

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

Analisis Gaya Potong pada Pemesinan Bubut Magnesium AZ31 Dalam Keadaan Kering

Gusri Akhyar Ibrahim^{1*}, Ahmad Gustiyawan², Ahmad Yahya³, Arinal Hamni⁴, Yanuar Burhanuddin⁵

^{1,3,4,5} Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brodjonegoro No 1 Bandar Lampung

² Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brodjonegoro No 1 Bandar Lampung, Indonesia

ARTICLE INFO

Keywords:
force
turning
speed
magnesium
feed rate

ABSTRACT

The cutting of magnesium alloy by using a single cutting method as known by turning process. In the machining process, the cutting tool used in long time will experience wear and damage. The tool wear on the cutting edge was caused by cutting force that took place during cutting process. The cutting force depend one tool geometry, workpiece material, tool material and cutting condition. The objective of this research is to analyze the cutting force during turning process using the cutting force measurement. In this experiment, the cutting tool used of High Speed Steel, workpiece material of magnesium alloy and strain gauge sensor to measure cutting force. The results show that the spindle speed and cutting speed influenced on cutting force, in which increasing in spindle speed and cutting speed produced low cutting force. Whereas, increasing in feed rate and depth of cut significant effect on increasing the cutting force.

Pendahuluan

Material magnesium murni dan paduannya telah banyak dikembangkan di berbagai bidang manufaktur karena material ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan material ringan lainnya seperti aluminium dan seng.

Keunggulan paduan magnesium antaranya adalah bersifat sangat ringan, tidak korosi, memiliki konduktifitas yang baik, biocompatibility baik dan mempunyai sifat keternesinan yang relatif baik [1,2,3]. Meskipun paduan magnesium memiliki banyak kelebihan, bagaimanapun juga, paduan magnesium juga memiliki

*Corresponding author: gusri.akhyar@eng.unila.ac.id

DOI: <https://10.24127/armatur.v4i2.3805>

Received 20 Juli 2023; Received in revised form 23 Juli 2023; Accepted 18 Agustus 2023

Available online 1 September 2023

keterbatasan dalam proses pemesinan terutama pada pemesinan kecepatan tinggi. Pada proses pemesinan kecepatan tinggi, suhu yang dihasilkan relatif tinggi sehingga mudah sekali magnesium terbakar. Titik nyala yang rendah menyebabkan magnesium mudah terbakar, sehingga menimbulkan bahaya apabila menggunakan cairan pendingin. Cairan pendingin dapat bereaksi dengan bahan lain pada suhu tinggi sehingga menyebabkan racun bagi lingkungan [4,5]. Dalam kondisi suhu tinggi, magnesium mengalami perubahan pada strukturnya, sehingga menyebabkan gaya potong yang diperlukan relatif kecil. Oleh karena itu, pemotongan magnesium dilakukan pada kondisi yang tidak terlalu panas untuk menghindari terjadinya kebakaran. Hal ini dapat merusak kualitas permukaan benda kerja dan sekaligus berkontribusi terhadap kualitas produk yang dihasilkan.

Mekanisme proses pemesinan pada pemotongan logam menimbulkan gaya potong pada baik pahat potong, benda kerja ataupun geram yang dihasilkan. Gaya potong pada area penghasil geram menyebabkan geram menjadi putus, karena didorong oleh aliran geram berikutnya [4]. Ada beberapa gaya yang terjadi pada proses pemotongan diantaranya adalah gaya radial, tangensial dan longitudinal. Gaya tangensial timbul akibat kecepatan potong yang bekerja pada arah sumbu y, dimana searah dengan putaran benda kerja. Gaya radial timbul akibat pengaruh kedalaman pemotongan dan terjadi di sumbu z. Sedangkan gaya longitudinal, timbul akibat adanya gerakan pemakanan dan terjadi di sumbu x. Dengan demikian bahwa gaya potong yang terjadi pada proses pemotongan paduan magnesium disebabkan oleh banyak faktor, selain parameter pemotongan, juga sebabkan oleh penggunaan cairan pendingin ataupun pelumas.

Gaya yang timbul saat proses pemotongan secara langsung berpengaruh terhadap umur pahat dan keadaan permukaan benda kerja. Sedangkan aus pahat potong juga berpengaruh terhadap

kekasaran permukaan benda kerja yang dimesin, dimana sekaligus berkontribusi terhadap kepresisian komponen yang diproduksi. Besarnya gaya pemotongan dapat dipengaruhi oleh geometri pahat, pemilihan parameter pemesinan, jenis pahat yang digunakan dan bahan benda kerja yang dipotong. Beberapa parameter pemesinan yang secara dominan berpengaruh terhadap gaya potong adalah kedalaman potong, kecepatan putaran, kadar pemakanan dan penggunaan pelumas atau pendingin. [6.4]. Makin besar gaya potong yang timbul saat proses pemesinan maka akan memperbesar suhu yang dihasilkan karena adanya kontak langsung antara benda kerja dengan mata pahat. Hal ini dapat membuat pahat lebih cepat mengalami aus dan kerusakan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa besaran gaya potong pada proses pemesinan menjadi sangat penting termasuk dalam hal ini adalah proses pemesinan bubut. Pada proses proses pemesinan bubut, ada dua jenis gaya yang diukur yaitu gaya potong tangensial dan gaya potong radial [7,8].

Sebagaimana sudah dinyatakan bahwa besarnya gaya potong dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah kecepatan pemotongan, kadar pemakanan, kedalaman potong, jenis alat potong, material benda kerja dan cara pendinginan benda kerja [9]. Sedangkan pahat potong yang digunakan juga memberikan pengaruh terhadap jenis material yang digunakan, geometri pahat, sudut pahat dan posisi pemasangan pada mesin. Sebagaimana hasil penelitian yang dihasilkan oleh Widiyanti [10] bahwa kecepatan potong memberikan pengaruh yang signifikan terhadap gaya potong yang dihasilkan demikian juga kedalaman potong. Jika kecepatan potong ditingkatkan maka gaya potong yang dihasilkan cenderung lebih kecil, sedangkan bila kedalaman potong ditingkatkan, justru gaya potong semakin membesar. Luas area kontak antara pahat potong dan benda kerja, menyebabkan pengaruh langsung kepada gaya pemotongan yang diperlukan. Hal ini berkaitan dengan panas yang dihasilkan

selama proses pemotongan, dimana pada kecepatan potong yang tinggi, temperatur yang dihasilkan adalah tinggi. Pada temperatur yang tinggi, logam mengalami perubahan struktur termasuk dalam hal ini mudah berlaku deformasi [11, 12]. Sementara luas area kontrak yang besar menyebabkan daya dorong yang diperlukan menjadi besar sehingga tenaga yang diperlukan juga besar.

Pada pemotongan paduan magnesium gaya potong yang dihasilkan sangat menentukan kualitas proses pemotongan dan juga menentukan kualitas hasil pemotongan. Akan tetapi dari sekian banyak faktor yang berkontribusi terhadap kualitas pemotongan, perlu diketahui faktor yang dominan terhadap gaya potong yang dihasilkan dan besarnya pengaruh masing-masing faktor terhadap kualitas pemotongan [13, 14]. Besarnya gaya potong menentukan kualitas permukaan yang dihasilkan sehingga untuk menghasilkan produk dengan presisi baik maka perlu dimesin dengan kondisi pemesinan yang memberikan hasil yang lebih baik.

Metode Penelitian

Jenis pahat potong yang digunakan pada penelitian ini adalah pahat HSS berukuran 1/4 inch dengan panjang keseluruhan pahat adalah 4 inch. Pertimbangan teknis diambil menggunakan pahat jenis High Speed Steel (HSS) adalah karena benda kerja yang dipotong adalah paduan magnesium, yang mana memiliki tingkat kekerasan yang lebih rendah [15]. Pertimbangan lain penggunaan pahat HSS, karena pahat jenis ini banyak tersedia di pasar sehingga mudah mendapatkannya dan dengan harga yang relatif murah. Gambar 1(a) menunjukkan geometri dan dimensi pahat HSS yang digunakan untuk memotong paduan magnesium. Penggunaan pahat HSS dengan panjang pahat 4 inch bertujuan untuk memudahkan dalam membaca atau mendapatkan nilai defleksi saat pemotongan berlangsung. Karena dalam sistem pembacaan menggunakan strain gauge diperlukan defleksi terjadi saat

pengukuran. Bila menggunakan dimensi panjang pahat yang cukup, maka nilai defleksi yang terjadi dapat dibaca oleh alat pengukur gaya potong.

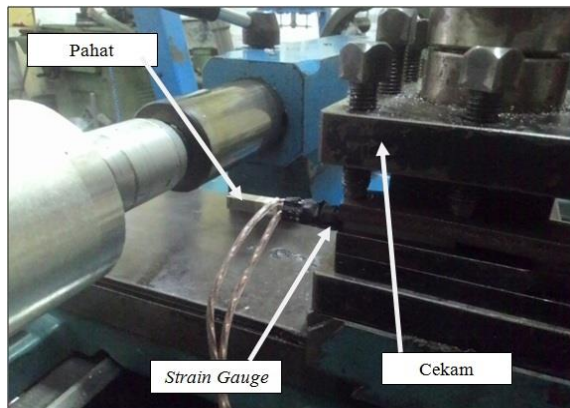
Material uji atau benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah paduan magnesium yang merupakan salah satu material untuk keperluan di bidang biomedik atau material tanam. Paduan magnesium yang digunakan adalah jenis AZ31 dimana mengandung aluminium 3% dan zink kecil dari 1% dan sisanya adalah Mg.. Material magnesium yang digunakan berbentuk bar dengan Panjang 380 mm dan diameter 90,7 mm sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1(b).



Gambar 1. (a). Pahat potong bubut HSS, (b) Material paduan magnesium

Sebelum melakukan pengujian dan pengambilan data gaya potong pada proses pemesinan bubut magnesium, terlebih dahulu dipersiapkan instalasi perangkat ukur pada mesin bubut dan disain parameter penelitian. Pemasangan pahat diatur sedemikian rupa agar tidak merusak terhadap sensor yang dipasang pada pemegang pahat [11]. Gambar 2 menunjukkan skema pemasangan sensor alat uji gaya potong pada pemegang pahat, dimana sensor ditempatkan pada bagian atas dan samping. Sensor ditempatkan di bagian tengah sepanjang pemegang pahat. Sebelum pemotongan dilakukan rancangan parameter yang digunakan adalah pada kecepatan putaran spindel sebesar 185, 340 dan 425 rpm, kadar pemakanan adalah 0.05, 0.10 dan 0.20 mm/rev, dan kedalaman potong adalah sebesar 0.5, 1.0 dan 1.5 mm. Pengambilan data gaya pemotongan dilakukan setiap

akhir pemotongan untuk kedua arah gaya pemotongan (tangensial dan longitudinal).

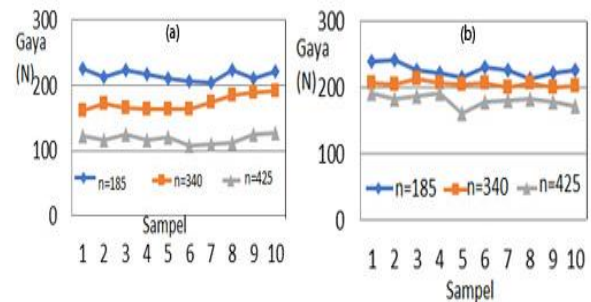


Gambar 2. Instalasi pahat pada mesin bubut. f ini).

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Kecepatan Putar Spindel Terhadap Gaya Potong. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara gaya potong yang dihasilkan selama proses pemotongan magnesium dengan beberapa variasi parameter kecepatan putaran spindel. Dari sepuluh (10) kali pengujian dengan parameter yang sama, dapat dilihat bahwa secara umum gaya potong yang dihasilkan sepanjang proses pemotongan cenderung semakin mengecil baik pada kedalaman potong 1 mm atau pada kedalaman potong 1.5 mm. Demikian juga pengaruh kecepatan spindel terhadap gaya potong adalah semakin tinggi kecepatan putaran spindel maka gaya potong yang dihasilkan semakin mengecil. Keadaan ini berlaku untuk kedua kondisi pemotongan baik pada kedalaman potong 1 mm (Gambar 3(a)) ataupun pada kedalaman potongan 1.5 mm (Gambar 3(b)). Akan tetapi pada pemesinan menggunakan kedalaman potong 1 mm, pengaruh kecepatan spindel terhadap gaya potong yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan pemotongan pada kondisi kedalaman potongan 1.5 mm. Pada kedalaman potong 1 mm dan dengan kecepatan putaran spindel 185 rpm, gaya potong yang dihasilkan lebih besar dari 200 N, sedangkan pada kecepatan spindel 340 rpm, gaya potong yang dihasilkan lebih

kecil dari 200 N. Demikian untuk gaya potong pada kecepatan spindel 425 rpm lebih kecil lagi bahwa mendekati 100 N. Perbedaan nilai gaya potong yang dihasilkan pada kecepatan spindel yang berbeda-beda terlihat secara signifikan. Hal ini berbeda dengan gaya potong yang dihasilkan pada kedalaman potong 1.5 mm, dimana gaya potong yang dihasilkan berada pada nilai yang berdekatan atau dapat dikatakan nilai gaya potong yang dihasilkan berada pada kisaran angka 200 N.



Gambar 3. Grafik pengaruh kecepatan putar spindel terhadap gaya potong pada (a) DoC 1 mm dan (b) DoC 1.5 mm dengan feed rate 0.2 mm/rev.

Secara teoritis dinyatakan bahwa gaya potong ditentukan oleh parameter pemesinan seperti kecepatan potong, kadar pemakanan, dalam pemotongan dan kecepatan spindel mesin [10, 16]]. Antara kecepatan potong dan kecepatan spindel berkorelasi langsung, sehingga apabila kecepatan spindel meningkat maka secara otomatis kecepatan potong bertambah. Pada penelitian ini gaya potong yang dihasilkan semakin mengecil dengan peningkatan kecepatan putaran spindel. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putaran spindel, maka kecepatan memotong semakin tinggi, sehingga proses pemotongan berlangsung secara cepat. Energi yang diperlukan untuk memotong lebih kecil sehingga gaya yang diperlukan juga lebih sedikit.

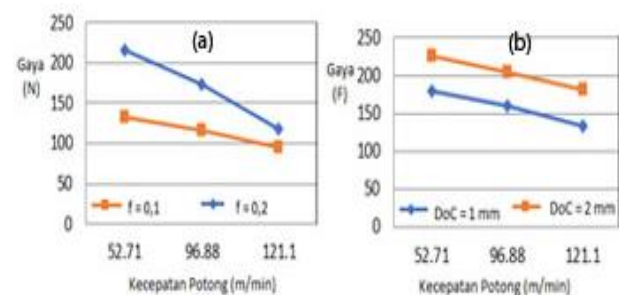
Gaya potong yang searah dengan kecepatan spindel atau pergerakan kecepatan potong adalah gaya potong tangensial, sedangkan gaya yang tegak lurus dengan tangensial adalah gaya potong longitudinal. Secara teori kedua gaya sama-

sama mengalami penurunan saat putaran spindel mesin bubut ditingkatkan, akan tetapi peningkatan gaya potong tangensial menjadi lebih besar dibandingkan gaya potong longitudinal, karena arah pergerakan pahat potong menentukan terhadap besarnya peningkatan nilai gaya potong [17]. Sebagaimana dinyatakan oleh penelitian sebelumnya [6] bahwa dengan kenaikan putaran spindel berarti kecepatan potong meningkat, sehingga menyebabkan gaya pemotongan menjadi lebih kecil.

Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Gaya Pemotongan. Gambar 4 menunjukkan hubungan antara kecepatan potong dan gaya potong yang dihasilkan selama proses pembubutan magnesium pada beberapa kondisi parameter yang berbeda-beda. Dari kedua grafik dapat diamati bahwa pada kedalaman potong 1 mm (Gambar 4a) dan kedalaman potong 1.5 mm (Gambar 4b) gaya potong yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan berkurang apabila kecepatan potong ditingkatkan. Mulai dari kecepatan potong 52.17 m/min hingga kepada kecepatan potong 121.1 m/min, Secara umum, teori pemesinan menyatakan demikian bahwa kecepatan potong mempunyai peran penting dalam mengontrol gaya potong yang dihasilkan. Semakin tinggi kecepatan potong maka gaya potong yang dihasilkan mengalami penurunan [13, 18]. Seiring dengan menurunnya gaya potong tersebut akan mempengaruhi penurunan luas penampang bidang geser. Hal ini menyebabkan rasio pemampatan semakin kecil karena rasio tersebut menggambarkan perbandingan antara tebal geram yang dihasilkan dan tebal geram mula-mula [14]. Dengan demikian kecepatan potong yang meningkat atau lebih tinggi justru akan mengakibatkan penurunan gaya pemotongan, baik itu gaya longitudinal atau tangensial.

Banyak juga para peneliti yang telah membuktikan bahwa peningkatan kecepatan potong, maka akan menurunkan gaya pemotongan. Statemen ini sesuai dengan dengan teori yang diungkapkan oleh

Rochim [6] bahwa peningkatan kecepatan potong berpengaruh terhadap penurunan gaya potong yang terjadi pada proses pemesinan bubut [19]. Hal ini berlaku umum untuk semua proses bubut, tanpa bergantung pada jenis bahan yang dimesin atau pahat potong yang digunakan. Hal ini dikarenakan perubahan suhu pada bahan benda kerja yang dipotong menyebabkan benda kerja semakin lunak, sehingga mudah dilakukan pemotongan [15].

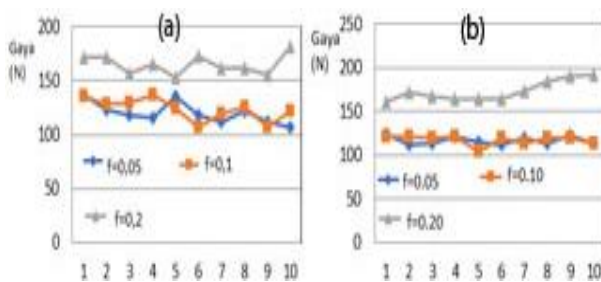


Gambar 4. Grafik hubungan gaya longitudinal dengan kecepatan potong pada (a) DoC 1 mm dan (b) kadar pemakanan 0.2 mm/rev.

Gambar 4a menunjukkan bahwa pada awal pemotongan dengan kecepatan 52,71 m/min, perbedaan gaya potong antara menggunakan kadar pemakanan 0.1 mm/rev dan pemakanan 0.2 mm/rev, adalah besar. Seiring dengan peningkatan kecepatan potong, perbedaan gaya potong yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini dapat dikatakan bahwa peningkatan kecepatan potong tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan gaya potong [20]. Hal berbeda dapat dilihat pada Gambar 4b, dimana gaya potong yang dihasilkan secara konsisten berkurang seiring dengan peningkatan kecepatan potong, baik pada kedalaman potong 1 mm ataupun pada kedalaman potong 2 mm.

Pengaruh Feed Rate Terhadap Gaya Potong. Gambar 5 menunjukkan pengaruh parameter kadar pemakanan terhadap gaya potong yang dihasilkan pada beberapa kondisi pemesinan. Secara umum dikatakan bahwa kadar pemakanan berkorelasi

lansung terhadap gaya potong yang dihasilkan selama proses pemesinan berlangsung. Secara teoritis dinyatakan bahwa parameter kadar pemakanan memberikan kontribusi terhadap perubahan gaya potong yang terjadi selama proses pemotongan berlangsung. Besarnya nilai kadar pemakanan mempengaruhi gaya potong, tepatnya pada gaya longitudinal. Gambar 5a menunjukkan gaya longitudinal yang terjadi sebagai akibat dari perubahan kadar pemakanan sepanjang proses pemesinan.



Gambar 5. Grafik pengaruh feed rate terhadap gaya potong pada (a) 185 rpm dan DoC 0.5 mm, (b) 340 rpm dan DoC 1 mm.

Grafik pada Gambar 5a proses pemesinan menggunakan kecepatan spindle sebesar 185 rpm dengan kedalaman potong sebesar 0.5 mm, sementara kadar pemakanan berubah dari 0.05 mm/rev, 0.1 mm/rev, hingga 0.2 mm/rev. Besar rata-rata gaya yang terjadi berturut-turut adalah 120 N, 124 N, 165 N. Gaya yang terbesar terjadi pada kecepatan feed rate 0.2 mm/rev dengan besar gaya 165 N. Hal ini menunjukkan bahwa kadar pemakan yang tertinggi memberikan gaya potong yang paling besar, karena pemilihan kadar pemakanan yang besar memberikan dampak terhadap besarnya gaya dorong untuk pemotongan. Sementara itu pada Gambar 5b menunjukkan proses pemesinan menggunakan kecepatan spindle sebesar 340 rpm dengan kedalaman potong 1 mm, sedangkan kadar pemakanan berubah pada 0.05 mm/rev, 0.1 mm/rev, dan 0.2 mm/rev. Besar rata-rata gaya yang terjadi berturut-turut adalah 116 N, 117 N, 173 N. Gaya yang terbesar terjadi pada

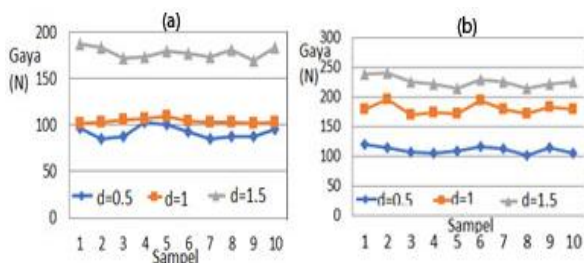
kecepatan feed rate 0.2 mm/rev dengan besar gaya 173 N.

Dari kedua grafik pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa gaya potong akibat kadar pemakanan (gaya longitudinal) meningkat seiring penambahan kecepatan kadar pemakanan, dengan kondisi kecepatan spindle dan kedalaman potong yang sama [21]. Hal tersebut dapat terjadi akibat luas penampang geram yang semakin besar [16, 17]. Dengan adanya peningkatan luas penampang geram maka akan mengakibatkan tebal geram semakin besar sehingga membuat gaya yang terjadi (gaya longitudinal) akan semakin besar. Besar gaya yang dihasilkan berbanding lurus dengan penambahan kadar pemakanan [18]. Terjadi peningkatan yang signifikan terhadap gaya antara kadar pemakanan 0.1 mm/rev dan 0.2 mm/rev.

Pengaruh Kedalaman Potong Terhadap Gaya Potong.

Parameter kedalaman potong menjadi salah faktor yang sangat dipertimbangkan dalam memperhitungkan gaya potong. Dapat diketahui sebelumnya bahwa faktor ini memberikan kontribusi nyata terhadap gaya potong yang terjadi selama proses pemesinan berlangsung. Besarnya nilai kedalaman potong mempengaruhi gaya potong, tepatnya pada gaya tangensial. Gambar 6 menunjukkan hubungan antara parameter kedalaman potong terhadap gaya potong yang dihasilkan pada kondisi kadar pemakanan yang berbeda. Grafik pada Gambar 6a menunjukkan gaya potong longitudinal pada kondisi pemotongan menggunakan kecepatan spindle sebesar 185 rpm dengan kadar pemakanan 0.1 mm/rev. Parameter yang diubah adalah kedalaman potong dengan nilai sebesar 0.5 mm, 1 mm, dan 1.5 mm. Besar rata-rata gaya yang terjadi berturut-turut adalah 92 N, 104 N, 178 N. Gaya potong yang terbesar terjadi saat kedalaman potong 1.5 mm/rev dengan besar gaya 178 N. Sedangkan Gambar 6b menunjukkan gaya potong yang diperoleh pada kondisi pemotongan menggunakan kecepatan spindle sebesar 185 rpm dengan

feed rate 0.2 mm/rev. Besarnya rata-rata gaya potong yang terjadi berturut-turut adalah 111 N, 180 N, 226 N. Gaya yang terbesar terjadi pada kedalaman kedalaman potong 1.5 mm/rev dengan besar gaya 226 N. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kedalaman potong 1.5 mm atau kedalaman potong terbesar memberikan gaya potong yang paling tinggi juga. Hal ini disebabkan bahwa peningkatan kedalaman potong menyebabkan bidang kontak antara pahat potong dan benda kerja menjadi lebih besar, sehingga untuk memotong material dengan ukuran lebih besar diperlukan gaya dorong yang lebih besar.



Gambar 6. Grafik pengaruh depth of cut terhadap gaya potong pada 185 rpm dan (a) feed rate 0.1 mm/rev, (b) feed rate 0.2 mm/rev.

Pada kedua grafik di Gambar 6 dapat dilihat bahwa gaya potong yang dihasilkan sebagai akibat dari perubahan kedalaman potong (gaya tangensial) meningkat seiring penambahan nilai kedalaman potong, dengan kondisi kecepatan spindle dan kadar pemakanan yang sama. Besarnya gaya potong tangensial yang dihasilkan berbanding lurus dengan penambahan kedalaman potong (depth of cut). Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa peningkatan kedalaman pemotongan akan menambah besar gaya potong tangensial yang dihasilkan selama proses pemotongan berlansung [19]. Kedalaman potong akan mempengaruhi luas penampang geram, dimana semakin besar kedalaman potong maka luas penampang geram akan semakin besar sehingga gaya potong akan naik [20, 21]. Peningkatan kedalaman potong secara lansung membuat bidang kontak antara pahat potong dan benda kerja bertambah besar. Hal ini memberikan daya dorong

yang kuat untuk melepaskan geram dari benda kerja yang dipotong.mendetail.

Kesimpulan

1. Kecepatan putar spindle dan kecepatan pemotongan memberikan pengaruh langsung terhadap gaya potong yang dihasilkan, sehingga semakin tinggi kecepatan putar spindle dan kecepatan potong maka gaya potong yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini terjadi selama proses pemesinan berlansung pada beberapa kondisi parameter pemotongan.
2. Kadar pemakanan dan kedalaman potong memberikan kontribusi terhadap perubahan gaya potong selama proses pemotongan berlansung. Peningkatan kadar pemakanan menyebabkan gaya potong semakin besar, karena luas penampang geram semakin besar sebagai akibat peningkatan kadar pemakanan. Sedangkan semakin besar kedalaman potong yang dipilih maka gaya potong akan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh peningkatan kedalaman potong berarti memperbesar bidang kontak antara pahat potong dan benda kerja yang dimesin

Ucapan terimakasih (jika diperlukan)

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang besar ditujukan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Lampung yang telah memberikan pembiayaan melalui skema penelitian. Selanjutan penghargaan juga disampaikan kepada Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas Laboratorium sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Referensi

- [1] Akhyar, G., Purnomo, B., Hamni, A., Harun, S., Burhanuddin, Y. 2017. The machined surface of magnesium AZ31 after rotary turning at air cooling condition. IOP: Materials Science and Engineering 344, 1-10.

- [2] Gusri, A.I. 2014. Identifikasi nilai kekasaran permukaan pada pemesinan paduan magnesium, *Jurnal Mechanical Teknik Mesin Universitas Lampung*, 11 – 15.
- [3] Suryadiwansa, H. 2012. Evaluasi dan aplikasi dinamometer force ring untuk mengukur gaya pemotongan pada pemesinan bubut dengan sistem pahat berputar. Universitas Lampung.
- [4] Sreejith, P.S. and Ngoh, B.K.A. 2000. Dry machining- machining of the future, *The international journal of material processing technology*, Vol. 101, No. 1-3, pg. 289-293.
- [5] Ibrahim, G.A., Che Haron, C.H., Ghani, J.A. 2009. The effect of dry machining on surface integrity of titanium alloys Ti-6Al-4V ELI, *Journal of Applied Science*, Vol. 9, Issues 1, pg. 121-127.
- [6] Rochim, T. 2007. Klasifikasi proses gaya dan daya pemesinan, Institut Teknologi Bandung.
- [7] Didik, D.S., Gadung, S.P., Zainal, A. 2013. Rancang bangun dynamometer untuk pengukuran gaya potong pada proses pembubutan, *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII*, Bandar Lampung, 23-24 Oktober 2013
- [8] Khairul, U. 2017. Rancang bangun instrument untuk mengukur gaya potong, kecepatan, dan temperatur specimen pada mesin bubut. *Journal of Mechanical Engineering, Manufacture, Material and Energy*. Vol. 1, No. 1.
- [9] Angger, B.P. 2015. Aplikasi Metode Taguchi pada optimasi parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan dan keausan pahat HSS pada proses bubut material ST 37, *Jurnal Mekanika*, Vol. 13. No. 2. Pp. 86-97.
- [10] Widiyanti, Raul, Poppy. 2016. Pengaruh variasi kecepatan potong dan kedalaman potong pada mesin bubut terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja ST 41, *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta*, No. 1,
- [11] Gadung, S.P., Didik, D.S., Zainal, A. 2014. Rancang bangun dynamometer untuk pengukuran gaya potong mesin bubut, *Jurnal Mekanika*, Vol. 12, No. 2.
- [12] Dwijana, Gusti, K. 2015. Analisa temperatur pemotongan baja ST 42 terhadap kehalusan permukaan. Universitas Udayana.
- [13] Marsyahyo, Eko. 2003. *Mesin perkakas pemotongan logam*. Toga Mas. Malang.
- [14] Paridawati. 2015. Pengaruh kecepatan dan sudut potong terhadap kekasaran benda kerja pada mesin bubut. eksperimen. Universitas Islam 45 Bekasi.
- [15] Nurhadiyanto, Didik. 2014. Analisis pengaruh kecepatan pemakanan dan kedalaman potong terhadap temperatur pahat pada mesin bubut. eksperimen. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [16] Hamka, Johannes, dan Rafiuddin. 2015. Pengaruh parameter pemotongan (feeding, cutting speed, depth of cut) terhadap konsumsi energi pada permesinan bubut. Universitas Hasanuddin Makassar.
- [17] Stella, Rudy, dan Romels. 2014. Pengaruh variasi parameter proses pemesinan terhadap gaya potong pada

- mesin bubut knuth DM-1000A.
Universitas Sam Ratulangi.
- [18] Ivan, Zainal, dan Didik. 2013. Pengaruh sudut potong pahat terhadap gaya pemotongan Universitas Sebelas Maret.
- [19] Virdo dan Tjuk. 2015. Analisis pengaruh cutting speed, feed rate, dan depth of cut terhadap gaya potong pada proses bubut dengan simulasi Metode Elemen Hingga. Tugas Akhir. Universitas Brawijaya Malang
- [20] Soegihardjo, Oegik. 2015. Simulasi komputer untuk memprediksi besarnya daya pemotongan pada proses cylindrical turning berdasarkan parameter under formed chip thickness. Eksperimen. Universitas Kristen Petra.
- [21] Osman, O. and Ali, U. 2016. The prediction of tool life by using changes in cutting forces during turning process, International Conference in Engineering and Natural Science, Sarajevo.