

Analisa Gaya Potong Pada Proses Pemesinan Turning Menggunakan Bahan *Politetrafluoroetilena* (PTFE)

Arya Rudi Nasution¹, Wawan Septiawan Damanik², Affandi³

^{1,2,3}Department of Mechanical Engineering university of Muhammadiyah Sumatera Utara
Email: aryarudi@umsu.ac.id

Abstrak

Proses pemesinan merupakan sebuah proses yang cukup penting dalam dunia industri. Proses pembubutan adalah sebuah proses merubah bentuk dengan cara membuang sebagian material yang menghasilkan gram/chip. Pemilihan bahan material benda kerja dan material tool insert serta variable kecepatan putaran mesin yang tidak tepat akan mempengaruhi hasil proses pemesinan. Pada penelitian ini kecepatan putaran spindle yang digunakan dimulai dari 90, 110, 155, 190 rpm dengan kedalaman pemakanan (depth of cut) 0.3 mm pada tingkat kecepatan penggerak/eretan (feed rate) 0.023 mm/rev terhadap spesimen material tool insert yang berbeda. Ada dua jenis tool insert yang digunakan yaitu tool insert DCGT 070204-K10 dan DCMT 070202-M20 dengan menggunakan mesin bubut konvensional tipe Emco Maximat V-13 IP 54. Material benda kerja yang digunakan berjenis non logam yaitu politetrafluoroetilena (PTFE). Penelitian ini bertujuan melihat gaya potong yang terjadi pada proses pemesinan bubut dengan menggunakan dua jenis tool insert yang berbeda. Metode pengambilan data pada penelitian ini menggunakan alat bantu sensor, yaitu sensor load cell untuk gaya potong, photoelectric counter module untuk putaran spindle (rpm) dan thermocouple untuk temperature pemakanan. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa nilai gaya potong yang terjadi menggunakan dua jenis tool inert memiliki nilai yang berbeda disetiap pengujian, seperti pada tool insert DCGT 070204-K10 dengan kedalaman pemakanan (depth of cut) sebesar 0.3 mm dan variasi putaran spindle nilai gaya potongnya lebih kecil dibandingkan dengan tool insert DCMT 070202-M20. Gaya potong yang dihasilkan pada tool insert DCGT sebesar 0.287N dengan putaran spindle 90 rpm dan pada rpm 190 rpm nilai gaya potong sebesar 0.240N. Nilai gaya potong yang dihasilkan menggunakan tool insert DCMT sebesar 1.347N dengan putaran spindle 90 rpm dan pada putaran spindle 190 rpm nilai gaya potongnya sebesar 1.1N. Dari setiap pengujian dapat dilihat ketika putaran spindle naik maka nilai gaya potong akan turun pula. Dapat disimpulkan gaya potong meningkat dipengaruhi oleh turunnya putaran spindle (rpm), penurunan putaran spindle akan menyebabkan getaran semakin besar dan gaya yang terjadi pada pemesinan semakin besar.

1. Pendahuluan

Proses pemesinan adalah sebuah proses yang sangat penting di dunia industri. Proses ini adalah salah satu merubah bentuk dengan cara membuang sebagian material dalam bentuk serpihan geram/chip. Selama proses pemesinan berlangsung terjadi interaksi antara pahat dengan benda kerja dimana benda kerja terpotong sedangkan pahat mengalami perubahan temperature terus meningkat yang dapat menurunkan kemampuan fungsional pahat. Sedangkan material benda kerja akan mengalami proses-proses perubahan sifat fisik maupun kimianya (Tofik rochim). Pemesinan adalah proses manufaktur industri yang banyak digunakan di mana cairan pemotongan sering memainkan peranan penting dalam hal kualitas dan efisiensi pemesinan karena fungsi pelepasan pelumas, pendinginan, dan chipnya (Cetin et al., 2011). Pemesinan kering atau hampir kering sering dianggap sebagai strategi yang efektif untuk

mengurangi dampak lingkungan dari proses pemotongan (Jiang et al., 2015) (Arya R. Nasution et al., 2019).

Salah satu proses pemotongan logam yang paling banyak digunakan dalam industri manufaktur adalah proses pembubutan (M. Rizal. 2018). Proses pembubutan ialah salah satu proses yang sering digunakan untuk konstruksi elemen mesin di industri manufaktur yaitu dirgantara, otomotif, perkapalan. Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu produk dari logam (komponen mesin perkakas) dengan cara memotong, selain itu proses pemotongan logam merupakan kegiatan terbesar yang dilakukan pada industri manufaktur, proses ini mampu menghasilkan komponen komponen yang memiliki bentuk yang kompleks dengan akurasi geometri dan dimensi yang tinggi (Husni et al., 2019).

Pada proses pembubutan material benda kerja berputar dan menghilangkan sebagian lapisan permukaan material benda kerja, menghasilkan tiga komponen yaitu gaya potong utama F_c yang bekerja pada arah kecepatan potong, gaya umpan F_f , yang bekerja pada arah laju umpan dan gaya dorong F_t , yang bekerja pada arah yang normal ke pemotongan kecepatan (Günay et al., 2008).

Gaya potong (cutting force) yang dihasilkan pada proses pembubutan ada tiga macam, yaitu gaya tangensial, gaya aksial, dan gaya radial. Gaya tangensial, yaitu gaya yang dihasilkan pada arah kecepatan potong. Gaya aksial, yaitu gaya yang terjadi pada arah gerak makan. Sedangkan gaya radial, yaitu gaya yang arahnya menuju bidang normal pada kecepatan potong (Kosaraju. 2011). Nilai besaran gaya potong merupakan informs penting dalam pemesinan. Gaya pototng dipengaruhi oleh putaran spindle dan beberapa factor lainnya seperti tebal gram, kedalaman potong dan lainnya (Nasution, 2020).

Tujuan penelitian ialah melihat pengaruh putaran spindle terhadap gaya potong yang dihasilkan pada proses pembubutan menggunakan bahan *politetrafluoroetilena* (PTFE).

2. Metode Penelitian

Didalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah bahan non logam yaitu *politetrafluoroetilena* (PTFE) dan menggunakan 2 jenis material *tool insert* yaitu DCGT dan DCMT. Penelitian dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Program Studi Teknik Mesin. Alat – alat yang digunakan adalah mesin bubut Emco V-13 ip 54 dan instrumentasi pendukung untuk mendaptkan hasil data pengujian yang dipasang pada mesin bubut. Bahan yng digunakan serta alat yang digunakan dapat ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 3. Mesin Bubut Emco V-13 IP 54



Gambar 4. Instrumen Alat ukur

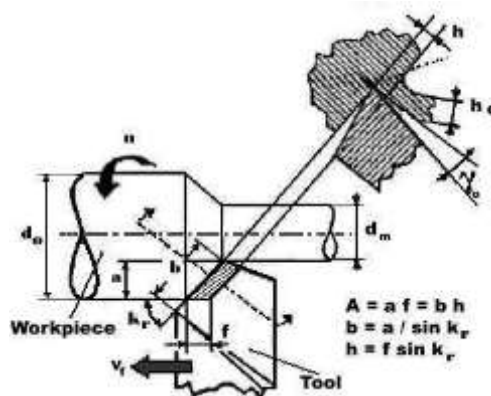


Gambar 4.2 Politetrafluoroetilena (PTFE)

2.1. Persamaan Yang Digunakan

A. Geometri Pahat Bubut

Pengoperasian dasar pada mesin bubut adalah melibatkan benda kerja yang berputar dan *cutting tool*-nya bergerak linier atau benda kerja berputar pada angka putaran tertentu kemudian alat potong bergerak maju dengan kecepatan tertentu sehingga terjadi pemotongan yang menghasilkan tatal/geram. Geometri atau bentuk pahat bubut terutama tergantung pada material benda kerja dan material pahat. Terminologi standar pahat bubut bermata potong tunggal, sudut pahat yang paling pokok adalah sudut geram (*rake angle*), sudut bebas (*clearance angle*), dan sudut sisi potong (*cutting edge angle*).



Gambar 1. Proses bubut (Rochim. 2013)

Dari gambar diatas dapat kita tuliskan persamaan pada elemen dasar pembubutan. Proses pembubutan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

- Kecepatan potong

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} ; \text{m/min} \quad (1)$$

- Kecepatan makan

$$v_f = f \cdot n ; \text{mm/min} \quad (2)$$

- Waktu pemotongan

$$t_c = l_t / v_f ; \text{min} \quad (3)$$

Benda kerja (*workpiece*) :

D_0 = diameter mula ; mm

D_m = diameter akhir ; mm

l_t = panjang pemesinan ; mm

Mesin Bubut :

a = kedalaman potong ; mm

$$a = (d_0 - d_m / 2) ; \text{mm} \quad (4)$$

f = gerak makan ; mm/(r)

n = putaran poros utama ; (r)/min

B. Gaya Potong

Informasi terpenting didalam proses pemesinan adalah besarnya gaya potong, karena hal ini menjadi titik tolak dalam perhitungan dan analisis perencanaan bagi setiap jenis mesin perkakas. Gaya pemotongan yang bereaksi pada pahat dan benda kerja yang selanjutnya diteruskan pada bagian – bagian tertentu dari mesin perkakas, akan mengakibatkan lenturan (Rochim. 2013). Gaya potong yang dihasilkan dapat diketahui dengan menggunakan alat ukur (intrusment) atau load cell. Nilai yang dihasilkan load cell dalam satuan gram maka akan dikonversikan ke Newton, seperti persamaan dibawah ini.

$$F = \frac{\text{beban}}{1000} \times g (\text{m/s}^2) \quad (5)$$

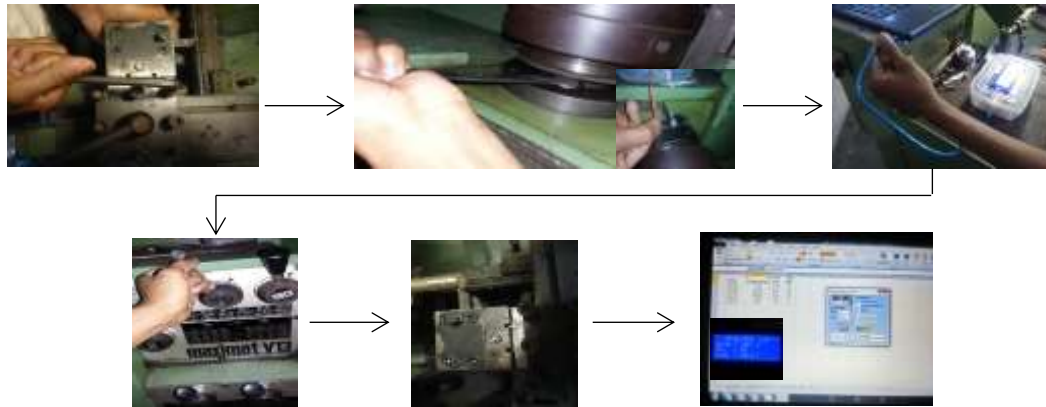
F : Gaya (N)

g : Gravitasi (9.801 m/s²)

2.2 Metode pengambilan data pengujian

1. Memasang instrumentasi pada penjepit pahat (*tool post*) mesin bubut dan terlebih dahulu melakukan penyetelan center mata pahat pada kepala lepas (*tail stock*). Pada kepala lepas telah dipasang sensor *load cell* untuk melihat besarnya gaya potong yang terjadi pada saat pengujian. *Lood cell* yang digunakan keakuratannya telah dikalibrasi sebelumnya, tingkat keakuratan mencapai 55%.
2. Memasang plat sensor pada sebanyak 3 buah pada kepala chuck dengan 3 titik sudut yang berbeda.
3. Memasang sensor *photoelectric counter module*.
4. Menghubungkan sensor *photoelectric counter module* kerangkaian pada program Arduino.
5. Menghubungkan rangkaian Arduino pada laptop.

6. Memasang spesimen pada *chuck* mesin bubut.
7. Mengatur *spindel* kecepatan putaran pembubutan sesuai data yang diinginkan yaitu putaran 90,110,155,190 rpm.
8. Menghidupkan mesin serta mensetting nol pahat ke benda kerja dan selanjutnya melakukan pemakan kedalam benda kerja sebesar 0,3 mm.
9. Menyambungkan dan merekam data pada saat pengujian.
10. Menyimpan data hasil penelitian yang yang muncul pada layar laptop dengan software Plx Daq dan di record oleh Arduino Uno.



Gambar 7. Skema Pengambilan Data

Parameter pengambilan data ini dapat ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Parameter putaran spindle dan *tool insert*

Jenis Pahat	Putaran Spindle (rpm)	Spesimen	Kedalaman Potong (mm)
DCGT 070204-K10	90	<i>Politetrafluoroetilena</i> (PTFE)	0.3
	110		
DCMT 070202-M20	155		
	190		

3. Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, gaya potong dengan variasi putaran spindle yang berbeda ditunjukkan pada tabel 2. Hasil perhitungan gaya potong yang didapat masih dalam satuan gram dan dikonversikan menggunakan rumus (5). Hasil pengujian menggunakan jenis *tool insert* DCGT 070204-K10 ditunjukkan pada tabel dibawah.

Tabel 2. Hasil pengujian gaya potong dengan variasi putaran spindle menggunakan *tool insert* DCGT 070204-K10

Putaran (rpm)	DCGT 070204-K10	
	Gaya (gr)	Gaya (N)
90	29.35	0.287
110	28.68	0.280
155	27.43	0.269
190	24.48	0.240

Dari tabel diatas gaya dalam satuan Newton dapat dibuktikan dengan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut.

- *Tool insert* DCGT putaran spindle 90 rpm

$$F = \frac{\text{beban}}{1000} \times g$$

$$F = \frac{29.35 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 0.287 \text{ N}$$

- *Tool insert* DCGT putaran spindle 110 rpm

$$F = \frac{\text{beban}}{1000} \times g$$

$$F = \frac{28.68 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 0.280 \text{ N}$$

- *Tool insert* DCGT putaran spindle 155 rpm

$$F = \frac{\text{beban}}{1000} \times g$$

$$F = \frac{27.43 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 0.269 \text{ N}$$

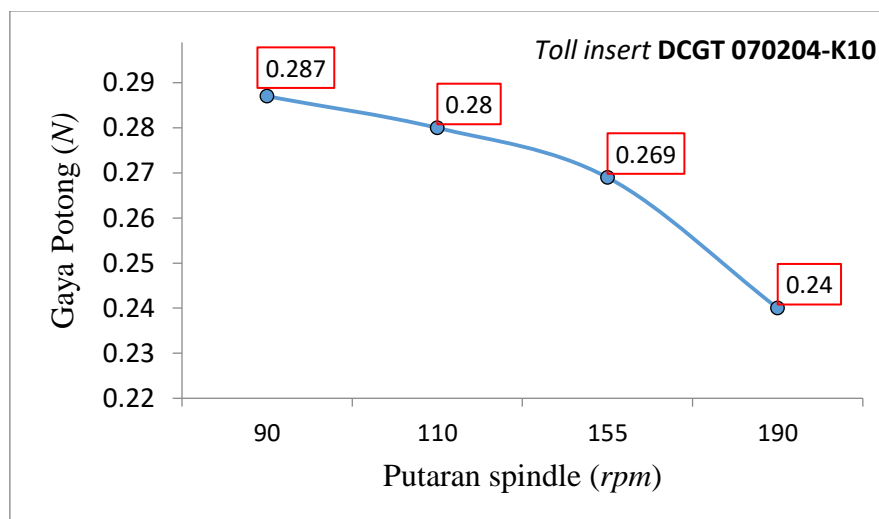
- *Tool insert* DCGT putaran spindle 190 rpm

$$F = \frac{\text{beban}}{1000} \times g$$

$$F = \frac{24.48 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 0.240 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil pengambilan data dan perhitungan, maka dapat dibuatkan grafik perbandingan putaran spindle dengan gaya potong dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik perbandingan gaya potong dengan putaran spindle (*tool insert* DCGT 070204-K10)

Dari hasil diatas nilai gaya potong menggunakan *tool insert* DCGT 070204-K10 menunjukkan nilai gaya potong dipengaruhi oleh putaran spindle, semakin tinggi putaran pindle maka nilai gaya potong akan semakin rendah/menurun. Nilai gaya pototng pada putaran spindle 90 rpn sebesar 0.287N, nilai gaya potong pada putaran spindle 110 rpm sebesar 0.280N, nili gya potong pada putaran spindle 115 rpm sebesar 0.269N dan nilai gaya potong pada putaran spindle 190 rpm sebesar 0.24N.

Selanjutnya pada penelitian menggunakan *tool insert* DCMT 070202-M20 dapat dilihat pada tabel 3. Sama seperti pengujian sebelumnya pada *tool insert* DCGT 070204-K10, nilai gaya potong yang terjadi pada putaran spindle rendah lebih besar dibandingkan dengan putaran spindle tinggi.

Tabel 3. Hasil pengujian gaya potong dengan variasi putaran spindle menggunakan *tool insert* DCMT 070202-M20

DCMT 070202-M20		
Putaran (rpm)	Gaya (gr)	Gaya (N)
90	137.39	1.347
110	132.26	1.297
155	128.78	1.263
190	112.22	1.100

Dari tabel diatas gaya dalam satuan Newton dapat dibuktikan dengan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut.

- *Tool insert* DCMT putaran spindle 90 rpm

$$F = \frac{\text{beban}}{1000} \times g$$

$$F = \frac{137.39 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 1.347 \text{ N}$$

- *Tool insert* DCMT putaran spindle 110 rpm

$$F = \frac{\text{beban}}{1000} \times g$$

$$F = \frac{132.26 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 1.297 \text{ N}$$

- *Tool insert* DCMT putaran spindle 155 rpm

$$F = \frac{\text{beban}}{1000} \times g$$

$$F = \frac{128.78 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 1.263 \text{ N}$$

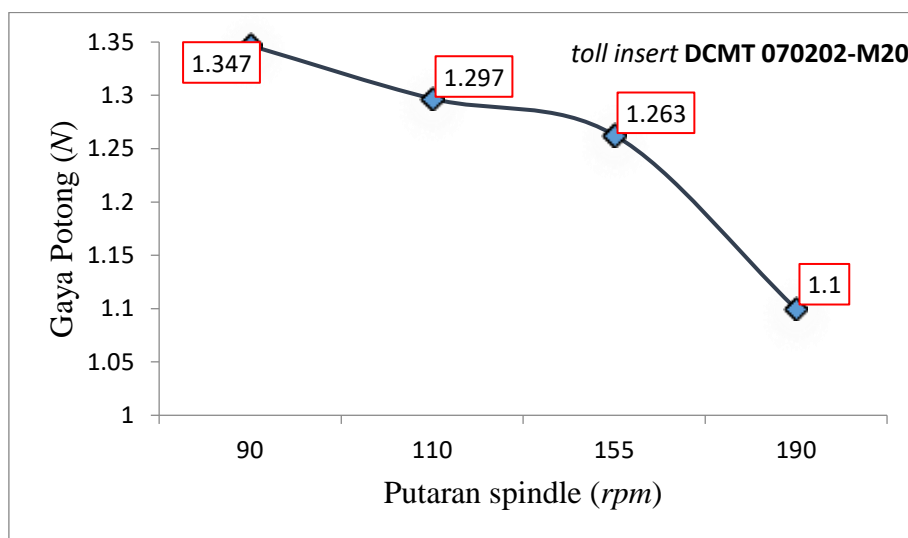
- *Tool insert* DCMT putaran spindle 190 rpm

$$F = \frac{\text{beban}}{1000} \times g$$

$$F = \frac{112.22 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 1.100 \text{ N}$$

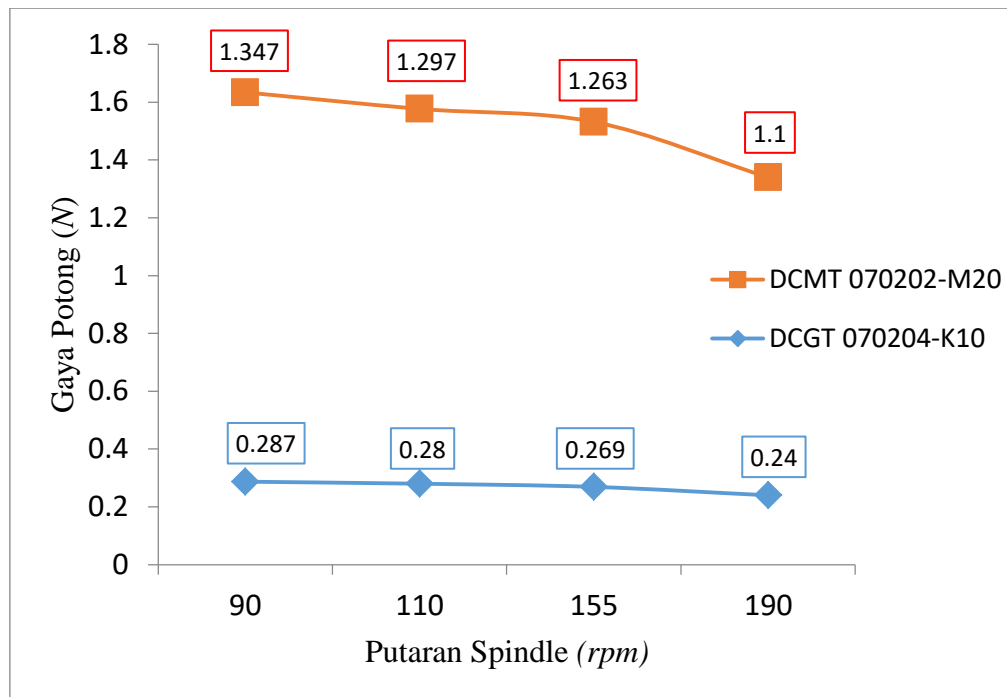
Berdasarkan hasil pengambilan data dan perhitungan, maka dapat dibuatkan grafik perbandingan putaran spindle dengan gaya potong dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik perbandingan gaya potng dengan putaran spindle (*tool insert* DCMT 070202-M20)

Dari hasil diatas nilai gaya potong menggunakan *tool insert* DCMT 070202-M20 menunjukkan nilai gaya potong juga dipengaruhi oleh putaran spindle, semakin tinggi putaran spindle maka nilai gaya potong akan semakin rendah/menurun. Nilai gaya pototng pada putaran spindle 90 rpn sebesar 1.347N, nilai gaya potong pada putaran spindle 110 rpm sebesar 1.297N, nili gya potong pada putaran spindle 115 rpm sebesar 1.263N dan nilai gaya potong pada putaran spindle 190 rpm sebesar 1.100N.

Perbedaan nilai gaya potong yang terjadi pada dua jenis *tool insert* pada proses pemesinan bubut antara *tool insert* DCGT 070204-K10 dengan *tool insert* DCMT 070202-M20 sangat berbeda nilai gaya potongnya. Ini dipengaruhi oleh jenis *tool insert*nya. Dari kedua jenis *tool insert* tersebut seri K10 mampu menahan gaya potong yang terjadi didalam proses pemesinan (Invernizzi et al., 2015) (Nasution, 2021). Kemudian besarnya nilai gaya potong juga tergantung dari tingginya putaran spindle pada proses pemesinan. Getaran yang timbul akibat dari putaran spindle juga mempengaruhi gaya potong pada proses pemesinan (Nasution, 2021). Sifat mekanik dari *tool insert* dan bahan juga mempengaruhi nilai gaya potong pada proses pemesinan (Kalpakjian, 2009). Gambar grafik perbedaan gaya potong menggunakan *tool insert* DCGT 070204-K10 dengan DCMT 070202-M20 dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan gaya potong *tool insert* dengan putaran spindle

4. Kesimpulan

Pada proses pemesinan ini factor utama terjadinya gaya potong adalah getaran yang timbul pada proses pemesinan. Turunnya gaya potong yang terjadi pada proses pemesinan ketika rpm putaran spindle dinaikkan begitu juga sebaliknya, gaya potong meningkat ketika putaran spindle diturunkan. Getaran pada benda kerja saat proses pemesinan meningkat apabila putaran spindle rendah.

Dari dua jenis *tool insert* yang dipakai pada penelitian ini nilai gaya potong yang dihasilkan berbeda. Sebab sifat mekanik dari keduanya juga berbeda.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Kepala Laboratorium Proses Produksi Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik yang sudah mensupport penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Cetin, M. H., Ozcelik, B., Kuram, E., & Demirbas, E. (2011). Evaluation of vegetable based cutting fluids with extreme pressure and cutting parameters in turning of AISI 304L by Taguchi method. *Journal of Cleaner Production*, 19(17), 2049–2056. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.013>
- Günay, M., Korkut, İ., Aslan, E., & Şeker, U. (2008). Experimental investigation of the effect of cutting tool rake angle on main cutting force. *Journal of Materials Processing Technology*, 166(1), 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.07.092>
- Husni, T., Pusvyta, Y., & Hidayat, T. (2019). TEKNIKA : Jurnal Ilmiah PENGARUH JENIS PAHAT DAN KEDALAMAN PEMAKANAN PADA PROSES PEMBUBUTAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN AISI 4340 Fakultas Teknik Universitas IBA TEKNIKA : Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas IBA. *TEKNIKA*, 6(2), 119–133.
- Invernizzi, M., Juel, C., Swank, L., & Meier, J. (2015). *Technical reference*. September 2015, 1–16.

- Jiang, Z., Zhou, F., Zhang, H., Wang, Y., & Sutherland, J. W. (2015). Optimization of machining parameters considering minimum cutting fluid consumption. *Journal of Cleaner Production*, *108*, 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.007>
- Kalpakjian, S. (2009). Manufacturing Engineering & Technology. In *Prentice Hall*.
- Kosaraju, S., Anne, V., & Ghanta, V. (2011). Effect of Rake Angle and Feed Rate on Cutting Forces in an Orthogonal Turning Process. *International Conference on Trends in Mechanical and Industrial Engineering, May*, 150–154.
- M. Rizal, J.A. Ghani, Husni, H. (2018). Design and construction of a strain gauge-based dynamometer for a 3-axis cutting force measurement in turning process. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, *12*(4), 4072–4087. <https://doi.org/https://doi.org/10.15282/jmes.12.4.2018.07.0353> Design
- Nasution, Arya R., Affandi., & Fuadi, Z. (2019). Pengaruh Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Face Milling. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, *3*(1), 16–22. <https://doi.org/doi.org/10.30596/rmme.v3i1.4524>
- Nasution, Arya R., Fuadi, Z., Hasanuddin, I., & Kurniawan, R. (2020). Effect of vegetable oils as cutting fluid on wear of carbide cutting tool insert in a milling process. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *796*(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/796/1/012001>
- Nasution, Arya Rudi, Rahmatullah, R., & Harahap, J. (2021). Pengaruh Variasi Putaran Spindel Terhadap Gaya Potong Pada Proses Pemesinan. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, *2*(2), 92–99. <https://doi.org/10.38038/vocatech.v2i2.56>
- Rochim, T. (2013a). Proses Pemesinan Buku 4: Perkakas & Sistem Pemerkakasan Umur Pahat, Cairan Pendingin Pemesinan. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.