

Pengaruh Putaran *Spindle* Dan Bahan Spesimen Terhadap Gaya Potong Pada Proses Pemesinan *Turning*

Hadi Sucipto¹, Arya Rudi Nasution^{2*}, K. Umurani³, A. M., Siregar⁴

^{1,2,3,4}) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Medan, Indonesia

*Email: aryarudi@umsu.ac.id

ABSTRACT

The turning Machining Process is one of the most commonly used machining processes in the industrial world, both in large-scale industries and small industries (home industries). The turning machining process is a process of changing the shape of the material by removing some of the material in the form of swells. During the machining process, there is an interaction between the tool and the workpiece specimen being cut which results in a change in the cutting force. The value of the cutting force is important information in research, this study aims to see the cutting force during the turning machining process using 2 different types. The research data collection method uses sensor tools, there are three sensors, namely the load cell sensor for cutting force, the photoelectric counter module for rotation (rpm), and the thermocouple for feeding temperature. The research variable used is the rotational speed of rpm starting from 90, 110, 150, and 190 rpm, the depth of cut is 0.3 mm. The cutting force generated on the DCGT insert chisel is 5.94N at 90 rpm, 4.13N at 110 rpm, 2.38N at 150 rpm, and at 190 rpm the DCGT chisel gets a force of 2.03N. Furthermore, the cutting force that occurs on the DCMT insert chisel is 2.94N at 90 rpm, 2.67N at 110 rpm, 2.61N at 150 rpm, and at 190 rpm the DCMT insert chisel gets a force of 2.51N. It can be concluded that the decrease in cutting force is influenced by the amount of rpm used, and the magnitude of the cutting force is due to vibrations that occur in the specimen caused by low rpm.

Keywords: Turning Machine, Tool Insert, cutting force, spindle

PENDAHULUAN

Proses Pemesinan Turning (bubut) adalah salah satu pemesinan yang sering digunakan pada dunia industri, baik industri berskala besar maupun industri kecil (industri rumah tangga). Proses pemesinan turning adalah sebuah proses merubah bentuk material dengan cara membuang Sebagian material dalam bentuk geram [1]. Semasa berlangsungnya proses pemesinan terjadi sebuah interaksi antara pahat dan spesimen benda kerja yang dipotong yang mengakibatkan perubahan gaya dan temperature sehingga dapat menurunkan performa (kemampuan) fungsi pahat [2]. Pemilihan jenis pahat yang digunakan untuk proses pemesinan sesuai dengan jenis material dapat menentukan besarnya gaya potong. Kemampuan pahat menahan gesekan yang mengakibatkan kerusakan (keausan) pada pahat adalah salah pemilihan yang harus diperhatikan. Kerusakan pada pahat dapat dicegah dengan menambahkan cairan pendingin (coolant) pada proses pemesinan [3][4]. Selain dapat mencegah kerusakan, pendingin juga dapat menghambat terjadinya korosi pada material logam [5][6]

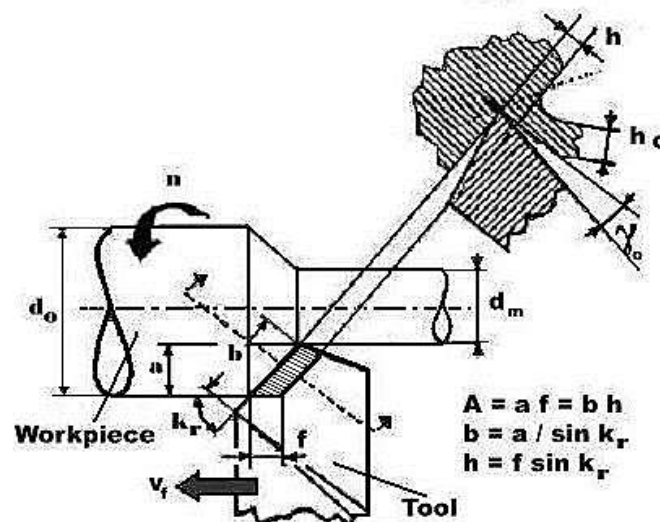
Data gaya potong (*cutting force*) sangat penting agar perancangan pada pemesinan dilakukan dengan benar sehingga dapat meminimalkan distorsi (penyimpangan) komponen mesin sehingga dapat mempertahankan akurasi dimensi yang di rencanakan pada produk dan dapat menentukan jenis pahat (tools) yang akan digunakan. Gaya potong dapat diukur menggunakan transduser gaya (sensor piezoelektrik), dinamometer, atau load cell yang dipasang pada dudukan pahat. Transduser memiliki frekuensi dan kekakuan alami yang jauh lebih tinggi daripada dinamometer, yang rentan terhadap defleksi dan getaran yang berlebihan [7][8]. Alternatif untuk pengukuran gaya potong adalah dengan menerapkan konsep deformasi elastis material. Salah satunya pengukuran dengan alat bantu instrument dynamometer. Prinsip dari dynamometer ini adalah pendeteksian tekanan oleh

bahan piezoelektrik yang digunakan sebagai elemen utama dalam konstruksi dinamometer, yang kemudian diubah menjadi muatan listrik proporsional [9][10].

Keausan pada pahat dan kekasaran pada material juga diakibatkan oleh besarnya gaya potong yang terjadi pada saat pemesinan. Kecepatan potong, kedalaman potong adalah variabel yang sangat penting untuk menentukan hasil produk pemesinan [11][12]. 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[4][13]. Tujuan penelitian ini akan melihat pengaruh putaran spindle dan jenis bahan terhadap gaya potong yang dihasilkan pada proses pemesinan turning.

Dasar Teori

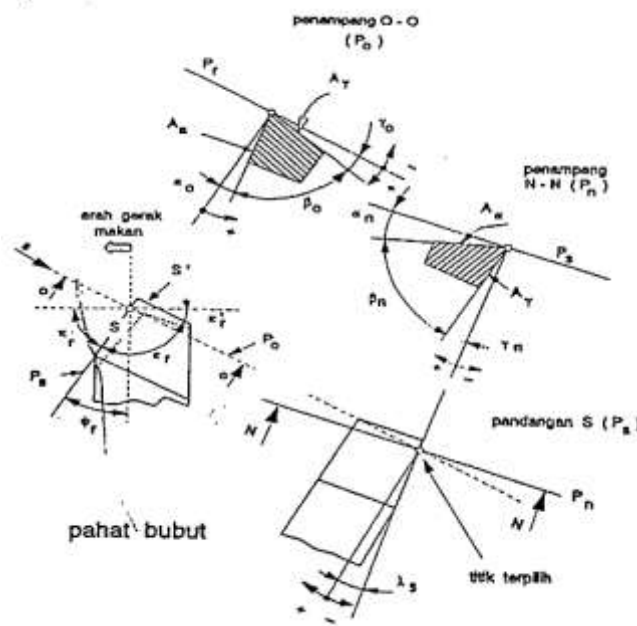
Proses pembubutan ialah sebuah proses pemesinan yang menggunakan satu mata potong untuk membuang material dari permukaan benda kerja yang berputar. Pahatnya bergerak pada arah linier sejajar dengan sumbu putar benda kerja. Pahat dipasangkan pada dudukan pahat (tool post) dan mengatur kedalaman potong sebelum melakukan pengerjaan material [14]. 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 [15].



Gambar 1. Proses Turning [15]

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). Sudut – sudut pahat dibentuk dengan cara diasah (pahat HSS) menggunakan mesin gerinda (*tool grinder machine*) seperti gambar 2. Untuk mengenali bentuk dan geometri pahat harus dilakukan pengamatan secara sistematis. Pertama perlu dibedakan tiga hal pokok yaitu elemen, bidang aktif, dan mata potong pahat, sehingga secara lebih rinci bagian-bagiannya dapat didefinisikan. Dengan mengetahui definisinya maka berbagai jenis pahat akan mudah dikenali berdasarkan penggunaan pahat [15]. Pahat bubut dibagi beberapa jenis menurut penggunaannya, jika menggunakan bahan yang lunak pahat HSS lebih sering digunakan dan pahat karbida digunakan untuk material yang keras. HSS lebih mudah aus ketika melakukan pengerjaan benda keras. Disamping itu, pahat karbida tidak bisa dibentuk karena geometri sudut pahat sudah disesuaikan dengan tool holder (pemegangnya). HSS lebih mudah dibentuk sudut-sudut geometri

pahatnya dengan menggunakan mesin gerinda. Sudut potong pahat biasanya disesuaikan dengan jenis material benda kerja dan parameter permesinannya [16].



Gambar 2. Geometri pahat [11]

Proses pembubutan dapat dihitung menggunakan rumus-rumus dengan melihat gambar 1. Elemen dasar perhitungan pada proses turning yaitu:

- Kecepatan Potong

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}; m / \text{min}$$
- Kecepatan makan

$$v_f = f \cdot n; mm / \text{min}$$

Mesin Turning:

a = Kedalaman potong; mm

$$a = \left(\frac{d_0 - d_1}{2} \right); \text{ mm}$$

f = Gerak makan; mm/(r)

n = putaran spindle; (r)/min

Benda kerja (workpiece) :

d_0 = diameter mula; mm

d_1 = diameter akhir; mm

l_t = panjang pemesinan; mm

Besarnya gaya potong merupakan informasi yang penting dan diperlukan dalam mesin perkakas, karena hal ini merupakan titik tolak dalam perhitungan dan analisis perencanaan bagi setiap jenis mesin perkakas. Demikian halnya dalam perencanaan faktor kendala (constraint) yang sangat perlu diperhitungkan. Gaya potong bereaksi pada pahat dan benda kerja dan ditruskan kebagian tertentu dari sebuah mesin perkakas yang akan mengakibatkan lenturan [15]. Pengukuran gaya potong menggunakan dynamometer. Dynamometer dipasang pada sebuah mesin perkakas dan

akan menghitung dan membaca regangan yang terjadi pada saat pemesinan dilakukan. Regangan yang terjadi akan yang dibaca oleh dynamometer yang akan dibaca oleh komputer melalui system akuisisi data [17]. Perhitungan gaya potong yang dihasilkan dari dynamometer dapat dikonversikan ke satuan Newton menggunakan persamaan dibawah:

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

$$F = \text{Gaya}(N)$$

$$g = \text{Grafitasi}(9,81m / s^2)$$

METODE PENELITIAN

Pemesinan yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin bubut emco V-13 konvensional dengan parameter dan variabel yang ditentukan untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan penelitian. Peralatan yang digunakan adalah:

- Mesin bubut konvensional Emco V-13 IP 54



Gambar 3. Bubut konvensional V-13 IP54

- Instrumentasi alat yang dirangkai untuk pengambilan data akuisisi. *Lood cell, thermocouple, photoelectric, counter* Arduino, layer lcd, dan laptop. Akurasi pengambilan data sensor load cell yang dipakai untuk mengukur gaya pada saat proses pemesinan sudah dikalibrasi dengan alat ukur. Keakurasian belum sempurna, akan tetapi sudah mencapai 65% dari alat kalibrasinya. Pada gambar dibawah terlihat alat instrument yang dipasangkan pada mesin *turning* Emco V-13 IP 54.

Pengambilan Data

- Memasang perangkat instrumentasi yang akan mengukur nilai gaya potong pada proses pemesinan pada tool post, dan setelah itu melakukan pengukuran simetri antara instrument dengan tail stock. Pemasangan dapat dilihat pada gambar dibawah:



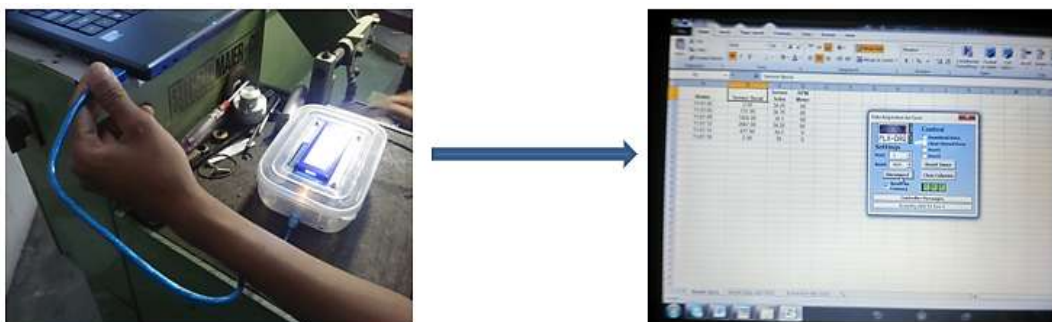
Gambar 4. Pemasangan instrument (a), penyetelan soimetri pada *tail stock* (b)

- Memasang dan menghubungkan rangkaian sensor *photoelectric counter module* pada program Arduino terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 4. Rangkaian sensor *photoelectric*

- Setelah semua rangkaian dipasang, kemudian semua setup mesin sudah dilakukan. Selanjutnya melakukan proses pemakanan/penyayatan benda kerja untuk mengambil data penelitian. Data akuisisi yang ambil yaitu data berat (gram), spindle (rpm) dan suhu ($^{\circ}\text{C}$).
- Menyimpan hasil data yang sudah dihubungkan ke laptop menggunakan perangkat Arduino uno terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 5. Menyimpan data hasil penelitian

Secara umum, metode berisi tentang bagaimana survei/observasi/pengukuran

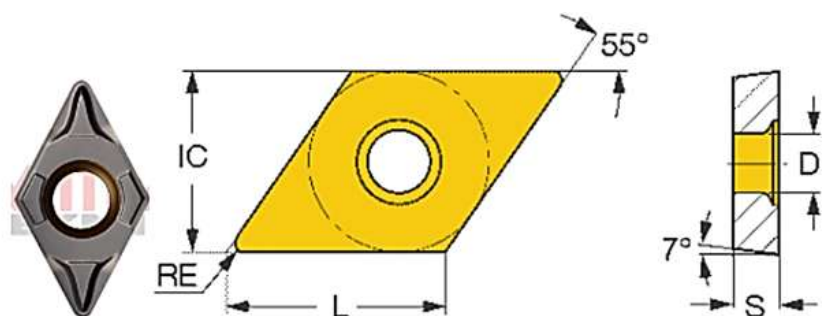
Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan logam kuningan, kuningan adalah paduan antara tembaga dan seng, dimana kandungan seng sampai kira-kira 40% [18][4].



Gambar 6. Spesimen penelitian.

Jenis pahat insert yang dipakai pada penelitian, jenis pahat insert carbide yaitu pahat insert DCGT 070204K10 dan DCMT 070202-M20.



Gambar 7. Geometri dimensi pahat insert [19]

Pada tabel 1 diperlihatkan parameter penelitian, parameter kecepatan putaran spindle yang digunakan 90, 110, 155 dan 190 rpm.

Tabel 1. Parameter putaran spindle

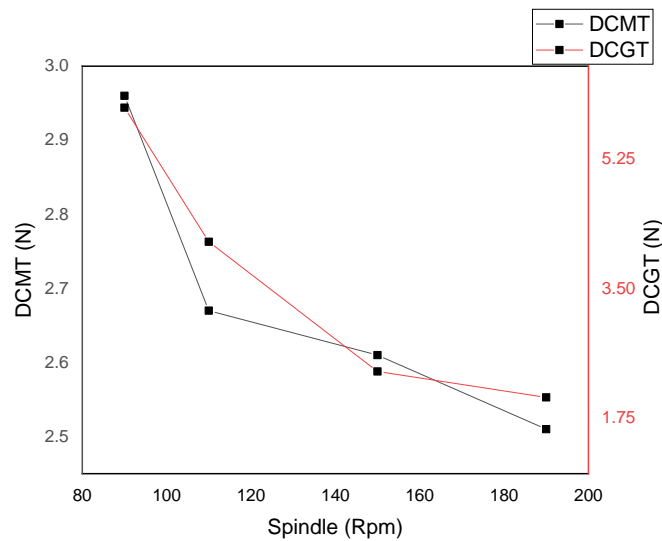
Jenis Pahat	Putaran Spindel (rpm)	Kedalaman Potong (mm)	Spesimen
DCGT 070204-K10	90	0.3	Kuningan (<i>Brass</i>)
	110		
DCMT 070202-M20	155		
	190		

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kekasaran permukaan

Hasil pengukuran gaya potong pada spesimen kuningan menggunakan jenis pahat DCMT pada variabel putaran spindle 90 rpm sebesar 2.96N, putaran spindle 110 rpm sebesar 2.67N, putaran spindle 155 rpm sebesar 2.61N, dan pada putaran spindle 190 rpm sebesar 2.51N. Kemudian hasil pengukuran gaya potong menggunakan jenis pahat DCGT di variabel putaran spindle 90 rpm sebesar 5.94N, putaran spindle 110 rpm sebesar 4.13N, putaran spindle 155 rpm sebesar 2.38N dan putaran spindle 190 rpm sebesar 2.03N. Dari hasil pengukuran didapat perbedaan gaya yang yang

terjadi pada kedua jenis pahat yang digunakan. Gaya yang terjadi pada pahat DCMT dan DCGT dapat lebih jelas dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Hasil Pengukuran Gaya Potong (N)

Pembahasan

Dari hasil pengujian pada spesimen kuningan pada Gambar 9 dengan pemakanan kedalaman (depth of cut) sebesar 0.3 mm dan variasi putaran 90, 110, 155 dan 190 rpm dapat diketahui pada mata pahat DCGT lebih besar gaya potong yang terjadi dibandingkan dengan pahat DCMT. Gaya potong yang dihasilkan pada mata pahat DCGT sebesar 5.94 N dengan putaran 90 rpm dan pada putaran 190 rpm pahat DCGT mendapat gaya sebesar 2.03 N. Seperti dapat dilihat Gambar 8 grafik diatas.



Gambar 9. Hasil proses pemesinan

Pada penelitian ini hasil pengukuran gaya potong menggunakan instrument sensor load cell, dimana luaran data yang di record oleh Arduino adalah satuan gram. Untuk mengkonversi hasil pengujian menjadi dalam satuan Newton (N) dibuktikan pada perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut. Untuk hasil data pengujian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian

Jenis Pahat	Putaran Spindle (Rpm)	Kedalaman Potong (mm)	Gaya Potong (gram)	Gaya Potong (N)
DCGT 070204-K10	90	0.3	605.87	5.94
	110		420.60	4.13
	150		243.00	2.38
	190		207.27	2.03
DCMT 070202-M20	90		301.26	2.96
	110		272.04	2.67

Jenis Pahat	Putaran Spindle (Rpm)	Kedalaman Potong (mm)	Gaya Potong (gram)	Gaya Potong (N)
	150		265.70	2.61
	190		255.90	2.51

- **DCGT 070204-K10**

- Mata pahat DCGT pada putaran pembebanan 90 rpm

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

$$F = \frac{605.87 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 5.94 \text{ N}$$

- Mata pahat DCGT pada putaran pembebanan 110 rpm

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

$$F = \frac{420.60 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 4.13 \text{ N}$$

- Mata pahat DCGT pada putaran pembebanan 150 rpm

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

$$F = \frac{243.00 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 2.38 \text{ N}$$

- Mata pahat DCGT pada putaran pembebanan 190 rpm

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

$$F = \frac{207.27 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 2.03 \text{ N}$$

- **DCMT 070202-M20**

- Mata pahat DCMT pada putaran pembebanan 90 rpm

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

$$F = \frac{301.26 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 2.96 \text{ N}$$

- Mata pahat DCMT pada putaran pembebanan 110 rpm

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

$$F = \frac{272.04 \text{ gr}}{1000} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 2.67 \text{ N}$$

- Mata pahat DCMT pada putaran pembebanan 150 rpm

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

$$F = \frac{265.70\text{gr}}{1000} \times 9.81\text{m/s}^2$$

$$F = 2.61\text{N}$$

- Mata pahat DCMT pada putaran pembebanan 190 rpm

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

$$F = \frac{255.90\text{gr}}{1000} \times 9.81\text{m/s}^2$$

$$F = 2.51\text{N}$$

Dari data diatas, nilai gaya potong yang terjadi pada disetiap pengujian berbeda beda. Perbedaan nilai gaya potong tampak jauh berbeda antara mata pahat insert DCGT dan DCMT. Pahat insert DCGT mendapatkan gaya potong yang tinggi pada penelitian ini. DCGT070204-K10 adalah pahat insert yang digunakan pada proses pengerjaan material Cast Iron dan pahat insert DCMT07202-M20 digunakan untuk material Stainless [20]. Nilai gaya potong, hasil pekerjaan sangat dipengaruhi oleh variabel kecepatan spindle [1][21-22].

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini, pahat insert DCGT mendapatkan nilai gaya potong tertinggi pada rpm rendah dibandingkan dengan pahat insert DCMT. Akan tetapi nilai gaya potong terendah pada rpm tinggi malah sebaliknya, gaya potong pada pahat insert DCGT 2.03N dan pada pahat insert DCMT 2.51N.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Nasution, Z. Fuadi, I. Hasanuddin, and R. Kurniawan, "Effect of vegetable oils as cutting fluid on wear of carbide cutting tool insert in a milling process," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 796, no. 1, pp. 0–10, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/796/1/012001.
- [2] H. M. Rizall*, J.A. Ghani2, Husni1, "Design and construction of a strain gauge-based dynamometer for a 3-axis cutting force measurement in turning process," *J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 12, no. 4, pp. 4072–4087, 2018, doi: <https://doi.org/10.15282/jmes.12.4.2018.07.0353>.
- [3] A. R. Nasution and W. S. Damanik, "Analisa Gaya Potong Pada Proses Pemesinan Menggunakan Bahan Politetrafluoroetilena (PTFE)," *Dep. Mech. Eng. Univ. Muhammadiyah Sumatera Utar*, pp. 649–658, 2021.
- [4] A. R. Nasution, R. Rahmatullah, and J. Harahap, "Pengaruh Variasi Putaran Spindel Terhadap Gaya Potong Pada Proses Pemesinan," *VOCATECH Vocat. Educ. Technol. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 92–99, 2021, doi: 10.38038/vocatech.v2i2.56.
- [5] S. H. Affandi, Ahmad Marabdi Siregar, Chandra A Siregar, Arya Rudi Nasution, Iqbal Tanjung, Syarizal Fonna, "Analisa Korosi Atmosferik Baja Karbon Rendah Di Kecamatan Medan Belawan," *Multitek Indones.*, vol. 6223, no. 2, pp. 80–88, 2020.
- [6] S. Huzni, Affandi, I. Tanjung, and S. Fonna, "Atmospheric corrosion map of structural steel in industrial area: A preliminary investigation," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 602, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/602/1/012075.
- [7] S. Kalpakjian, *Manufacturing Engineering & Technology*, Sixth. 2009.
- [8] A. R. Nasution, A. R. Affandi, Khairul Umurani, A. M., Siregar, "Analisis Kekasaran Permukaan Cast Iron Menggunakan Cairan Pendingin Berbasis Nabati Pada Proses Face milling," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*

- <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>, vol. 4, no. 2, pp. 125–131, 2021.
- [9] C. Scheffer and P. S. Heyns, “An industrial tool wear monitoring system for interrupted turning,” *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 18, no. 5, pp. 1219–1242, 2004, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2003.09.001>.
- [10] K. Umurani, A. M., Siregar, and S. Al-Amin, “Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 3, no. 2, pp. 103–111, 2020, doi: 10.30596/rmme.v3i2.5272.
- [11] V. P. Astakhov, “The assessment of cutting tool wear,” *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 44, no. 6, pp. 637–647, 2004, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijmactools.2003.11.006>.
- [12] X. Xu, J. Wang, B. Zhong, W. Ming, and M. Chen, “Deep learning-based tool wear prediction and its application for machining process using multi-scale feature fusion and channel attention mechanism,” *Measurement*, vol. 177, p. 109254, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109254>.
- [13] M. Iqbal, T. F. Ariff, M. S. F. bin Mat Roseh, M. H. F. Al-Hazza, I. Hilmy, and Suryanto, “Effect of Microwave Sintering Treatment to the Flank Wear of Titanium Carbide Tools in Milling Operations,” *Adv. Mater. Res.*, vol. 1115, no. June 2016, pp. 59–63, 2015, doi: 10.4028/www.scientific.net/amr.1115.59.
- [14] R. K. Bharilya, R. Malgaya, L. Patidar, R. K. Gurjar, and A. K. Jha, “Study of Optimised Process Parameters in Turning Operation Through Force Dynamometer on CNC Machine,” 2015, doi: 10.1016/j.matpr.2015.07.268.
- [15] T. Rochim, *Proses Permesinan Buku 4: Perkakas & Sistem Pemerkakasan Umur Pahat, Cairan Pendingin Pemesinan*. 2013.
- [16] J. R. Davis, *General Guidelines for Selecting Cutting Tool Materials*. 1995.
- [17] T. N. Projoth, D. P. M. Victor, and P. Nanthakumar, “Analysis and prediction of cutting force through lathe tool dynamometer in CNC turning process,” *Mater. Today Proc.*, vol. 46, pp. 4174–4179, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.681>.
- [18] ASTM, “Standard Specification for Copper-Zinc-Lead Alloy (Leaded-Brass) Extruded Shapes 1,” *Astm*, vol. 30, no. Reapproved 2017, pp. 1–3, 2015.
- [19] *Tec h nical R eference Handb ook*. 2018.
- [20] Nehemia Ratur Tarigan, Nurdiana, Mahyunis, supriadi. M.Kamil,Iswandi, Eswanto, " Perancangan Mesin Penghancur Bonggol Jagung Untuk Pakan Ternak Sapi Dan Kambing Kapasitas 100 Kg/Jam" *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, Vol. 2, No. 1, Maret 2019, 54-63 DOI:<https://doi.org/10.30596/rmme.v2i1.3069>
- [21] ASTM E8, *ASTM E8/E8M standard test methods for tension testing of metallic materials 1*, no. C. 2010.
- [22] A. R. Nasution, Affandi., and Z. Fuadi, “Pengaruh Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Face Milling,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 3, no. 1, pp. 16–22, 2019, doi: doi.org/10.30596/rmme.v3i1.4524.