

PENGARUH KECEPATAN MOTOR DC PADA MESIN CNC TERHADAP KONSUMSI ENERGI DI SMKN 2 TARAKAN

Linda Sartika¹, Abdul Muis Prasetya², Tegar Novtandy³

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan.
Jl. Amal Lama, No.Kel, Pantai Amal, Kec. Tarakan Timur., Kota Tarakan, Kalimantan Utara.

ABSTRAK

Mesin CNC telah menjadi bagian manufaktur modern, dan efisiensi energi adalah salah satu industri besar. Pengaruh kecepatan motor DC pada mesin CNC terhadap konsumsi energi di SMKN 2 Tarakan Dalam Penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi bagaimana analisis kecepatan motor DC dalam mesin CNC dapat mempengaruhi daya dan konsumsi energi. metode ini menggunakan eksperimen dengan mengubah kecepatan motor DC pada mesin CNC dan mencatat konsumsi energi yang terkait dengan setiap kecepatan. Data dikumpulkan dan dianalisis untuk menentukan apakah ada hubungan antara kecepatan motor DC dan konsumsi energi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tentang cara mengoptimalkan penggunaan energi dalam pengoperasian mesin CNC di lingkungan pendidikan di SMKN 2 Tarakan. nilai daya dipengaruhi oleh tegangan dan arus. Sehingga nilai tegangan sebesar 20,95 V dan arus sebesar 0,64 A akan menghasilkan daya sebesar 13,408 W. Konsumsi energi dipengaruhi oleh penggunaan daya motor DC dan dipengaruhi oleh waktu. Ketika nilai daya sebesar 13,408 W dan nilai waktu sebesar 925,8 s sehingga nilai konsumsi yang dihasilkan sebesar 12413,12 W/s. Penurunan kecepatan ini bertujuan untuk mencegah kerusakan pada bahan selama proses operasional. Dapat kita lihat ketika nilai kecepatan spindle sebesar 988,8 rpm dan nilai diameternya 35 mm maka nilai kecepatan motor DC servonya sebesar 108,66 rpm.

Kata Kunci: Mesin CNC; Motor DC.

ABSTRACT

The CNC machine has become a part of modern manufacturing, and energy efficiency is one of the major industries. The influence of DC motor speed on CNC machines on energy consumption at SMKN 2 Tarakan was investigated to identify how the analysis of DC motor speed in CNC machines can affect power and energy consumption. This method uses experiments by changing the DC motor speed on the CNC machine and recording the energy consumption associated with each speed. Data is collected and analyzed to determine whether there is a relationship between DC motor speed and energy consumption. The results of this study are expected to provide insights into how to optimize energy use in the operation of CNC machines in the educational environment at SMKN 2 Tarakan. Power values are affected by voltage and current. Thus, a voltage value of 20.95 V and a current of 0.64 A will result in a power of 13.408 W. Energy consumption is influenced by the use of DC motor power and is affected by time. When the power value is 13.408 W and the time value is 925.8 s, the resulting consumption value is 12413.12 W/s. The reduction in speed aims to prevent damage to the material during the operational process. We can see that when the spindle speed value is 988.8 rpm and the diameter value is 35 mm, the servo DC motor speed value is 108.66 rpm.

Keywords: CNC Machine; DC Motor.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan dan perkembangan teknologi di era modern ini, sehingga berdampak di segala bidang terutama pada bidang industri. Pada zaman sekarang ini, persaingan dibidang industri semakin tinggi, baik itu jasa maupun pada sektor produksi.

Hal ini membuat orang-orang bersaing menciptakan pekerjaan yang praktis dan otomatis [1].

Dalam industri skala besar, banyak menggunakan mesin CNC (Computerized Numerical Control) untuk mempermudah proses pembuatan produk dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional. Untuk mengatasi tantangan ini, mesin CNC menjadi solusi yang ideal dalam proses produksi industri. Mesin CNC dapat diartikan sebagai mesin produksi yang dikendalikan oleh kontrol lewat program di komputer. Dalam proses produksi, diperlukan pemrograman khusus yang disebut G-code atau program CNC [2]-[4]. Energi listrik merupakan komponen penting dalam operasi mesin CNC. Energi listrik digunakan untuk menggerakkan motor DC, dan tingkat daya ini dipengaruhi kecepatan operasi motor DC pada mesin CNC [5], [6].

Dalam penelitian ini, peneliti bertujuan untuk meneliti fakta-fakta yang berkaitan dengan pengaruh kecepatan motor DC dan konsumsi energi pada mesin CNC Bubut di SMKN 2 TARAKAN. Mesin CNC Bubut menjadi objek penelitian utama, dan mesin ini sering digunakan oleh siswa, terutama di bengkel Teknik Mesin Produksi [7].

2. METODE PENELITIAN

A. Tahap Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan tujuan untuk mengkaji pengaruh kecepatan motor DC terhadap konsumsi energi pada mesin CNC selama operasi. Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian langkah sistematis yang dirancang untuk mencapai tujuan penelitian secara komprehensif. Tahap pertama adalah studi literatur, yang bertujuan untuk mengumpulkan dan menganalisis berbagai referensi dan teori yang relevan dengan topik penelitian. Studi literatur ini juga digunakan untuk memahami hubungan antara kecepatan motor DC dan konsumsi energi pada mesin CNC. Tahap berikutnya adalah pemilihan alat dan bahan, di mana peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ditentukan, dan bahan yang diperlukan untuk eksperimen diputuskan. Selanjutnya, data awal mengenai mesin CNC dikumpulkan, termasuk informasi tentang jenis-jenis mesin, motor DC, alat potong, dan bahan percobaan. Tahap pengukuran dan analisis melibatkan pengamatan langsung terhadap kecepatan motor DC saat mesin CNC beroperasi dan pengaruhnya terhadap konsumsi energi. Data hasil pengukuran dianalisis untuk mengidentifikasi pola hubungan antara variabel yang diteliti. Akhirnya, penelitian ini menghasilkan kesimpulan yang merangkum temuan utama serta memberikan saran

untuk penelitian lanjutan guna memperdalam kajian terkait pengaruh kecepatan motor DC terhadap konsumsi energi pada mesin CNC.



Gambar 1. Mesin CNC

Gambar 1, menunjukkan gambar mesin CNC untuk menguji yang dilakukan pada motor DC servo tentang kecepatan motor DC, daya pada motor DC, dan konsumsi energi pada motor DC. Penelitian ini melakukan pembuatan bahan produksi berupa Pion catur.

B. Kecepatan Motor DC dan Konsumsi Energi pada Mesin CNC

Kecepatan motor DC diatur untuk memproduksi bahan pada mesin CNC bubut, dengan bahan produksi berupa pion catur yang memiliki variasi diameter. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah logam aluminium dengan diameter dasar sebesar 50,2 mm. Variasi bentuk dan ukuran bahan produksi dirancang untuk meningkatkan validitas hasil penelitian. Konsumsi energi dihitung berdasarkan daya yang dihasilkan oleh motor DC selama proses produksi. Setelah nilai daya diperoleh, dilakukan perhitungan konsumsi energi untuk mengevaluasi efisiensi energi pada berbagai kondisi kecepatan motor DC. Perhitungan dilakukan dengan beberapa rumus yang digunakan antara lain sebagai berikut [8]-[12].

$$C_s = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (1)$$

Pada persamaan (1) C_s merupakan nilai kecepatan potong CNC (rpm) dan nilai (d) adalah nilai ukuran diameter pada bahan. Kemudian (n) adalah nilai kecepatan spindle di mesin CNC.

$$P = V \times I \quad (2)$$

Pada persamaan (2) adalah nilai daya pada motor DC. Kemudian (V) adalah nilai tegangan ketika sedang diukur ke motor servo. Kemudian (I) adalah nilai arus ketika diukur ketika motor servo sedang beroperasi.

$$E = P \times t \quad (3)$$

Pada persamaan (3) adalah nilai konsumsi energi yang dibutuhkan pada motor DC. Kemudian (P) adalah nilai perhitungan daya. Kemudian (t) adalah waktu proses pembuatan bahan produksi.



Gambar 2. Hasil Produksi Penelitian

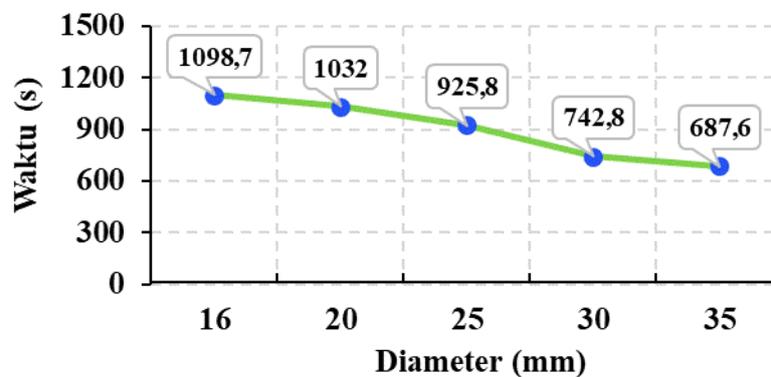
Gambar 2, menunjukkan hasil bahan produksi menggunakan mesin CNC. Bahan awal memiliki diameter sebesar 50,2 mm dengan panjang rata-rata 58 mm. Setelah proses pembubutan, diameter hasil produksi bervariasi antara 16 mm hingga 35 mm, tergantung pada variasi desain yang diterapkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian hasil dan pembahasan akan menyajikan data hasil pengukuran dan analisa terhadap motor DC, serta pembahasan mengenai pengaruh kecepatan motor DC terhadap konsumsi energi pada mesin CNC. Adapun pembahasan lebih lanjut akan dijabarkan sebagai berikut.

A. Waktu pada Pembuatan Produk

Waktu merupakan komponen penting dalam mengetahui besar konsumsi energi pada mesin CNC. Gambar 3, menampilkan waktu yang diperoleh terhadap variasi diameter hasil produksi. Berdasarkan grafik yang ditampilkan didapatkan bahwa waktu produksi terlama terjadi saat diameter bahan adalah 16 mm dengan waktu 1098,6 s.

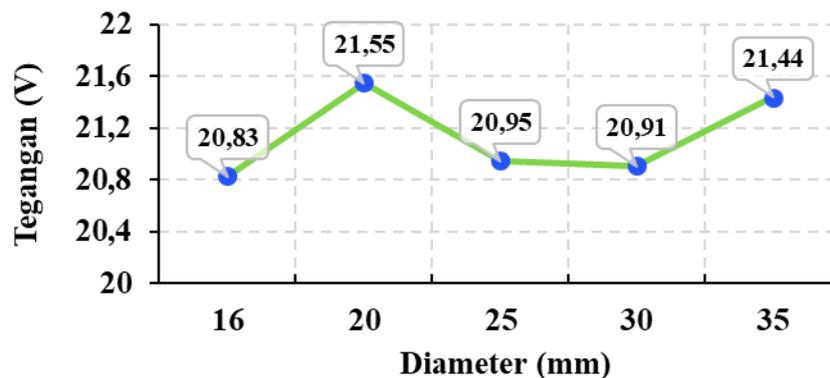


Gambar 3. Grafik Diameter vs Waktu Produksi

Waktu produksi yang lebih lama terjadi selama proses pemotongan bubut rata, yang disebabkan oleh sifat material aluminium yang relatif keras. Pada tahap awal pemotongan, kecepatan pahat diperlambat untuk mengurangi risiko kerusakan material dan keausan pahat. Kecepatan spindle dan motor servo dikendalikan melalui *Variable Speed Drive* (VSD) berbasis arus searah (DC) guna memastikan hasil permukaan tetap sesuai dengan spesifikasi, mengingat tidak ada toleransi terhadap tingkat kekasaran permukaan. Selain itu, penundaan waktu prosedur juga dipengaruhi oleh keterbatasan dan kekurangan yang terdapat pada mesin CNC yang digunakan.

B. Tegangan dan Arus pada Motor DC Servo

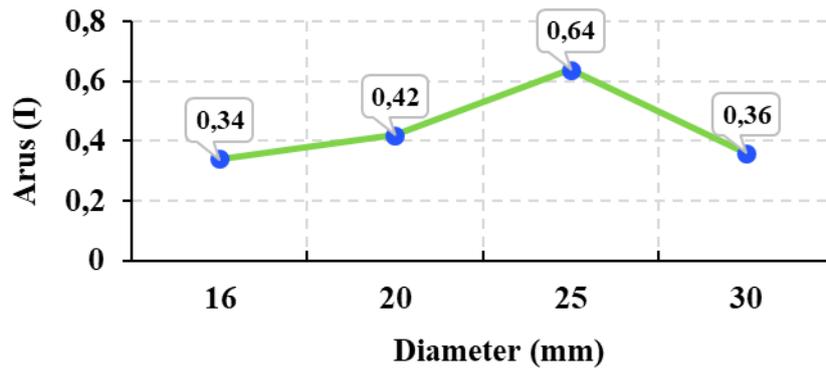
Tegangan dan arus merupakan komponen penting yang harus diukur untuk mengetahui daya yang digunakan pada mesin CNC. Gambar 4, menampilkan hasil pengukuran arus pada motor DC. Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 4, didapatkan bahwa nilai tegangan paling tinggi terdapat pada diameter 20 mm dengan nilai 21,53 V. Sementara, tegangan paling rendah terdapat pada diameter 16 mm dengan nilai 20,83 V.



Gambar 4. Grafik Diameter vs Tegangan

Ketika motor DC beroperasi pada kecepatan tertentu, pengendalian pergeseran pahat dilakukan melalui pengaturan tegangan yang secara dinamis dapat meningkat atau menurun sesuai dengan kondisi kerja motor. Oleh karena itu, setiap produk menunjukkan variasi tegangan yang berbeda, bergantung pada diameter hasil produksinya.

Gambar 5, menampilkan nilai arus hasil pengukuran pada motor DC. Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 5, diperoleh bahwa nilai arus tertinggi tercatat pada diameter 25 mm dengan nilai 0,64 A. Sementara, nilai arus terendah yakni pada diameter 16 mm dengan nilai 0,34 A.



Gambar 5. Grafik Diameter vs Arus

Pada Gambar 5, nilai arus pada grafik ini bervariasi, dimana setiap diameter memiliki nilai yang berbeda. Perbedaan ini disebabkan oleh naik dan turunnya arus saat pengukuran dilakukan. Perubahan arus terjadi ketika pisau pahat berpindah ke titik nol. Selama pahat melakukan pemotongan, nilai arus cenderung mengalami penurunan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi risiko kerusakan material serta memastikan hasil produksi memiliki kualitas permukaan yang rapi dan bebas dari kekasaran.

C. Daya pada Motor DC Servo

Daya merupakan salah satu faktor penting dalam operasi mesin CNC, karena daya digunakan untuk menghitung besar konsumsi energi selama proses produksi. Perhitungan daya pada mesin CNC dilakukan menggunakan persamaan (2). Adapun perhitungan daya yang digunakan dalam operasi mesin CNC ditampilkan sebagai berikut:

1. Daya Motor Diameter Produk 16 mm

$$\begin{aligned}
 P_{16} &= V \times I \\
 &= 20,83 \times 0,34 \\
 &= 7,0822 \text{ W}
 \end{aligned}$$

2. Daya Motor Diameter Produk 20 mm

$$\begin{aligned}
 P_{20} &= V \times I \\
 &= 21,55 \times 0,42 \\
 &= 9,051 \text{ W}
 \end{aligned}$$

3. Daya Motor Diameter Produk 25 mm

$$\begin{aligned}
 P_{25} &= V \times I \\
 &= 21,95 \times 0,64 \\
 &= 13,408 \text{ W}
 \end{aligned}$$

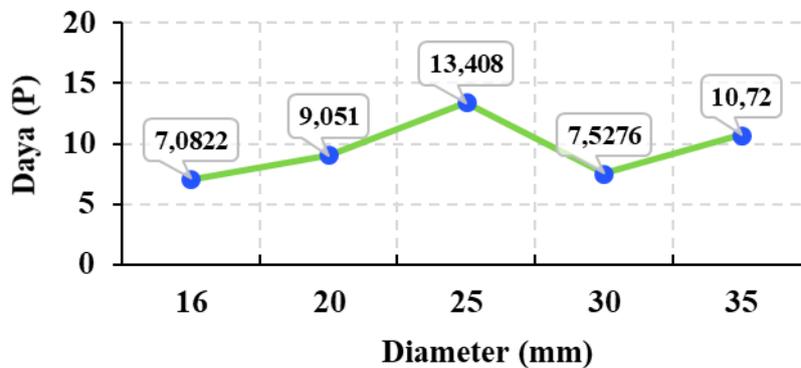
4. Daya Motor Diameter Produk 30 mm

$$\begin{aligned} P_{30} &= V \times I \\ &= 21,91 \times 0,36 \\ &= 7,5276 \text{ W} \end{aligned}$$

5. Daya Motor Diameter Produk 35 mm

$$\begin{aligned} P_{35} &= V \times I \\ &= 21,44 \times 0,5 \\ &= 10,72 \text{ W} \end{aligned}$$

Gambar 6, menunjukkan grafik hasil perhitungan daya mesin CNC untuk berbagai diameter hasil produksi. Berdasarkan grafik, daya tertinggi tercatat pada diameter hasil produksi sebesar 25 mm yaitu sebesar 13,408 W. Sementara, nilai daya terendah yakni pada diameter 16 mm dengan nilai sebesar 7,0822 W.



Gambar 6. Grafik Diameter vs Daya

Variasi daya yang terlihat pada grafik disebabkan oleh beberapa faktor utama, termasuk fluktuasi tegangan dan arus selama operasi motor DC, serta sifat material bahan yang digunakan. Pada material dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi, kecepatan pahat cenderung dikurangi untuk mencegah kerusakan alat, sehingga daya yang dibutuhkan mengalami penurunan. Sebaliknya, pada material yang lebih lunak, kecepatan pahat dapat ditingkatkan, yang menyebabkan konsumsi daya meningkat secara signifikan. Perubahan daya ini menunjukkan bahwa performa mesin CNC dipengaruhi oleh kombinasi beberapa parameter, yaitu sifat material, kecepatan operasi pahat, serta stabilitas tegangan dan arus pada motor DC selama proses pemotongan.

D. Konsumsi Energi pada motor DC di mesin CNC

Konsumsi energi pada motor DC dapat diperoleh dengan menghitung menggunakan Persamaan (3). Adapun perhitungan konsumsi energi motor DC berdasarkan variasi diameter hasil produksi akan dijabarkan sebagai berikut:

1. Konsumsi Energi Diameter Produk 16 mm

$$\begin{aligned} E_{16} &= P \times t \\ &= 7,0822 \times 1098,7 \\ &= 7781,21 \text{ Ws} \end{aligned}$$

2. Konsumsi Energi Diameter Produk 20 mm

$$\begin{aligned} E_{20} &= P \times t \\ &= 9,051 \times 1032 \\ &= 9340,6 \text{ Ws} \end{aligned}$$

3. Konsumsi Energi Diameter Produk 25 mm

$$\begin{aligned} E_{25} &= P \times t \\ &= 13,408 \times 925,8 \\ &= 12413,1 \text{ Ws} \end{aligned}$$

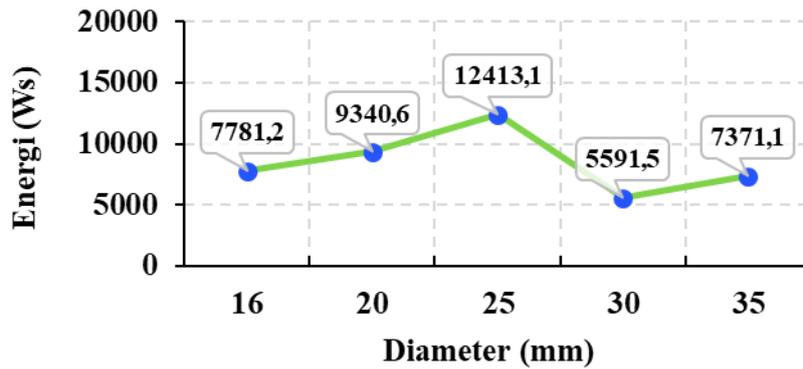
4. Konsumsi Energi Diameter Produk 30 mm

$$\begin{aligned} E_{30} &= P \times t \\ &= 7,5276 \times 742,8 \\ &= 5591,5 \text{ Ws} \end{aligned}$$

5. Konsumsi Energi Diameter Produk 35 mm

$$\begin{aligned} E_{35} &= P \times t \\ &= 10,72 \times 687,6 \\ &= 7371,1 \text{ Ws} \end{aligned}$$

Pada Gambar 7, terlihat penggunaan energi motor DC dalam mesin CNC. Energi tertinggi terjadi pada diameter 25 mm dengan penggunaan energi sebesar 12413,12 Ws. Sementara, penggunaan energi terendah yakni pada diameter hasil produksi 30 mm dengan nilai sebesar 5591,5 Ws.



Gambar 7. Grafik Diameter vs Energi

Konsumsi energi selama proses produksi dipengaruhi oleh daya dan durasi waktu operasi. Durasi proses produksi secara langsung bergantung pada fluktuasi daya yang terjadi pada motor DC selama operasinya. Semakin tinggi daya yang digunakan, semakin besar energi yang dikonsumsi. Sebaliknya, ketika daya yang digunakan menurun, konsumsi energi juga berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi energi tidak hanya bergantung pada durasi proses, tetapi juga pada stabilitas dan besaran daya yang dihasilkan oleh motor DC selama proses produksi berlangsung.

E. Kecepatan Motor DC Servo

Kecepatan potong motor dapat diperoleh dengan dilakukannya perhitungan menggunakan persamaan (1). Sebelum melakukan perhitungan kecepatan potong motor CNC, diperlukan pengukuran kecepatan spindle terlebih dahulu. Kecepatan spindle adalah nilai putaran spindle ketika beroperasi. Adapun data hasil pengukuran kecepatan spindle ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Kecepatan Spindle

Diameter (mm)	Kecepatan Spindle (rpm)
16	919,2
20	922,9
25	930,2
30	985,1
35	988,8

Gambar 8, merupakan grafik hasil perhitungan kecepatan potong motor CNC. Berdasarkan grafik yang ditampilkan diperoleh kecepatan potong tertinggi yakni pada diameter hasil produksi 35 mm dengan nilai 108,7 rpm. Sementara, nilai kecepatan potong

motor terendah yakni pada diameter hasil produksi 16 mm dengan nilai 46,2 rpm.

Perhitungan kecepatan putar motor CNC akan ditampilkan sebagai berikut:

1. Kecepatan Putar Motor Diameter Produk 16 mm

$$\begin{aligned}CS_{16} &= \frac{\pi \times d \times n}{1000} \\ &= \frac{3,14 \times 16 \times 919,2}{1000} \\ &= 46,2 \text{ rpm}\end{aligned}$$

2. Kecepatan Putar Motor Diameter Produk 20 mm

$$\begin{aligned}CS_{20} &= \frac{\pi \times d \times n}{1000} \\ &= \frac{3,14 \times 20 \times 922,9}{1000} \\ &= 57,9 \text{ rpm}\end{aligned}$$

3. Kecepatan Putar Motor Diameter Produk 25 mm

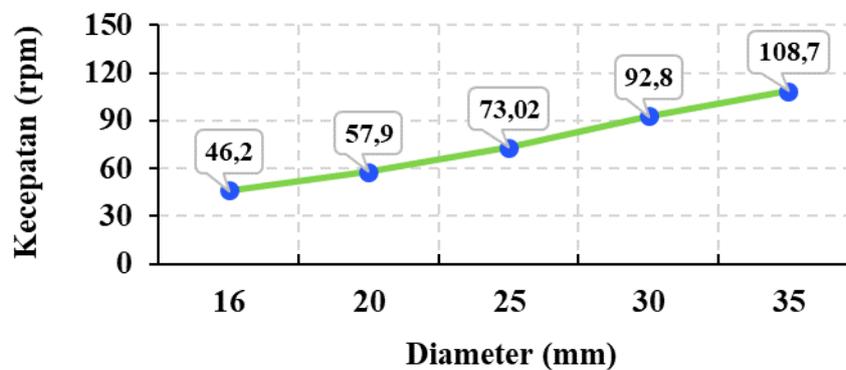
$$\begin{aligned}CS_{25} &= \frac{\pi \times d \times n}{1000} \\ &= \frac{3,14 \times 25 \times 930,2}{1000} \\ &= 73,02 \text{ rpm}\end{aligned}$$

4. Kecepatan Putar Motor Diameter Produk 30 mm

$$\begin{aligned}CS_{30} &= \frac{\pi \times d \times n}{1000} \\ &= \frac{3,14 \times 30 \times 985,1}{1000} \\ &= 92,8 \text{ rpm}\end{aligned}$$

5. Kecepatan Putar Motor Diameter Produk 35 mm

$$\begin{aligned}CS_{35} &= \frac{\pi \times d \times n}{1000} \\ &= \frac{3,14 \times 35 \times 988,8}{1000} \\ &= 108,7 \text{ rpm}\end{aligned}$$



Gambar 8. Grafik Diameter vs Kecepatan Putar Motor

Berdasarkan hasil pengukuran kecepatan motor, ditemukan bahwa semakin kecil diameter bahan, semakin rendah kecepatan pisau pahat yang digunakan. Penurunan kecepatan ini dilakukan untuk mencegah potensi kerusakan pada material selama proses operasional. Selain itu, pengurangan kecepatan tersebut juga berkontribusi pada peningkatan durasi waktu yang diperlukan dalam proses produksi.

4. KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa kinerja motor DC dan proses pemotongan pada mesin CNC dipengaruhi oleh berbagai parameter, termasuk sifat material, kecepatan pisau pahat, serta stabilitas tegangan dan arus. Variasi daya yang terjadi selama operasi menunjukkan bahwa konsumsi energi sangat bergantung pada fluktuasi daya dan durasi waktu produksi. Pada material dengan kekerasan tinggi, kecepatan pisau pahat diturunkan untuk mencegah kerusakan alat dan material, yang berdampak pada penurunan daya serta peningkatan waktu proses produksi. Sebaliknya, material yang lebih lunak memungkinkan peningkatan kecepatan pahat, yang menyebabkan konsumsi daya lebih tinggi tetapi mengurangi durasi produksi. Selain itu, variasi arus dan daya selama operasi motor DC dipengaruhi oleh perubahan diameter bahan produksi. Semakin kecil diameter bahan, semakin rendah kecepatan pisau pahat untuk menjaga kualitas hasil produksi dan menghindari kerusakan. Namun, penurunan kecepatan ini juga meningkatkan waktu yang dibutuhkan dalam proses produksi. Secara keseluruhan, efisiensi proses pada mesin CNC dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara sifat material, parameter kecepatan operasi, serta stabilitas daya dan arus pada motor DC, yang semuanya berkontribusi terhadap kualitas hasil produksi dan konsumsi energi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E, Kurniawan., S, Syaifurrahman., & B, Jekky. Rancang Bangun Mesin CNC Lathe Mini 2 Axis. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 4(2), 83-90, 2020.
- [2] W, Hanif., & N, Eko. Analisa Perbandingan Machining Time Toolpath Vortex dan Konvensional pada Proses CNC Milling. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin* (No. 1, pp. 682-688), 2022.
- [3] B, D, Setyarto., H, Sulistiani., D, Darwis., & P, Dellia. Implementasi Metode Certainty Factor untuk Deteksi Kerusakan Mesin CNC Plasma Cutting

- Hypertherm. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 4(2), 176-182, 2023.
- [4] R, N, Sulaiman. Perancangan dan Pengembangan Produk Prototype Mesin CNC Laser Berbasis Arduino Uno Dengan Pendekatan QFD. *Industrikrisna*, 12(2), 16-27, 2023.
- [5] S, P, Santosa., & M, W, Nugroho. Rancang Bangun Alat Pintu Geser Otomatis Menggunakan Motor DC 24 V. *JURNAL ELEKTRO*, 9(1), 38-45, 2021.
- [6] S, R, Zulkifli. Pengaruh Kendali Kecepatan Motor DC Pada Chopper Drive. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, 8(2), 39-43, 2021.
- [7] S, Suwarni., & A, M, Prasetia. Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa dengan Direct Torque Control menggunakan Jaringan Saraf Tiruan. *JURNAL ELTEK*, 20(2), 24-32, 2022.
- [8] F, Y, Permana., & M, Rameli. Pengaturan Kecepatan Motor Spindle pada Retrofit Mesin Bubut CNC Menggunakan Kontroler PID Gain Scheduling. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), A1-A5, 2013.
- [9] M, Nasution., & A, Bakhori. Pengaruh Kecepatan Pemakanan Potong Terhadap Keausan Sisi Mata Pahat Insert Lamina Tnmg160404Nn. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)* (Vol. 4, No. 1, pp. 188-194), 2021
- [10] H, Makhabbah., & A, Agung. I. Rancang Bangun Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Dan Pemutus Daya Otomatis Berbasis Internet. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(1), 2020.
- [11] O, Nasution., J, Napitupulu., L, Siahaan., & Y, Ginting. Tinjauan Perbandingan Pemakaian Daya Listrik Pada Bangunan Industri. *Jurnal Darma Agung*, 30(1), 131-141, 2022.
- [12] Nurdamayanti, L, Sartika, & A, M, Prasetia. Brushless Direct Current (Bldc) Motor Speed Control Using Field Oriented Control (Foc) Method. *Jurnal Edukasi Elektro* 6, no. 2 (2022): 143-148.