit, sedangkan kesalahan *pitch* terbesar yaitu 0.195 mm terdapat kecepatan potong 17.58 m/min dan menggunakan jenis pemesinan kering .

Tabel 5. Analisis varian untuk S/N rasio

Source	DF	SS	Adj SS	Adj MS	F	P	Persen kontribusi
Kecepatan Potong	2	63.347	63.347	31.6734	55.05	0.018	34.84855 15 %
Kedalaman Potong	2	69.778	69.778	34.8891	60.64	0.016	38.38638 34 %
Jenis Pemesinan	2	47.502	47.502	23.7511	41.28	0.024	26.13187 51 %
Residual Error	2	1.151	1.151	0.5754			
Total	8	181.778					

Pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa semua faktor terbukti berpengaruh terhadap

respon kesalahan sudut, karena F hitungnya lebih besar jika dibandingkan F tabel (5.14). sedangkan untuk nilai p-value ketiga faktor signifikan karena besar p-value < 0.05. Namun jika dilihat dari nilai persen kontribusinya kedalaman potong merupakan faktor yang paling dominan terhadap kesalahan sudut. Untuk melihat lebih lanjut maka dapat dilihat menggunakan grafik main effect plot S/N Rasio pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik *main effect plot* S/N rasio untuk kesalahan sudut ulir

Pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa garis resultan terbesar yaitu pada faktor kedalaman potong, kemudian diikuti faktor kecepatan potong dengan selisih besar garis resultan yang tidak terlalu besar, dan yang terakhir yaitu faktor jenis pemesinan yang menghasilkan garis resultan terkecil. Dari grafik *main effect plot* diketahui kombinasi parameter yang optimum yaitu kecepatan potong 17.58 m/min (level 1) dan kedalaman potong 0.085 mm (level 1) serta pemesinan kering (level 1). Kecepatan potong merupakan parameter pemotongan yang berdampak langsung terhadap suhu pemotongan, sehingga bila suhu tinggi maka akan memberikan efek pemanasan yang berakibat pada kualitas pemesinan [9].

Tabel 6. Test prediksi

Level	Kecepatan Potong (A)	Kedalaman Potong (B)	Jenis Pemesinan (C)
1	5.1738	4.5520	4.8967
2	-1.2561	2.5937	0.5278
3	1.1429	-2.0851	-0.3539
Delta	6.4299	6.6371	5.2505
Rank	2	1	3

Dari hasil tes prediksi yang dilakukan pada parameter kesalahan terkecil jarak *pitch* didapatkan hasil S/N Rasio yang tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran yang dilakukan. S/N rasio hasil pengukuran memiliki selisih 0,32 % terhadap nilai S/N rasio hasil prediksi. Pada kesalahan sudut ulir hasil tes prediksi dan hasil pengukuran juga tidak jauh berbeda dengan selisih S/N rasio hasil pengukuran 3.85 % terhadap nilai S/N rasio dari tes prediksi. Pengujian prediksi perlu dilakukan untuk menferikasi perbedaan antara pengujian dan prediksi [10]. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat deviasi dan kesalahan antara keduanya.

4. KESIMPULAN

1. Analisis single respon Taguchi, menunjukkan faktor berpengaruh signifikan pada kesalahan jarak *pitch* ulir yaitu kecepatan potong dan jenis pemesinan. Sedangkan faktor berpengaruh signifikan pada kesalahan sudut ulir yaitu kedalaman potong, kecepatan potong dan jenis pemesinan.
2. Nilai kesalahan jarak *pitch* ulir minimum yaitu 0,170 mm didapatkan pada parameter kecepatan potong 25.12 m/min dan kedalaman potong 0,143 mm, jenis pemesinan minyak sawit dan semakin tinggi kecepatan potong maka semakin rendah nilai kesalahan jarak *pitch* ulir. Sedangkan nilai kesalahan sudut ulir minimum yaitu 0,260° didapatkan pada parameter kecepatan potong 17.58 m/min dan kedalaman potong 0,085 mm, jenis pemesinan kering dan semakin rendah kedalaman potong maka semakin rendah nilai kesalahan sudut ulir.
3. Kondisi pemotongan optimal pada kesalahan jarak *pitch* yaitu pada parameter kecepatan potong 25.12 m/min (level 3), kedalaman potong 0.108 mm (level 2) dan jenis pemesinan minyak sawit (level 2). Kondisi pemotongan optimal pada kesalahan sudut ulir yaitu pada parameter kecepatan potong 17.58 m/min (level 1), kedalaman potong 0.085 mm (level 1) dan jenis pemesinan kering (level 1).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat dan Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung atas fasilitasi penggunaan peralatan Laboratorim.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Donachie Jr, Matthew J. 2000. *Titanium: A Technical Guide, Secon Edition*. ASM International.
- [2] Suseno, Alan. 2018. *Pengaruh Parameter Pemotongan Pada Proses Bubut Ulir (Threading) Terhadap Kepresisian Geometri Ulir Magnesium Paduan AZ31*. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [3] Ibrahim, G.A. 2014. *Pengaruh Pemesinan Kering Terhadap Kekasaran dan Kekerasan Permukaan Paduan Titanium*. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- [4] Falah, Muhamad.D.A. 2020. *Optimasi Parameter Pemesinan Ulir Magnesium Menggunakan Metode Taguchi-Grey Relation Analysis*. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- [5] Rahmadani, Nur A., Sunaryo, Soni. Akbar, Muhammad S., 2012, “*Penerapan Pendekatan Gabungan Grey Relational Analysis (GRA) dan Principal Component Analysis (PCA) Pada Metode Taguchi Multirespon*”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya
- [6] Aufadia. 2020. *Kajian Simulasi Fem 3d: Keausan Pahat Twist Drill Pada Pemesinan Micro Drilling Material Ti6Al4V*. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- [7] M. J. Donachie. 1988. *Titanium: a technical guide*. ASM International Metals Park, Mesin, FTI-ITB. Bandung.
- [8] Suseno, Alan. 2018. *Pengaruh Parameter Pemotongan Pada Proses Bubut Ulir (Threading) Terhadap Kepresisian Geometri Ulir Magnesium Paduan AZ31*. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [9] Setiawan, Feny. 2014. *Karakterisasi Penyalaan Magnesium AZ31 Pada Proses Bubut Menggunakan Aplikasi Thermografi*. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [10] Purnomo, Bagus. 2017. *Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Magnesium AZ31 Yang Dibubut Menggunakan Pahat Putar Dan Udara Dingin*. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.