

EFEK PELUMASAN METODE *MINIMUM QUANTITY LUBRICATION* (MQL) TERHADAP KUALITAS PERMUKAAN BENDA KERJA MAGNESIUM

Gusri Akhyar Ibrahim¹, Achmad Yahya², Robby Saputra³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Gedung H FT Lt. 2, Jln. Prof.Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145
gusri.akhyar@eng.unila.ac.id, achmadyahya123@yahoo.com,
robbysaputra123@yahoo.com

Abstrak

Magnesium merupakan satu di antara bahan ringan yang banyak digunakan antaranya di bidang otomotif, sport, biomedik dan elektronik, karena memiliki sifat yang ringan dan tahan terhadap korosi. Namun magnesium dikenal sebagai bahan logam yang mudah terbakar, karena memiliki titik nyala yang rendah. Sehingga pada proses pemesinannya harus menggunakan cairan pendingin untuk menurunkan suhu pemotongan. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan pengaruh penambahan pelumas terhadap nilai kekasaran permukaan atau kualitas permukaan. Penelitian ini menggunakan beberapa jenis pelumas yaitu *synthetic oil*, minyak kedelai, dan kelapa sawit yang akan dibandingkan tanpa menggunakan pelumas. Hasil pengujian pemesinan frais untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan material magnesium AZ31 pada parameter kecepatan potong pahat (V_c) 31,4, 40,82, dan 50,24 m/min, gerak makan (f) 0,15 mm/rev, dan kedalaman potong 1 mm menggunakan pahat *end mill* berdiameter 10 mm. Kemudian dilakukan uji kekasaran pada permukaan benda kerja tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekasaran minimum 1,147 μm dicapai dengan menggunakan minyak kelapa sawit dimana hasil tersebut lebih rendah dibandingkan dengan nilai kekasaran maksimum 5,925 μm . Pelumasan menggunakan minyak *synthetic oil* dan minyak kedelai pada pemesinan frais tidak memberikan pengaruh yang besar. Kesulitan bahan pelumas sampai pada area kontak juga mengurangi efektifitas pelumasannya.

Kata kunci: Kekasaran permukaan, magnesium AZ31, MQL.

LATAR BELAKANG

Magnesium dan paduannya adalah material yang mana semakin hari semakin banyak digunakan karena paduan magnesium mempunyai kelebihan dibandingkan dengan logam ringan lainnya. Magnesium termasuk unsur yang berlimpah di permukaan bumi, yang mana diperkirakan ada sekitar 2 % terdapat pada kulit bumi dan terlarut di dalam air laut dengan konsentrasi rata-rata 0,13%. Magnesium ditemukan dalam 60 jenis mineral, di antaranya yang utama adalah dalam bentuk dolomit, magnesit, dan carnalit, yang biasa dijadikan produk komersial [1].

Paduan magnesium dan magnesium murni memiliki sifat yang ringan, mudah terbakar dan mudah bereaksi dengan logam lain. Magnesium tidak cukup kuat dalam bentuk yang murni, sehingga magnesium perlu dipadukan dengan berbagai elemen lain untuk mendapatkan sifat yang lebih baik, terutama kekuatan untuk rasio berat yang tinggi. Salah satu sifat magnesium yang paling dominan adalah sangat mudah beroksidasi dengan cepat (*pyrophoric*), sehingga adanya resiko kebakaran yang mungkin terjadi [2].

Beberapa penggunaan paduan magnesium yang banyak ditemukan adalah di bidang industri antara lain adalah di bidang otomotif, pembuatan pesawat terbang, elektronik [3]. Di antaranya adalah

untuk melapisi bahan-bahan yang terbuat dari besi dan baja sebagai bahan pelindung terhadap korosi, serta komponen elektronik karena magnesium mempunyai sifat penghantar yang baik (*good conductivity*). Salah satu penggunaan paduan magnesium yang digunakan bidang otomotif adalah sebagai bahan untuk blok mesin, yang memerlukan sifat ringan dan penghantar panas yang baik, tahan terhadap temperatur tinggi dan kekuatan yang baik menjadikannya banyak digunakan [2].

Magnesium digunakan sebagai bahan tahan api dalam lapisan dapur api untuk menghasilkan logam (besi dan baja, logam nonferrous), kaca, dan semen. Dengan kepadatan hanya dua pertiga dari aluminium, magnesium memiliki banyak aplikasi dikarenakan berat dari magnesium yang ringan, seperti dalam konstruksi pesawat terbang dan rudal. Magnesium sendiri juga memiliki banyak kegunaan kimia dan sifat metalurgi yang baik, sehingga membuatnya sesuai untuk berbagai aplikasi non-struktural lainnya.

Perbedaan aluminium dan magnesium ialah magnesium memiliki permukaan yang keropos yang disebabkan oleh serangan kelembaban udara karena *oxid film* yang terbentuk pada permukaan magnesium ini hanya mampu melindunginya dari udara yang kering. Unsur air dan garam pada kelembaban udara sangat mempengaruhi ketahanan lapisan *oxid* pada magnesium dalam melindunginya dari gangguan korosi. Untuk itu benda kerja yang menggunakan bahan magnesium ini diperlukan lapisan tambahan perlindungan seperti cat atau meni. Magnesium memiliki perbedaan dengan logam-logam lain termasuk dengan aluminium, besi tembaga dan nikel yaitu pada sifat pengerjaannya dimana magnesium memiliki struktur yang berada di dalam kisi *hexagonal* sehingga tidak mudah terjadi slip.

Tabel 1. Sifat fisik magnesium

Sifat Fisik	Magnesium Paduan
Titik cair, K	922 K
Titik didih, K	1380 K
Energi ionisasi 1	738 kJ/mol
Energi ionisasi 11	1450 kJ/mol
Kerapatan massa (ρ)	1,74 g/cm ³
Jari-jari atom	1,60 Å
Kapasitas panas	1,02 J/gK
Potensial ionisasi	7,646 Volt
Konduktivitas kalor	156 W/mK
Entalpi penguapan	127,6 kJ/mol
Entalpi pembentukan	8,95 kJ/mol

Hal-hal yang perlu dihindari dalam pemesinan magnesium yaitu resiko kebakaran dan pembentukan *Built-up Edge* (BUE). Magnesium dapat terbakar jika proses pemesinan mencapai suhu lelehnya. Dalam pemesinan magnesium, api sangat mungkin terjadi jika geram tipis atau halus dengan perbandingan luas permukaan terhadap volume yang tinggi dihasilkan dan dibiarkan menumpuk.

Pembentukan magnesium dengan pemesinan sering kali memerlukan perhatian yang khusus, karena pada akhir pemotongan sering kali terjadi kegosongan (*hangus*) yang mengakibatkan sisa pemotongan menjadi mudah terbakar, hal ini disebabkan oleh terjadinya gesekan selama pemotongan, untuk itu ketajaman alat potong ini harus diperhatikan, serta menyediakan peralatan pemadam kebakaran yang sesuai yaitu *dry-fire extinguisher* [4].

Minimum Quantity Lubrication (MQL) dapat didefinisikan sebagai media suplai pelumasan dalam bentuk aerosol. MQL adalah teknologi terbaru dalam pemesinan yang berguna untuk mendapatkan keunggulan dalam keselamatan lingkungan dan ekonomi, dengan mengurangi penggunaan *coolant*

lubricant dalam pemesinan. Dalam MQL, sejumlah kecil aliran *lubricant* digunakan dengan debit 50-500 ml/h. Metoda suplai di MQL ada dua macam, yaitu *External MQL supply* dan *Internal MQL supply*. MQL mengandung campuran udara bertekanan dan tetesan mikro minyak yang ditembakkan langsung antara alat dan chip.

METODE PENELITIAN

Paduan Magnesium AZ31 yang sebelumnya berbentuk balok memanjang dilakukan pemotongan menggunakan mesin gergaji bolak-balik dengan ketebalan yang telah ditentukan. Ketika akan melakukan pengujian benda kerja menggunakan mesin CNC *milling* maka paduan magnesium AZ31 harus dicekam agar selama pengujian benda kerja stabil.

Meletakkan mesin CHEN YING Type CEN 01 dekat dengan mesin CNC *milling* agar ujung *spray* dari mesin CHEN YING sebagai pembuat MQL dapat langsung menuju kontak antara pahat dengan paduan magnesium. Setelah mesin di *set-up*, maka proses pengefraisan material magnesium AZ31 dapat dilakukan menggunakan cairan pendingin. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kekasaran pada permukaan benda kerja menggunakan *surface roughness tester*. Pada proses permesinan ini menggunakan pahat HSS berdiameter 19 mm untuk semua parameter pemesinan yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapatkan pada berbagai metode pelumasan, menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang beragam atau boleh dikatakan bahwa nilai kekasaran *random* sepanjang proses pemotongan. Berikut akan diberikan data hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan pada Tabel 2.

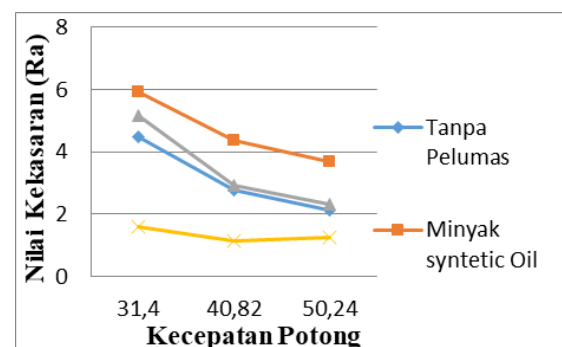
Tabel 2 merupakan hasil pengujian yang menunjukkan masing-masing nilai kekasaran permukaan dari keempat metode pelumasan yang digunakan, adapun nilai

kekasaran permukaan (Ra) minimum sebesar 1,1475 μm pada kecepatan potong (Vc) 40,82 m/menit pada percobaan kedua yang didapatkan dari metode pemberian pelumas minyak kelapa sawit dan nilai Ra maksimum sebesar 5,925 μm pada kecepatan potong 31,4 m/menit menggunakan *synthetic oil*.

Tabel 2. Data hasil pengukuran nilai nilai kekasaran permukaan Ra dan Rz

No	Metode pelumasan	Kecepatan Potong (m/mnt)	Gerakan Maknan (mm/rev)	Kedalaman Potong (mm)	Ra Rata-rata
1	Tanpa Pelumas	31,4	0,15	1	4,4925
2		40,82	0,15	1	2,7725
3		50,24	0,15	1	2,115
4	Minyak <i>synthetic Oil</i>	31,4	0,15	1	5,925
5		40,82	0,15	1	4,37
6		50,24	0,15	1	3,69
7	Minyak Kedelai	31,4	0,15	1	5,1675
8		40,82	0,15	1	2,915
9		50,24	0,15	1	2,3
10	Minyak kelapa sawit	31,4	0,15	1	1,615
11		40,82	0,15	1	1,1475
12		50,24	0,15	1	1,25

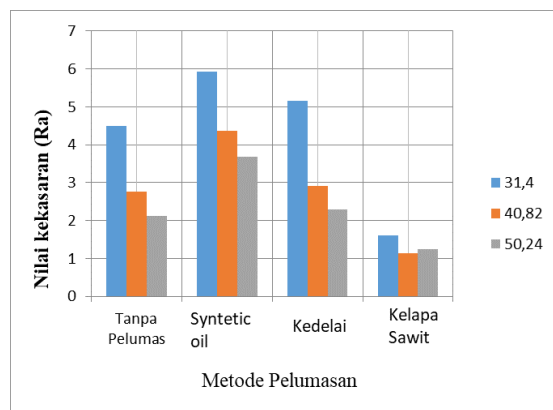
Tabel 2 menunjukkan penggunaan minyak kelapa sawit memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan ketiga metode pelumasan yang lainnya dikarenakan minyak kelapa sawit memiliki nilai viskositas dan indeks viskositas yang lebih tinggi dibanding *synthetic oil* dan minyak kedelai.



Gambar 1. Grafik pengaruh kecepatan potong (Vc) terhadap nilai kekasaran permukaan

Gambar 1 merupakan grafik yang menunjukkan bahwa kecepatan potong yang semakin tinggi akan berdampak pada penurunan rasio nilai kekasaran permukaan. Hal ini karena dengan semakin tinggi putaran spindel, maka nilai kekasaran permukaan akan semakin rendah [5]. Kecepatan potong yang semakin tinggi akan berdampak pada penurunan rasio pemampatan geram, karena kecepatan potong yang tinggi justru akan menurunkan gaya pemotongan. Menurunnya gaya pemotongan akan berpengaruh terhadap penurunan luas penampang bidang geser [6].

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan dengan metode tanpa menggunakan pelumas mendapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan minyak *synthetic oil* dan minyak kedelai karena semakin kecil kekasaran permukaan semakin merata penyebaran pelumasan [7,8].

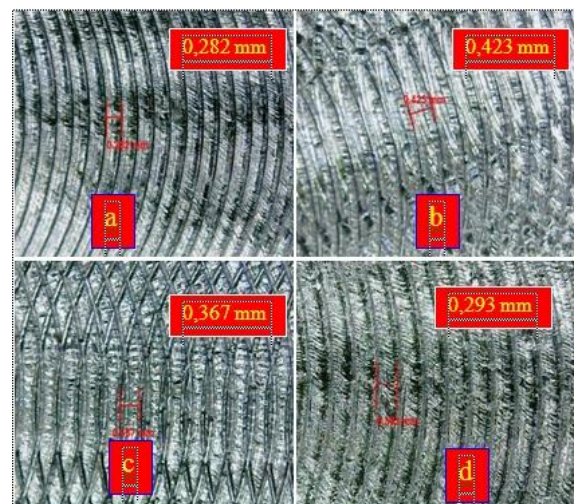


Gambar 2. Grafik pengaruh metode pelumasan terhadap nilai kekasaran permukaan

Gambar 2 menunjukkan kecenderungan bahwa nilai kekasaran permukaan menggunakan minyak kelapa sawit lebih rendah dibandingkan dengan minyak *synthetic oil*, minyak kedelai dan tanpa menggunakan pelumas. Terlihat bahwa nilai kekasaran semakin rendah untuk setiap peningkatan kecepatan potong yang digunakan. Sehingga dikatakan bahwa semakin besar kecepatan potong

maka semakin kecil kekasaran permukaan yang dihasilkan [9].

Pada saat suhu pemotongan yang tinggi minyak kelapa sawit mampu mempertahankan viskositasnya sehingga mampu memberikan lapisan pelumas yang lebih baik pada suhu potong yang tinggi dibanding minyak kedelai dan minyak *synthetic oil*. Dalam penelitian ini, sistem MQL menggunakan minyak kedelai tidak dapat berfungsi dengan baik sehingga tidak memberikan efek perubahan terhadap kualitas nilai kekasaran permukaan. Hal ini mungkin dikarenakan oleh partikel fluida tidak mampu mencapai zona pemotongan dimana pendinginan diperlukan. Akan tetapi fuida yang yand kabutkan menyebar di sekitar area pahat dan benda kerja sehingga mengurangi kemampuan pelumasanya. Hal tersebut relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh Gurpreet [10] bahwa kinerja pelumasan berkurang apabila bahan pelumas tidak mampu menjangkau area kontak antara benda kerja dan pahat potong atau antara permukaan pahat potong dan geram.



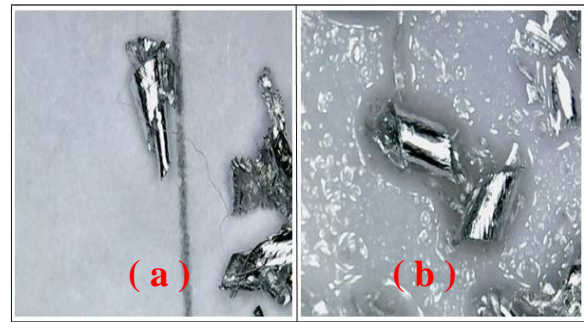
Gambar 3. Bentuk profil permukaan benda kerja dengan kecepatan potong dan nilai kekasaran (Ra), (a) tanpa pelumas, (b) *synthetic oil*, (c) minyak kedelai, (d) minyak kelapa sawit.

Gambar 3 Perbandingan profil permukaan benda kerja dengan kecepatan potong dan nilai kekasaran (Ra), (a) tanpa pelumas, (b) *synthetic oil*, (c) minyak

kedelai, (d) minyak kelapa sawit. Dari gambar 3 di atas dapat kita lihat bahwa profil permukaan benda kerja berbeda-beda, pada Gambar 3(a) profil permukaan memperlihatkan jarak antar alur hasil pemesinan yaitu sebesar 0,282 mm. Pada Gambar 3(b) profil permukaan memperlihatkan jarak antar alur hasil pemesinan yaitu sebesar 0,423 mm, nilai tersebut paling besar dibandingkan metode pelumasan yang digunakan. Pada Gambar 3(c) profil permukaan memperlihatkan jarak antar alur hasil pemesinan yaitu sebesar 0,367 mm. Pada Gambar 3(d) profil permukaan memperlihatkan jarak antar alur hasil pemesinan yaitu sebesar 0,293 mm.

Dapat dilihat pada Gambar 3 profil permukaan hasil permukaan bahwa metode pelumasan yang diberikan saat proses pemesinan terhadap nilai kekasaran permukaan sangat berpengaruh, hal ini disebabkan karena tidak adanya pelumasan ataupun pendinginan pada area kontak antara pahat dengan benda kerja [8,11]. Berdasarkan hasil pengujian dipilih minyak kedelai, minyak jagung dan minyak kelapa sawit sebagai minyak nabati yang akan diuji kemampuannya sebagai *lubricant* alternatif MQL [8]. Dengan adanya pendinginan MQL juga dapat membuang geram yang terbentuk sehingga tidak merusak permukaan benda hasil proses pengefraisan. Sehingga apabila mengacu pada proses pemesinan yang ramah lingkungan (*green machining/eco-machining*) dan efisiensi proses pemesinan,

Minyak nabati tidak beracun bagi lingkungan dan tidak menghasilkan penyakit organik signifikan dan efek keracunan, tidak terdapatnya tanda-tanda dan gejala buruk bagi manusia akibat kabut minyak nabati.



Gambar 4. Perbandingan ukuran chip dari proses pemesinan, (a) tanpa pelumasan, (b) MQL.

Dari Gambar 4 di atas menunjukkan perbedaan lebar dari bentuk geram (*chip*) hasil pemesinan, bentuk geram dalam proses *milling* tersebut dipengaruhi oleh jenis benda kerja kecepatan spindle dan kedalaman potong. Dalam proses pengefraisan, pahat memiliki peran yang sangat penting. Untuk itu umur pahat menjadi masalah yang harus diperhatikan. Pada pemesinan kecepatan tinggi keausan yang dominan disebabkan karena proses difusi, oksidasi, dan deformasi plastik. Proses difusi disebabkan karena adanya pelekatan antara material benda kerja dan pahat di bawah tekanan dan temperatur yang tinggi serta adanya aliran geram relatif terhadap pahat [12].

Geram *discontinuous* terdiri dari beberapa tipe berdasarkan ukuran radiusnya. Makin besar radius kurva dari geram, maka makin besar pula gaya yang dibutuhkan dalam proses pemesinan karena bidang kontak antara pahat dan geram semakin besar. Peningkatan putaran akan meningkatkan laju penghasiian geram (*material removal rate*). Karena daya pemotongan berbanding langsung dengan laju penghasiian geram, maka peningkatan laju penghasiian geram akan meningkatkan daya pemotongan [13]. Minyak kelapa sawit memiliki nilai viskositas dan indeks viskositas yang lebih tinggi dibanding minyak kedelai sehingga menghasilkan nilai gesek yang lebih rendah dibanding minyak kedelai.

Kondisi pahat menjadi hal yang lebih dipertimbangkan, karena kalau pahat mengalami keausan justru akan

menyebabkan timbulnya beberapa kerugian antara lain gaya pemotongan akan naik, kualitas permukaan benda kerja menurun/tidak halus, dan perubahan dimensi produk.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Nilai kekasaran minimum didapatkan pada parameter kecepatan potong (V_c) 40,82 μm dengan gerak makan 0,15 mm/rev dan kedalaman potong 0,1 mm menggunakan minyak kelapa sawit yaitu sebesar 1,1475 μm , sedangkan nilai kekasaran maksimum didapatkan pada parameter kecepatan potong (V_c) 31,4 μm dengan gerak makan 0,15 mm/rev dan kedalaman potong 0,1 mm menggunakan minyak kedelai yaitu sebesar 5,925 μm .
2. Minyak kedelai, minyak jagung dan minyak kelapa sawit dapat digunakan sebagai sebagai *lubricant alternatif* dalam proses pemesinan, terutama menggunakan metode pelumasan berkwantitas minimum atau MQL.

REFERENSI

- [1]. Ibrahim, G. A., (2015). Identifikasi nilai kekasaran permukaan pada pemesinan paduan magnesium. *Jurnal Mechanical, Teknik Mesin Universitas Lampung*.
- [2]. Ibrahim, G.A., Harun, S., Hamni, A., 2016, Surface roughness values of magnesium alloy AZ31 when turning by using rotary cutting tool, The 2rd International Conference on Science, Technology and Interdisciplinary Research, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia.
- [3]. Ibrahim, G.A., Iskandar, J., Hamni, A., Lestari, S.M.P. (2017). Analisa keausan pahat pada pemesinan bor magnesium AZ31 menggunakan Metode Taguchi, *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, Vol. 12, No. 1, pg. 29-35
- [4]. Ansyori, A., (2015). Pengaruh kecepatan potong dan makan terhadap umur pahat pada pemesinan frais paduan magnesium dengan proses demesinan kering. *Jurnal Mechanical*. Vol. 6, No. 1, pp. 28-35.
- [5]. Yadi, M., (2009). Analisa pengaruh putaran spindel dan kecepatan makan terhadap kekasaran permukaan baja SCM4 pada proses milling. Sidoarjo.
- [6]. Sudianto, B., (2015). Aus pahat potong dan struktur mikro magnesium AZ31 pada kondisi pengefraisan kering. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- [7]. Ghuge, N. C., (2012). Minimum quantity lubrication. *IOSR Journal of Engineering Vol. 2878-8719 PP 55-60*.
- [8]. Basuki, B., (2014). Pengaruh metode minimum lubrication keausan pahat dan kekasaran permukaan benda kerja AISI 4340. *Jurnal Teknologi Universitas Gadjah Mada*.
- [9]. Gusri, A.I., (2016). Analisa nilai kekasaran permukaan magnesium yang difrais dalam kondisi tersuplai udara dingin, *Prosiding Seminar Nasional Universitas 17 Agustus 45, Jakarta, Indonesia*.
- [10]. Kauppinen, V., (2002), Environmentally reducing of coolant in metal cutting, *proceedings University's Days 8th International*

Conference, Helsinki
University of Technology

- [11]. Harun, S., (2009). Cutting Temperature measurement in turning with actively driven rotary tool. Key Engineering Materials Vols. 389-390, pp. 138-14.
- [12]. Sugiarto, B., (2015). Pengaruh parameter permesinan pada proses milling dengan pendinginan fluida alami (cold natural fluid) terhadap kekasaran permukaan baja ST 42. STT Wiworotomo. Purwokerto.
- [13]. Harun, S., (2012). Peningkatan produktifitas dan pengendalian suhu pengapian pemesinan magnesium dengan sistem pahat putar (rotary tool system) dan pendingin udara (air cooling). Universitas Lampung. Bandar Lampung.