

Optimasi Parameter Pemesinan Ulir Ti-6Al-4V ELI terhadap Jarak Pitch dan Sudut Ulir Menggunakan Metode Taguchi

GUSRI AKHYAR IBRAHIM, ARINAL HAMNI, CICI SEPTIANI, YANUAR BURHANUDDIN

ABSTRACT

Paduan titanium merupakan salah satu material ringan yang banyak digunakan karena memiliki sifat yang rasio kekuatan dan berat yang baik dan tahan terhadap korosi. Hal ini menunjukkan bahwa pembuatan ulir titanium untuk diaplikasikan pada bidang biomedic sangat baik, karena ia juga memiliki biokompatibel yang bagus. Kepresisian geometri ulir memberikan pengaruh yang besar terhadap kualitas ulir terutama pada saat ulir bekerja bila sudah digunakan sebagai penyambung tulang. Tujuan penelitian adalah melakukan optimasi parameter pemesinan untuk mendapatkan kondisi optimal pembuatan baur ulir dengan respon jarak puncak ulir dan sudut. Kesalahan geometri ulir pada proses pemesinan bubut ulir dipengaruhi oleh kecepatan potong, kedalaman potong, dan jenis pelumas, sedangkan respon yang amati pada penelitian adalah kesalahan pitch dan kesalahan sudut ulir. Pembuatan baut ulir M4 x 0.7 dilakukan dengan menggunakan 3 faktor dan masing-masingnya 3 level. Metode disain penelitian yang digunakan adalah Metode Taguchi dengan masing-masing 3 level sehingga dipilih susunan orthogonal L9. Tiga Faktor pemotongan adalah kecepatan potong (17.58, 21.35, dan 25.12 m/min), kedalaman potong (0.085, 0.108, dan 0.143 mm) dan jenis pelumas (kering, minyak sawit dan minyak sintetik). Hasil menunjukkan bahwa kondisi optimal pemotongan untuk menghasilkan kesalahan puncak terkecil adalah 0.170 mm, dimana diperoleh pada kondisi pemotongan kecepatan potong 25.12 m/min, kedalaman potong 0.108 mm dan menggunakan jenis pelumas kelapa sawit. Sedangkan kondisi pemotongan optimal untuk menghasilkan kesalahan sudut terkecil adalah kecepatan potong 17.58 m/min, kedalaman potong 0.085 mm dan jenis pemesinan kering, dimana kesalahan sudut terkecil adalah sebesar 0.260°.

Keywords: Baut ulir, pemesinan, titanium, pitch, sudut, Taguchi.

PENDAHULUAN

Titanium dan paduannya ialah jenis logam yang tahan terhadap korosi dan memiliki biokompatibel yang baik dalam tubuh manusia, dimana titanium memiliki simbol Ti. Titanium juga dikatakan elemen yang paling banyak kesembilan dikerak bumi, serta tersebar luas sebab mempunyai afinitas yang besar terhadap oksigen dan elemen lainnya (Gusri, et.al 2020, Yasir, et.al, 2019). Titanium 6Al-4V ELI mempunyai kombinasi kekuatan terhadap berat yang baik dan memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi. Titanium 6Al-4V ELI juga mempunyai beberapa keunggulan lainnya yaitu lebih ringan dibandingkan dari baja dengan tingkat kekerasan yang sama, dan memiliki kemampuan yang pasif, sehingga menunjukkan ketahanan terhadap mineral asam protein serta klorida (Donachie dan Matthew, 2000).

Paduan titanium digunakan pada temperatur mulai dari 0 sampai 600° C., dimana tidak hanya digunakan pada bidang industri pesawat terbang, akan tetapi paduan titanium juga digunakan pada bidang medis seperti implant tulang (Ibrahim, et al, 2014). Material titanium jenis Ti-6Al-4V ELI adalah material yang banyak digunakan untuk implan tulang, dikarenakan material ini memiliki sifat biokompatibilitas dan biomekanis yang baik dengan tubuh manusia (Falah dan Muhamad, 2020). 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. Sementara itu dalam proses pemesinan, material titanium dikategorikan sebagai material yang sulit dimesin karena memiliki konduktivitas yang tidak baik, modulus elastisitas yang rendah dan bereaksi dengan bahan lain (Gusri, et.al, 2017, Gusri, et.al, 2020). Beberapa usaha untuk

mengantisipasi kelemahan titanium pada saat proses pemesinan diantaranya yaitu dengan pemilihan parameter pemotongan yang tepat, pemilihan media pendingin, pemilihan mata pahat dan beberapa usaha lain (Gusri, et.al, 2020). Hal ini bertujuan untuk mendapatkan parameter pemotongan maupun faktor lain yang dapat membantu mengoptimalkan kualitas hasil pemesinan titanium (Aufadia, 2020).

Dalam bidang biomedik, komponen baut ulir digunakan sebagai penyambung tulang yang patah atau lebih dikenal dengan implant tulang. Bagaimanapun juga, komponen ulir yang digunakan memerlukan untuk tingkat ketelitian yang baik sehingga tidak menghadapi kendala Ketika ditanamkan ke dalam tubuh manusia (Fariza dan Feri, 2017). Untuk mendapatkan kualitas produk baut ulir yang baik dibutuhkan proses optimasi agar didapatkan kondisi parameter pemesinan yang optimal, dalam hal menghasilkan komponen baut ulir yang presisi. Proses optimasi dilakukan, diawali dengan penentuan disain penelitian yang didasarkan kepada jumlah faktor dan level dari masing-masing parameter yang dipilih. Metode Taguchi dipilih karena metode ini dikenal sebagai metode yang robust sehingga hasil yang diperoleh memiliki presisi yang baik dengan mempertimbangkan semua faktor dalam waktu bersamaan (Rahmadani, Nur, Soni dan Muhamad, 2012).

Proses pembuatan ulir dilakukan menggunakan proses bubut (turning), dimana pahat yang digunakan adalah pahat ulir [7], dengan menentukan parameter yang memberikan dampak terhadap kualitas komponen yang dihasilkan. Parameter pemotongan yang dioptimasi antaranya adalah faktor kecepatan potong, kedalaman potong, pemakanan, jenis pahat yang digunakan dan metode pemesinan yang dipilih, apakah menggunakan pelumas atau tidak [2]. Metode Taguchi dengan susunan ortogonal ditentukan berdasarkan jumlah faktor dan level yang dipilih. Untuk susunan jumlah faktor 3 dan masing-masingnya 3 level, maka jumlah sampel penelitian yang direkomendasikan adalah L9 (Taguchi, chowdury, Yui, 2005).

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu maka penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi parameter pemesinan ulir material Ti-6Al-4V ELI terhadap jarak puncak (pitch) dan sudut ulir menggunakan Metode Taguchi. Proses bubut ulir dilakukan menggunakan disain penelitian yang terdiri dari 3 faktor dan

masing-masing 3 level, sehingga susunan ortogonal yang digunakan L9. Jenis pemesinan yang digunakan menggunakan dua jenis pelumas dan 1 tanpa menggunakan fluida pemotongan

METODE PENELITIAN

Benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah material Ti-6Al-4V ELI (Extra Low Interstitial), dimana diameter bar adalah 10 mm dan panjang 150 mm. Sementara itu mesin bubut yang digunakan jenis mesin bubut CNC, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Proses pemotongan bubut ulir menggunakan jenis pahat karbida dengan standar ISO 16IR AG60 (Gambar 2). Penelitian ini menggunakan design of experiment yaitu Metode Taguchi dengan susunan ortogonal L9. Yang mana terdiri dari 3 faktor dan masing-masing 3 level. Parameter pemesinan yang dipilih adalah kecepatan potong 17.58, 21.35, dan 25.12 m/min dan kedalaman potong sebesar 0.085, 0.108, dan 0.143 mm, serta metode pemesinan yang digunakan yaitu pemesinan kering, menggunakan pelumas minyak sawit dan minyak sintetik. Sementara itu, pengambilan data terhadap respon adalah kesalahan jarak pitch dan kesalahan sudut ulir.



Gambar 1. Mesin bubut CNC



Gambar 2. Pahat 16IR AG60

Tabel 1. Kombinasi parameter pemesinan mengikuti susunan ortogonal L9 Metode Taguchi

No	Kecepatan Potong (m/min)	Kedalaman Potong (mm)	Jenis Pelumas
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

Tabel 1 menunjukkan kombinasi L9 rencana penelitian, yang terdiri dari 3 faktor yang masing-masing adalah kecepatan potong, kedalaman potong dan jenis pelumas. Faktor kecepatan potong terdiri dari 3 level yaitu 17.58, 21.35 dan 25.12 m/min, kedalaman potong terdiri dari 3 level yaitu 0.085, 0.108. dan 0.143 mm, sedangkan jenis pemesinan adalah kering, minyak kelapa sawit dan minyak sintetik. Pengambilan data melalui proses pemotongan dilakukan dilakukan secara acak, untuk mengeliminasi subjektif operator, sebagaimana kaedah pengambilan data yang dilakukan secara acak. Kecepatan potong didapatkan dengan mengatur putaran spindle, dimana bergantung juga pada diameter benda kerja yang digunakan (10 mm). Sedangkan kedalaman potong potong ditentukan berdasarkan tinggi puncak ulir (1.5 mm) dan berapa kali pemotongan dilakukan. Sementara itu, pelumas dilakukan dengan cara menyemprotkan ke area pemotongan (ujung mata pahat). Pemotongan dilakukan beberapa kali hingga mendapatkan diameter ulir yang diinginkan atau diameter puncak (mayor) 4.5 mm dan diameter minor (lembah) sebesar 3.2 mm

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran hasil pengujian terhadap tingkat kesalahan dilakukan pada 3 titik di masing-masing benda kerja di tempat yang berbeda lalu dirata-ratakan. Nilai rata-rata tersebut kemudian diselisihkan terhadap harga standarisasi ulir isometrik. Kemudian didapatkan nilai respon karakteristik kepresisian geometri ulir sebagaimana yang ditunjukkan 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 untuk jarak puncak dan kesalahan sudut ulir

Kesalahan Jarak Pitch (mm)	Kesalahan Sudut Ulir (°)
0.195	0.260
0.183	0.570
0.192	1.130
0.180	0.998
0.184	1.250
0.190	1.237
0.175	0.800
0.180	0.573
0.170	1.470

1. Analisa Varian Taguchi

Data hasil pengujian diperoleh 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. Sementara karakteristik yang digunakan adalah kriteria karakteristik dari ketiga respon adalah *Smaller is Better*.

Tabel 3. S/N rasio untuk masing-masing respon

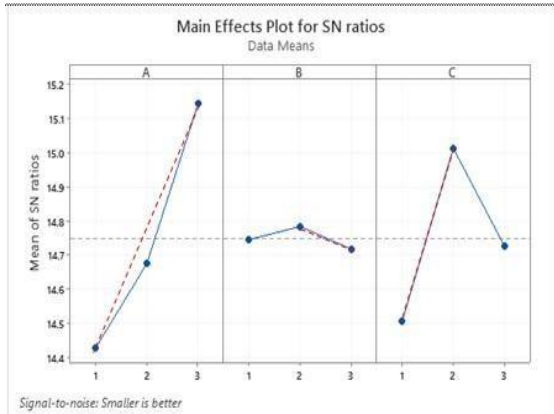
SNRA Pitch	SNRA Sudut
14.19	11.70
14.75	4.882
14.33	-1.061
14.89	0.017
14.70	-1.938
14.42	-1.847
15.13	1.938
14.89	4.836
15.39	-3.346

Tabel 4. Analisis varian untuk S/N rasio

source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	Kontribusi (%)
Kecepatan potong	2	0.788	0.788	0.394	106.58	0.009	66.32
Kedalaman Potong	2	0.006	0.006	0.003	0.90	0.525	0.56
Jenis pelumas	2	0.386	0.386	0.193	52.23	0.019	32.5
Residual Error	2	0.007	0.007	0.003			
Total	8	1.188					

Pada Tabel 4. dapat diketahui bahwa 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 tabelnya yaitu kecepatan potong dan jenis pelumas

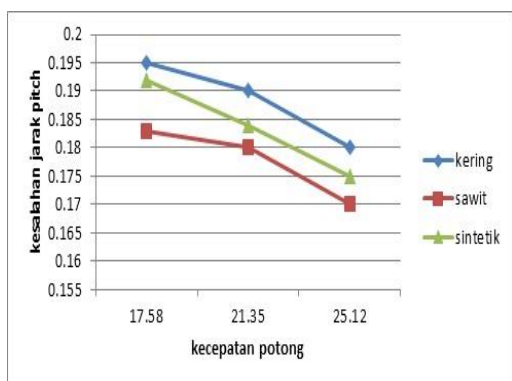
sedangkan untuk nilai p-value kedua faktor signifikan karena besar p-value < 0.05, namun apabila dilihat dari persen kontribusinya yang paling dominan adalah kecepatan potong yang paling signifikan terhadap kesalahan pitch. Untuk melihat lebih lanjut maka dapat dilihat menggunakan grafik main effect plot S/N Rasio pada Gambar 4.



Gambar 3. Grafik main effect plot S/N rasio untuk kesalahan jarak pitch

Gambar 3 menunjukkan bahwa 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, dapat diketahui faktor kecepatan potong berpengaruh paling signifikan karena memiliki garis resultan yang terbesar, kemudian diikuti faktor jenis pelumas 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 pelumas menggunakan minyak kelapa sawit (level 2).

2. Analisis Menggunakan Grafik



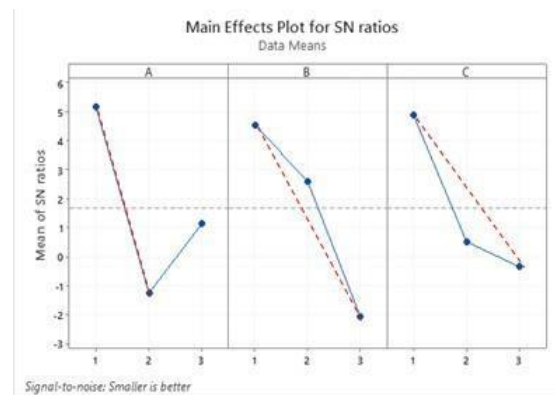
Gambar 4. Grafik pengaruh kecepatan potong terhadap kesalahan jarak pucak ulir (pitch)

Gambar 4 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 pelumas kelapa sawit, sedangkan kesalahan pitch terbesar yaitu 0.195 mm terdapat kecepatan potong 17.58 m/min dan menggunakan jenis pelumas kering

Tabel 5. Analisis varian untuk S/N rasio dari jarak puncak dan sudut ulir

Source	DF	SS	Adj SS	Adj MS	F	P	kontribusi (%)
Kecepatan Potong	2	63.347	63.347	31.673	55.05	0.018	34.84
Kedalaman Potong	2	69.778	69.778	34.889	60.64	0.016	38.38
Jenis pelumas	2	47.502	47.502	23.751	41.28	0.024	26.13
Residual	2	1.151	1.151	0.575			
Error							
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

Gambar 5 menunjukkan 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 pelumas 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).

Tabel 6. Test prediksi sebagai konfirmasi

Respon	Hasil pengukuran	Hasil prediksi	Selisih S/N Rasio (%)
Kesalahan jarak <i>pitch</i>	15.391	15.440	0.32
Kesalahan sudut	11.700	11.248	3.85

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.

KESIMPULAN

1. Analisis single response Metode Taguchi, menunjukkan faktor berpengaruh signifikan pada kesalahan jarak pitch ulir yaitu kecepatan potong dan jenis pelumas. Sedangkan faktor berpengaruh signifikan pada kesalahan sudut ulir yaitu kedalaman potong, kecepatan potong dan jenis pelumas.
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 pelumas minyak sawit dan semakin tinggi kecepatan potong maka semakin rendah nilai kesalahan jarak pitch ulir.
3. Nilai kesalahan sudut ulir minimum yaitu $0,260^\circ$ didapatkan pada parameter kecepatan potong 17.58 m/min dan kedalaman potong 0,085 mm, jenis pelumas kering dan semakin rendah kedalaman potong maka semakin rendah nilai kesalahan sudut ulir.

4. 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 pelumas minyak sawit (level 2).
5. 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 pelumas kering (level 1).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih banyak ditujukan kepada Fakultas Teknik yang telah memberikan dukungan pendanaan melalui penelitian skema DIPA Fakultas. Kemudian penghargaan yang tinggi ditujukan kepada Jurusan Teknik Mesin yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian melalui penggunaan Laboratorium dan fasilitas lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Yasir Md Said, Gusri Akhyar Ibrahim, Arinal Hamni, Rabiah Suryaningsih, Yanuar Burhanuddin, 2019, Application of Central Composite Design for Optimization Machining Parameters When Machine Magnesium AZ31, Jurnal: International Journal of Science and Research (IJSR), Volume: 7, ISSN: 2319-7064
- Aufadia. (2020). *Kajian simulasi FEM 3D: keausan pahat twist drill pada pemesinan micro drilling material Ti6AL4V*, Universitas Lampung, Bandar Lampung
- Donachie, Jr, Matthew, J. (2000). *Titanium: A Technical Guide*, Second Edition. ASM International.
- Falah, Muhamad, D.A. (2020). *Optimasi parameter pemesinan ulir magnesium menggunakan Metode Taguchi-Grey Relation Analysis*, Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung, Bandar Lampung
- Fariza, Feri. (2017). *Evaluasi dan analisa kinerja sistem pahat putar modular untuk pemesinan peralatan kesehatan ortopedi berbasis material titanium 6Al-4B ELI*, Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Gusri, A., Arinal, H., Rofika, L. (2020), *Analisis koefisien pengurangan tatal (chip reduction coefficient) pada*

- pemesinan bubut magnesium AZ31 menggunakan pahat putar*, Manutech: Jurnal SIMETRIS Vol. 11, No. 2,
- Gusri, A., Joni, I., Arinal, H., Sri, M. (2017), *Analisa keausan pahat pada pemesinan bor magnesium AZ31 menggunakan Metode Taguchi*, Jurnal Teknik Mesin Indonesia, Volume: 12, ISSN: :2597-7563,
- Ibrahim, G.A. (2014). *Pengaruh pemesinan kering terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan paduan titanium*, Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Rahmadani, Nur A., Sunaryo, Soni. A., 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.
- Suseno, A. (2018). *Pengaruh parameter pemotongan pada proses bubut ulir (threading) terhadap kepresisian geometri ulir magnesium paduan AZ31*, Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung, Bandar Lampung

PENULIS:

Gusri Akhyar Ibrahim
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Lampung
Email: gusri.akhyar@eng.unila.ac.id

Arinal Hamni
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Lampung

Cici Septiani
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Lampung

Yanuar Burhanuddin
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Lampung