

STUDI PEMESINAN Ti6246 DENGAN JATROPHA CURCAS SEBAGAI BIO-LUBRICANT TERHADAP SURFACE ROUGHNESS DAN BENTUK GERAM

Iis Siti Aisyah¹, Mukhammad Rusdianto², A. Fauzan Hery³

^{1,2,3} Universitas Muhammadiyah Malang, Malang

Kontak Person:

Iis Siti Aisyah

Jalan Raya Tlogomas 246 Malang, Telp/Fax: (0341) 464318-319

E-mail: siti@umm.ac.id

Abstrak

*Machinability paduan titanium umumnya dianggap buruk karena memiliki kecenderungan geram untuk menempel ke alat pemotong selama pemesinan, sehingga menyebabkan chipping dan kegagalan alat secara prematur. Dilihat dari sisi fungsinya, media pendingin adalah salah satu faktor penyebab buruknya pemesinan titanium. Penggunaan cairan kimia dalam proses turning titanium dianggap banyak resiko sehingga dilakukan penelitian menggunakan bio-oil sebagai cutting fluid. Penelitian ini menetapkan minyak jarak (*Jatropha curcas* lim) sebagai cairan pendingin pada proses pembubutan titanium (Ti6246). Metode penelitian ini bervariasi pada banyaknya kandungan minyak *Jatropha curcas* yang diemulsikan dengan air untuk menginvestigasi kekasaran permukaan benda kerja dan bentuk geram hasil pembubutan titanium. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan *Jatropha curcas* oil sebagai cutting fluid proses pemesinan titanium dengan kecepatan sedang menghasilkan nilai kekasaran yang cukup rendah yaitu 1,852 μm . Pencampuran air sebagai emulsi (*water soluble fluid*) dengan minyak *Jatropha curcas* dalam praktiknya dapat mengurangi temperature, namun tidak berkontribusi pada kekasaran permukaan ataupun sifat mampu mesin, dalam hal ini bentuk geram. Dan DoS yang tertinggi terdapat pada 100% JC.. Selain itu, bentuk geram (*chips*) yang dihasilkan oleh proses pemesinan ini termasuk *serrated chips* (atau biasa disebut *segmented or nonhomogeneous chips*) yang bergerigi dan semi continue*

Kata kunci: Pelumas, *Jatropha Curcas*, Surface Roughness dan Titanium

1. Pendahuluan

Machinability paduan titanium umumnya dianggap buruk karena memiliki kecenderungan geram untuk menyatu ke alat pemotong selama pemesinan, sehingga menyebabkan chipping dan kegagalan alat secara prematur. Selain itu, kekuatan tinggi dipertahankan pada suhu tinggi dan modulus elastisitasnya yang rendah semakin mengganggu machinabilitasnya. Namun, sebagian besar komponen titanium masih diproduksi dengan metode pemesinan konvensional. Hampir semua jenis operasi pemesinan, seperti turning, milling, drilling, reaming, tapping, sawing, dan grinding digunakan untuk memproduksi komponen kedirgantaraan [1].

Dalam prakteknya ada beberapa hal yang dapat ditentukan pada proses turning titanium, salah satunya adalah nilai kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan suatu benda kerja dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya adalah kecepatan putar spindle, jenis pahat ataupun kedalaman potong. Bahkan media pendingin juga berpengaruh dalam hasil kekasaran permukaan paduan titanium, karena pada dasarnya cairan pendingin juga berfungsi untuk mengurangi gaya pemotongan dan penempelan chip yang biasa dialami paduan titanium.

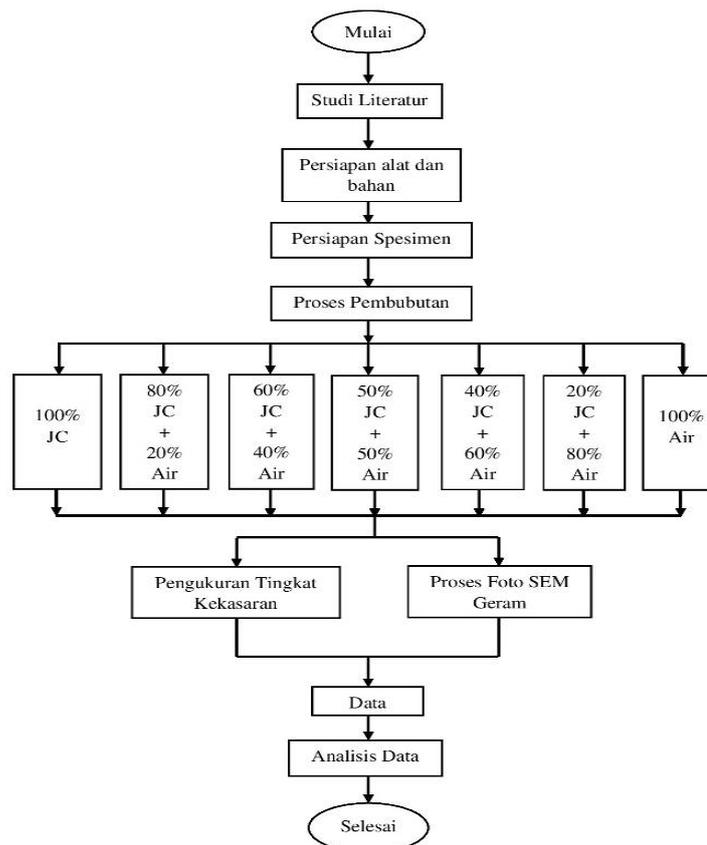
Penggunaan cairan kimia dalam proses turning titanium dianggap banyak resiko sehingga dilakukan penelitian menggunakan bio-oil sebagai cutting fluid, yang bertujuan untuk mengurangi memburuknya gangguan kesehatan operator, mengurangi polusi lingkungan dan meminimalkan biaya produksi. Hasil kekasaran permukaan titanium dari penelitian sebelumnya dengan menggunakan kecepatan yang sama yakni 63 m/min kekasaran permukaan baja titanium tanpa media pendingin sebesar 2,180 μm , dan menggunakan media pendingin palm oil sebesar 2,325 μm . Jadi media pendingin bio-oil berpengaruh sebesar 6,65% terhadap kekasaran permukaan baja titanium [2]. Hal tersebut juga diterapkan pada baja ST41 dengan perbandingan campuran minyak jarak pagar (JCO) dengan pelumas mineral yaitu 90:10, 80:20, dan 70:30. Hasil optimum yang diperoleh adalah pada rasio 70:30 dimana laju keausan 9,61 / kg [3].

Minyak Jarak (*Jatropha Curcas* L oil) adalah salah satu bio-oil yang memiliki kandungan FFA dan trigliserida yang memiliki profil asam lemak dan profil regiospesifik atau stereospesifik yang

berfungsi untuk meningkatkan stabilitas oksidatif atau termal dan juga dapat berfungsi sebagai lubricants [4]. Ditemukan juga bahwa *Jatropha Curcas* Oil merupakan salah satu komposisi metal working fluid [5]. Disamping itu, telah dikembangkan di Universitas Muhammadiyah Malang bibit unggul *Jatropha curcas* yang tahan kekeringan, produktifitas tinggi, dan mengandung free fatid acid $FFA < 4\%$ [6]. Ketika JCO dicampur dengan potensi minyak pembawa, memberikan hasil bahwa EVOO (extra virgin olive oil) dan SFO (minyak bunga matahari) berpotensi untuk digunakan sebagai minyak pembawa dalam proses pra-perawatan minyak jarak pagar sebagai pelumas. Hal ini dikarenakan, hasil viskositas dan densitas campuran JCO dengan kedua minyak yang digunakan sebagai minyak pembawa membuat densitas dan viskositas JCO juga menurun [7]. Metode dan komposisi yang berkaitan dengan bio-oil cutting fluid seperti *Jatropha Curcas* L dapat diterapkan pada logam seperti besi cor aluminium atau besi cor abu-abu dalam operasi milling, tapping dan / atau drilling [8]. Bahkan suatu komposisi fluida pendingin proses permesinan yang didalamnya terdapat minyak *Jatropha curcas* disebutkan cocok digunakan untuk proses permesinan yang sulit seperti titanium [9].

2. Metoda Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan melakukan tinjauan pustaka dari berbagai sumber lainnya. Dalam penelitian ini menggunakan bahan Ti6246 dengan minyak *Jatropha curcas* sebagai cuttingfluid yang bertujuan untuk mengetahui kekasaran permukaan dan bentuk geram (chips) hasil turning titanium tersebut. Penelitian ini dapat dijelaskan secara sederhana pada diagram proses alir penelitian pada gambar 1 berikut :



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Bahan yang digunakan adalah Titanium 6246 yang memiliki modulus elastisitas rendah tetapi memiliki sifat mekanik dengan suhu tinggi yang baik. *Jatropha Curcas* Oil, adalah bio-oil yang digunakan sebagai salah satu komposisi dari cutting fluid pada pengujian ini. Air sebagai zat cair yang menjadi campuran atau yang diemulsikan dengan *Jatropha curcas* oil menjadi cuttingfluid. Beberapa alat yang digunakan ketika pemesinan, yaitu Mesin Bubut Konvensional nomor seri C6136B yang dimiliki

oleh Lab Proses Produksi Universitas Muhammadiyah Malang. Pahat Potong Mesin Bubut menggunakan pahat cemented carbide C109/C125.

Pengujian kekasaran permukaan menggunakan Surface Roughness Tester. Permukaan suatu benda kerja dari hasil pengerjaan mesin maupun yang lainnya tentu akan mempunyai kekasaran pada permukaan benda tersebut, baik yang bergelombang maupun yang rata. Kekasaran permukaan benda kerja tersebut dapat diukur menggunakan alat yang biasa disebut surface roughness tester. Alat pengujian kekasaran pada penelitian ini menggunakan surface roughness tester Mitutoyo SJ-210. Surtest SJ-210 ini dirancang sebagai alat pengukuran kekasaran permukaan yang mudah digunakan dan dapat digunakan dimanapun. Pada penelitian ini menggunakan standar ISO 1997 yang sudah diatur oleh Lab. Metrology Industry Universitas Brawijaya. Dan pada hasil yang didapat bukan hanya sebuah hasil perhitungan kekasaran permukaan saja, tetapi Surftest SJ-210 juga dapat menampilkan hasil perhitungan sectional dan profil yang dinilai, kurva beban, dan kurva distribusi amplitudo. Pada penelitian ini geram/chip hasil pembubutan titanium akan dilakukan pengamatan mikro dengan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) tipe TM3000 yang ada di Lab. Biologi Universitas Muhammadiyah Malang.

3. Hasil dan Pembahasan

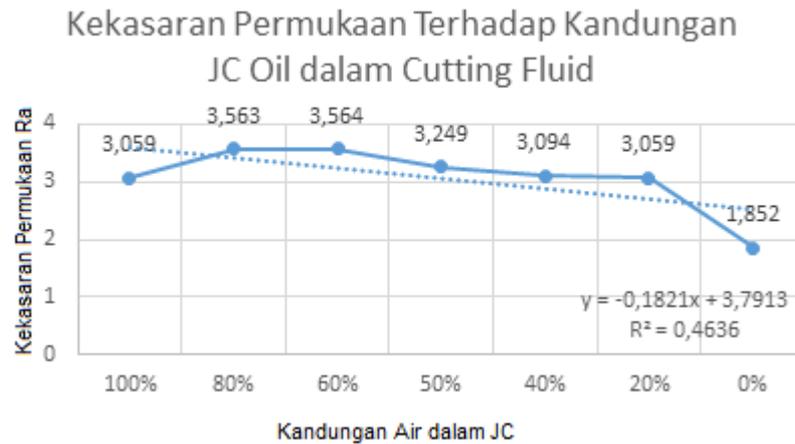
3.1 Pembahasan Data Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

Dalam pengujian kekasaran permukaan titanium diambil tiga titik yang berbeda dari masing – masing pembubutan dengan variasi cuttingfluid. Berikut data – data yang diperoleh dalam pengujian kekasaran permukaan :

Table 1 Hasil Uji Kekasaran Permukaan

Cutting Fluid	Ra (μm)		Rz (μm)		Rq (μm)	
	Pengukuran	Rata - Rata	Pengukuran	Rata - Rata	Pengukuran	Rata - Rata
100% Air	1 = 2,963	3,059	1 = 13,689	13,953	1 = 3,640	3,735
	2 = 3,064		2 = 14,125		2 = 3,748	
	3 = 3,150		3 = 14,047		3 = 3,817	
80% Air + 20% JC	1 = 3,530	3,563	1 = 15,989	16,057	1 = 4,419	4,434
	2 = 3,543		2 = 15,927		2 = 4,415	
	3 = 3,618		3 = 16,256		3 = 4,468	
60% Air + 40% JC	1 = 3,671	3,564	1 = 16,368	15,969	1 = 4,582	4,498
	2 = 3,470		2 = 15,695		2 = 4,440	
	3 = 3,553		3 = 15,844		3 = 4,472	
50% Air + 50% JC	1 = 3,261	3,249	1 = 14,888	14,808	1 = 4,134	4,111
	2 = 3,195		2 = 14,847		2 = 4,067	
	3 = 3,292		3 = 14,689		3 = 4,132	
40% Air + 60% JC	1 = 3,114	3,094	1 = 13,914	14,029	1 = 3,966	3,918
	2 = 3,064		2 = 13,889		2 = 3,887	
	3 = 3,105		3 = 14,285		3 = 3,902	
20% Air + 80% JC	1 = 3,078	3,059	1 = 14,124	13,903	1 = 3,867	3,848
	2 = 3,033		2 = 13,761		2 = 3,811	
	3 = 3,068		3 = 13,826		3 = 3,867	
100% JC	1 = 1,788	1,852	1 = 8,257	8,439	1 = 2,193	2,269
	2 = 1,848		2 = 8,416		2 = 2,264	
	3 = 1,920		3 = 8,645		3 = 2,350	

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai data – data yang telah didapat dari pengukuran dan perhitungan pada pengujian ini, nilai Ra kemudian diterapkan pada grafik kekasaran permukaan dari masing – masing kandungan cutting fluid pada setiap pengukurannya. Grafik tersebut dapat dilihat pada grafik 3.1 berikut :



Gambar 2. Grafik Kekasaran Permukaan Terhadap Kandungan JC Oil dalam Cutting Fluid

Cairan pemotong merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi hasil permukaan dalam proses pemesinan [10]. Kalpakjian (2009: 608) menerangkan bahwa cairan pemotong mendapatkan akses/jalan ke interface tool-chip dengan cara seeping dari sisi chip melalui aksi kapiler dari jaringan interlocking permukaan asperities di interface sehingga mempengaruhi operasi pemesinan. Pada penelitian sebelumnya, Ramana M.V, dkk membuktikan bahwa penggunaan minyak sawit sebagai cuttingfluid menunjukkan penurunan kekasaran permukaan dibandingkan dengan menggunakan minyak kering, serta kelapa sawit dengan asam borat.

Seperti pada grafik diatas menunjukkan perbandingan nilai kekasaran permukaan dari penggunaan kandungan 100% jatropha curcas oil, jatropha curcas oil diemulsikan dengan air, hingga penggunaan 100% air sebagai cuttingfluid . Ketika kandungan JC diturunkan dan diemulsikan dengan air maka dari hasil pengukuran terjadi peningkatan nilai kekasaran permukaan dibanding penggunaan 100% minyak jc. Hal ini membuktikan bahwa JC sangat efektif sebagai pendingin dan sebagai minyak pelumas dimana dapat mengurangi atau menghilangkan kecenderungan air yang menyebabkan oksidasi [10], sehingga JC ini bagus untuk pelumas dan penghantar panas pada proses pemesinan [11].

Pada proses pemesinan titanium, jathropa curcas oil merupakan cairan pendingin yang memiliki daya lumas yang baik. Minyak murni menghasilkan pelumasan terbaik, akan tetapi sifat pendinginannya paling jelek diantara cairan pendingin yang lain [11]. Daya pelumasan yang baik ini terbukti ketika pada proses pemesinan titanium, geram yang timbul akibat proses pemotongan keluar dari cutting zone, dan tidak terjadinya penyatuan geram dengan cutting tool sehingga dapat memperpanjang umur pahat. Berbeda halnya dengan penggunaan air sebagai cuttingfluid proses pemesinan titanium. Seperti pada gambar 3.1 berikut :



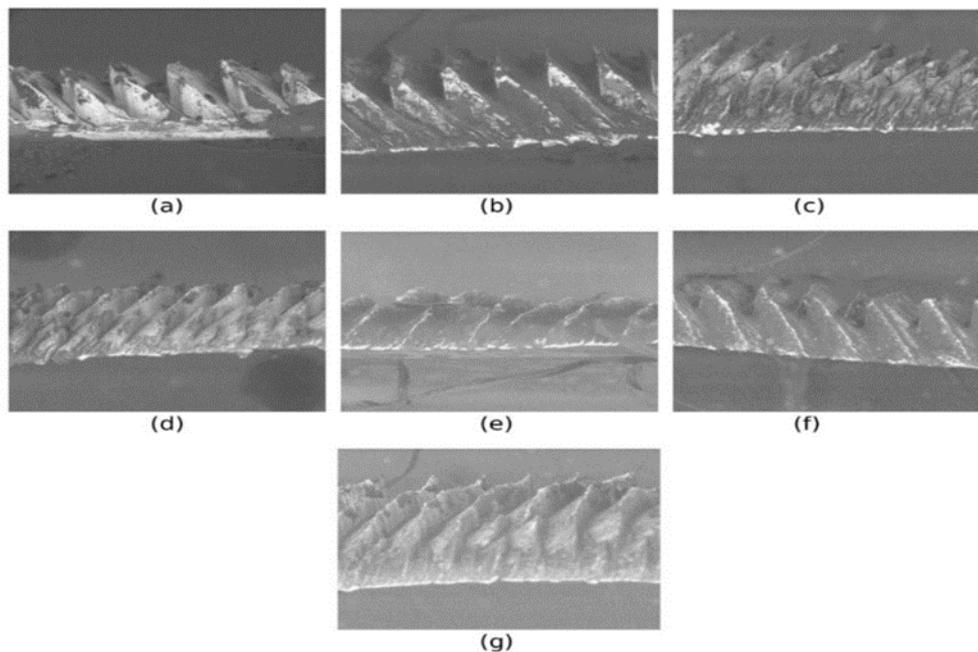
Gambar 3. Geram menyatu pada benda kerja

Pada proses pemesinan titanium, geram hasil pembubutan dengan menggunakan air sebagai cairan pendingin tidak dapat keluar dari cutting zone. Hal tersebut terjadi karena air dianggap hanya konsentrasi pada pendinginan dan tidak mengurangi oksidasi, sehingga geram menempel pada cutting tool. Pada dasarnya, kecepatan potong yang rendah memerlukan cairan pendingin dengan daya lumas yang tinggi [11].

Air berpengaruh besar terhadap kekasaran permukaan benda kerja karena air dapat mengurangi temperatur pada ujung cutting tool dan benda kerja sehingga menghindarkan terjadinya thermal deformation. media pendingin air merupakan yang paling baik, karena air dapat menyerap panas lebih baik dari semua variasi cutting fluid [11]. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian diatas bahwa nilai kekasaran permukaan terendah terjadi pada penggunaan 100% air sebagai cuttingfluid. Akan tetapi, air pada prosesnya tidak begitu baik untuk mencegah terjadinya penyatuan geram dengan cutting tool dan mengurangi korosi pada mesin perkakas (khususnya cutting tool) dan benda kerja.

3.2 Hasil Foto Mikro Geram

Dalam pengamatan foto mikro geram hasil pembubutan titanium yang telah dilakukan dengan variasi pada kandungan minyak jatropa curcas sebagai cuttingfluid, diperoleh hasil foto sebagai berikut :



Gambar 4. Hasil foto mikro geram dari beberapa variasi : (a) geram dari kandungan JC 100%; (b) geram dari kandungan 80% JC + 20% air; (c) geram dari kandungan 60% JC + 40% air; (d) geram dari kandungan 50% JC + 50% air (e) geram dari kandungan 40% JC + 60% air; (f) geram dari kandungan 20% JC + 80% air; (g) geram dari kandungan air 100%.

Pada penelitian ini, mengamati morfologi geram yang terbentuk dari Jenis Titanium Ti6246 dengan kedalaman potong 0,5 mm, kecepatan putar spindel 495 rpm, besar pemakanan 0,21 mm tiap putaran, dan menggunakan pahat Cemented Carbida C109/C125 K20(YG6). Dari ketujuh gambar yang didapat menggunakan pengaturan proses pemesinan yang sama hanya saja bervariasi pada kandungan cuttingfluid.

Pada gambar 4. terlihat morfologi geram membentuk seperti gergaji. Ada beberapa jenis dasar geram yang dihasilkan dalam pemotongan logam ortogonal, diantaranya yaitu: (a) chip continue dengan zona geser sempit, lurus, dan primer; (b) chip kontinyu dengan zona geser sekunder pada antarmuka chip-alat; (c) built up edge; (d) chip yang tersegmentasi atau tidak homogen; dan (e) chip terputus-putus [9]. Jika diamati dari ketujuh foto mikro geram tersebut memiliki karakter yang sama, yaitu chip bergerigi dan semi continue.

Dengan karakter tersebut, chips yang dihasilkan oleh proses pemesinan dapat digolongkan/termasuk serrated chips, (atau biasa disebut segmented or nonhomogeneous chips). Logam dengan konduktivitas termal rendah dan kekuatan yang menurun tajam dengan suhu (pelunakan termal) menunjukkan perilaku ini, terutama titanium [12]. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian diatas bahwa

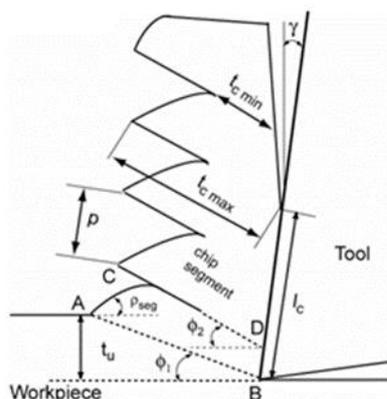
geram yang dihasilkan oleh penggunaan cuttingfluid tersebut sesungguhnya adalah semi-continue. Hal tersebut dapat disebabkan oleh benda kerja yang mengandung inklusi keras, kecepatan potong sangat rendah, atau bahkan kurang efektifnya cairan pemotongan (cuttingfluid) dan juga rendahnya kekakuan dari toolholder atau alat mesin, sehingga memungkinkan getaran pada proses pemesinan.

Saat pemesinan paduan Titanium seperti Ti 6246, bentuk chip yang paling umum dihasilkan adalah gigi gergaji atau bergerigi. Bentuk tersebut merupakan hasil dari terjadinya ketidakstabilan thermo-plastic di zona geser primer. Menurut Komanduri dan von Turkovich [13], pembentukan geram terdiri dari dua tahap, kompresi pertama dari volume bentuk baji di depan alat dan ketidakstabilan termo-plastik kedua dengan akomodasi regangan geser dalam zona geser. Saat pahat maju, segmen chip baru terbentuk dan mendorong chip yang terbentuk sebelumnya sepanjang sudut rake.

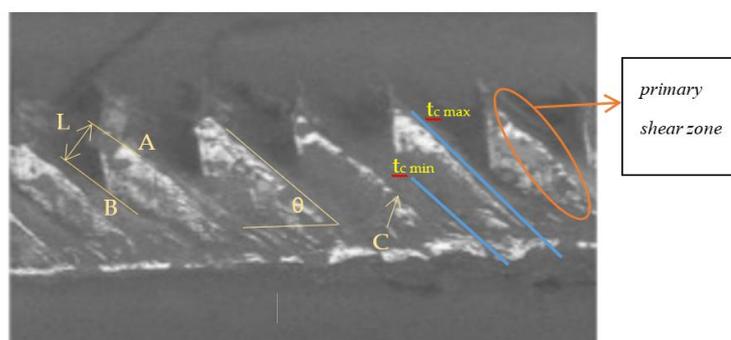
Derajat gerigi yang diperkenalkan oleh beberapa peneliti chip akan rusak. Semakin tinggi derajat gerigi, semakin mudah chip untuk patah. Secara matematis, derajat gerigi dihitung menggunakan rumus berikut :

$$DoS = \frac{t_{c \max} - t_{c \min}}{t_{c \max}} \times 100\%$$

Dimana, DoS merepresentasikan derajat gerigi, $t_{c \max}$ adalah jarak puncak bukit ke dasar bawah (gambar 5). Dan $t_{c \min}$ merupakan jarak antara bottom cliff dan chip base seperti yang disajikan di atas dilakukan pada sekitar beberapa segmen chip, kemudian diambil rata-ratanya. Hasilnya ditunjukkan dalam bentuk perspektif derajat gerigi (DoS), semakin tinggi lebih disukai. Pada pengeboran dihindari chip yang panjang dan tidak dapat dipecahkan karena akan melintir pada badan bor. Dalam perjalanannya keluar dari lubang, keping panjang dapat menggores permukaan yang dibor dan meninggalkan bekas yang tidak diinginkan di atasnya

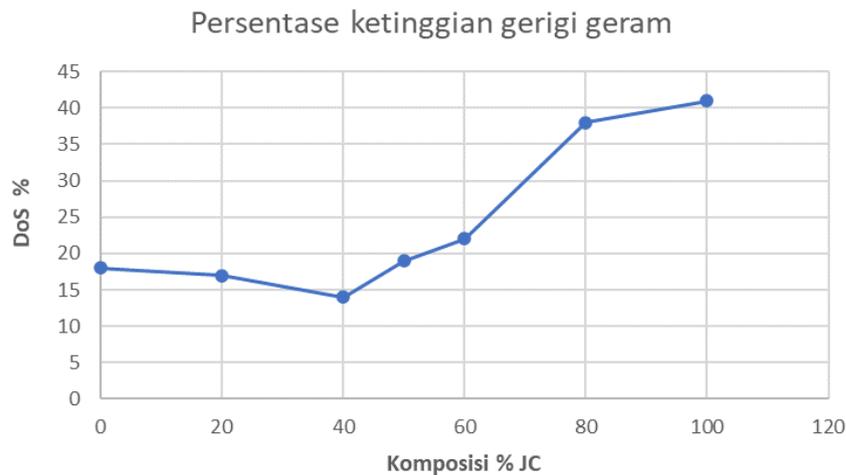


Gambar 5. Bentuk Geram bergerigi



Gambar 6. Foto geram hasil bubut

Dari hasil pengukuran dan perhitungan derajat gerigi pada geram hasil bubut dengan menggunakan pelumas campuran JC dengan emulsi air, diperoleh data sebagai berikut ini :



Gambar 7. Hasil perhitungan DoS gerigi geram

Dari gambar 4 dilakukan pengukuran t_c max dan t_c min, mengikuti formula DoS yang telah ditentukan, maka tampak bahwa peran air sebagai emulsified campuran pada JC memberi kontribusi negatif pada bentuk geram dengan gerigi rendah, sehingga akan sulit patah. Hal ini karena air sedikit mengurangi viskositas campuran. Sedangkan viskositas sangat berpengaruh pada proses pelumasan

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh bahwa penggunaan jatropha curcas oil sebagai cuttingfluid proses pemesinan titanium dengan kecepatan sedang menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang rendah yaitu $1,852 \mu\text{m}$. Pencampuran air sebagai emulsi (water soluble fluid) dengan minyak jatropha curcas dalam praktiknya dapat sedikit berkontribusi pada kekasaran permukaan ataupun meningkatkan sifat mampu mesin, dalam hal ini DoS % bentuk geram. Selain itu geram (chips) yang dihasilkan oleh proses pemesinan ini termasuk serrated chips (atau biasa disebut segmented or nonhomogeneous chips) yang berbentuk gerigi dan semi continue. Dan DoS yang tertinggi terdapat pada 100% JC.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Fakultas Teknik UMM melalui skema pendanaan penelitian Blockgrant Puskarekatek 2020 yang telah mendanai penelitian ini.

Referensi

- [1] Ezugwu E.O & Z.M. Wang, 1997, Titanium alloys and their machinability, Journal of Materials Processing Technology, Vol.262–274, No.68, Oktober.
- [2] Ramana V.M, G. Krishna M.R, dkk, Effect of Process Parameters on Surface Roughness in Turning of Titanium Alloy under Different Conditions of Lubrication. Journal of Recent Advances in Robotics Aeronautical and Mechanical Engineering.
- [3] IS. Aisyah et al “Investigasi Potensi Jarak Pagar Sebagai Pelumas Anti Gesek” Seminar Nasional Teknologi Rekayasa 2018, (In Bahasa) <https://doi.org/10.22219/sentra.v0i4.2416>
- [4] Franklin et al, 2017, Tailored Oils, United States Patent, USOO9719114B2.
- [5] G.S. Ravi Palarani et al, 2014, Novel Water Based Metal Working Fluid Composition, Chinese patent, CN105296060A.
- [6] Maftuchah, 2009. Analisis Keragaman Genetik Tanaman Jarak Pagar Lokal (jatropha curcas l.) Berdasarkan penanda molekuler random amplified polymorphic dna.
- [7] D. Kurniawati, IS. Aisyah, “The Potent of Carrier Oil on Pretreatment of Crude Jatropha Curcas Oil” Journal of Energy Mechanical Material and Manufacturing Engineering, vol 5, no 1-2020. doi.org/10.22219/jemme.v5i1.12336

- [8] Melles. R.D.C et al, 2012, Cutting Oil With Vegetal Oil, French patent, WO2013134358A2.
- [9] Takagi et al, 2012, Water-Soluble Metalworking Oil Agent And Usage Thereof, United States Patent Application Publication, US2012O184475A1.
- [10] Kalpakjian, S dan Steven R.S, 2009, Manufacturing Engineering and Technology, Illinois Institute of Technology, Mexico city.
- [11] Rahdiyanta, D. 2010. Buku 6 : Cairan Pendingin Untuk Proses Pemesinan. Jogjakarta : Universitas Negeri Yogyakarta
- [12] Rahmadianto, F. 2015. Pengaruh Variasi Cutting Fluid Dan Variasi Feeding Pada Proses Pemotongan Orthogonal Poros Baja Terhadap Kekasaran Permukaan. Widya Teknika Vol.23 No.2, Oktober
- [13] Komanduri, R.; Von Turkovich, B.F. (1981) New observations on the mechanism of chip formation when machining titanium alloys. Wear, 6: 179–188