

## **PENGARUH *TOOL PROBE* PADA *CNC MILLING 5 AXIS* GUNA MENINGKATKAN KEPRESISIAN PRODUK DAN EFISIENSI WAKTU**

Sino Hafid Syabani<sup>1</sup>, Naufal Hylmi Mubarak<sup>2</sup>, Alpiana Puja Septiani<sup>3</sup>, Muhammad Haefan Januar Abdurrohman<sup>4</sup>, Nabila Amelia<sup>5</sup>, Arif Fauzan Akmal<sup>6</sup>

**Abstrak:** Mesin CNC Milling 5 axis adalah alat yang digunakan untuk melakukan pemotongan terhadap benda kerja dengan tiga sumbu pemotongan (X, Y, dan Z) dan dua sumbu penggerak (A dan B). Tool probe dapat digunakan untuk meningkatkan kepresisian produk, serta mengurangi waktu pemesinan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tool probe pada mesin CNC milling 5 axis terhadap kepresisian produk dan efisiensi waktu. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa tool probe memberikan pengaruh terhadap kepresisian produk dan waktu produksi pada mesin CNC milling 5 axis.

**Kata kunci:** Tool probe, CNC Milling 5 axis, kepresisian produk, efisiensi waktu.

### **PENDAHULUAN**

Saat ini, isu mengenai perubahan iklim menjadi hal yang terus-menerus dibicarakan selama satu dekade terakhir. Terlebih dampak perubahan iklim telah menjadi ancaman serius bagi manusia, karena perubahan iklim dapat merusak ekosistem bumi. Salah satu bentuk perubahan iklim yang bisa dirasakan adalah peningkatan suhu bumi dan peningkatan curah hujan. Meningkatkan curah hujan ini dapat menyebabkan bencana banjir pada beberapa wilayah di Indonesia

Dalam dunia manufaktur modern yang didorong oleh teknologi, mesin CNC (Computer Numerical Control) menjadi pilar utama dalam menghasilkan komponen dengan presisi tinggi dan kompleksitas yang meningkat (Di & Teknik, 2023; Hardiman & Ramadhan, 2023; Hasibuan A.R.M., Muhaimin., 2019). Dalam lingkungan yang semakin kompetitif ini, pencarian terus berlanjut untuk memperbaiki proses produksi, mengurangi waktu siklus, dan meningkatkan akurasi (Husna et al., n.d.). Salah satu inovasi yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan presisi mesin CNC, khususnya pada jenis milling 5 axis, adalah penggunaan tool probe. Tool probe, yang juga sering disebut sebagai probing system, merupakan perangkat yang secara otomatis mengukur, memeriksa, dan mengatur ulang alat pemotong (tool) serta benda kerja pada mesin CNC (Blecha et al., 2022).

Sebelum memulai proses pemesinan menentukan datum. Datum adalah titik acuan atau sistem koordinat yang digunakan sebagai referensi untuk menentukan posisi relatif dari benda kerja dan alat pemotong selama proses pemesinan (Josef Hernawan Nudu & Isa Setiasyah Toh, 2008). Datum menggunakan tool probe adalah proses yang sangat penting dalam pemesinan, karena memungkinkan untuk mengukur dan mengatur posisi benda kerja dengan tepat dan untuk mengukur berbagai macam tool langsung di mesin tanpa harus mengukur satu persatu tool yang ada pada mesin (Abizar et al., 2020; Fitriani et al., 2019; Jufrizaldy et al., 2020; Kurniawan et al., 2020; Nopiansyah et al., 2021; Wiyatno & Kurnia, 2022).

Tanpa tool probe proses menentukan datum membutuhkan waktu yang tidak efisien dan mengurangi kepresisian. Dikarenakan metode yang digunakan dalam menentukan datum dilakukan secara manual menggunakan centropic atau metode pin. Hal ini menyebabkan berkurangnya kepresisian yang terjadi karena proses menentukan

datum yang dilakukan tergantung kepada operator yang melakukan proses tersebut. Bukan hanya berpengaruh terhadap kepresisian tetapi sangat mempengaruhi waktu karena setiap sisi benda kerja dilakukan pengukuran. kedua proses tersebut sangat berpengaruh terhadap proses produksi, karena kurang efisiensi waktu dan kepresisian yang kurang baik.

Dengan menggunakan tool probe pada proses pemesinan CNC milling 5 axis dapat meningkatkan kepresisian dan efisiensi waktu. Tool probe adalah alat yang digunakan untuk mengukur dimensi dan posisi alat potong (tool) serta benda kerja secara otomatis, hal ini memungkinkan untuk melakukan set up yang lebih cepat dan akurat. Dengan memanfaatkan tool probe, operator dapat dengan mudah melakukan pengukuran didalam mesin, bukan hanya itu tool probing dapat meminimalisir kesalahan manusia dan meningkatkan waktu set up secara signifikan. Maka dari itu, tool probing bukan hanya meningkatkan kepresisian dan konsistensi produk tetapi juga meningkatkan efisien produksi secara keseluruhan.

## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang dilakukan adalah observasi secara langsung terhadap proses menentukan datum benda kerja, waktu yang dibutuhkan dalam proses setup, dan perbedaan kepresisian benda kerja dengan menggunakan tool probe dan non tool probe.

Tes yang dilakukan bersifat terukur dan valid, memastikan penilaian yang akurat terhadap hasil waktu set up dan kepresisian. Hasil penelitian didasarkan pada bukti-bukti empiris yang diperoleh melalui observasi dan tes dilapangan yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk menyusun artikel.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pemesinan benda kerja dengan panjang 200 mm dan lebar 40 mm, kemudian dilanjutkan dengan proses penentuan datum. Berdasarkan data hasil penentuan datum pada benda kerja dari hasil menggunakan tool probe dan metode pin maka dipeloreh data hasil sebagai berikut:

Alat yang digunakan	X	Y	Z	Waktu
Tool Probe	-272.494	-275.315	-351.716	28 detik
Metode Pin	-272.462	-275.310	-351.563	05,5 menit

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian menunjukkan tingkat kepresisian menggunakan tool probe lebih teliti dibandingkan non tool probe. Kecepatan waktu pun dapat dipangklas menjadi sangat ringkas.

Prinsip kerja tool probe pada mesin CNC Milling 5 Axis digunakan untuk pengukuran secara otomatis dan melakukan proses kalibrasi yang memanfaatkan sensor dan perangkat lunak khusus. Ketika melakukan proses pengukuran secara otomatis sensor yang berada pada tool probe berinteraksi dengan permukaan yang akan diukur. Kemudian sensor mengirimkan data data kembali ke sistem kontrol mesin CNC. Tool probe dapat melakukan pengukuran secara otomatis terhadap dimensi dan geometri alat pemotong. Proses kalibrasi benda kerja bekerja dengan memanfaatkan data yang diperoleh dari hasil pengukuran pertama jika terdapat perbedaan antara dimensi dan geometri maka tool probe dapat melakukan kalibrasi secara otomatis untuk mengkompensasi deviasi tersebut. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara mengatur parameter pemotongan dan jalur gerakan alat pemotong agar sesuai dengan dimensi yang diukur oleh tool probe, pada proses kalibrasi memastikan bahwa alat potong memiliki dimensi dan geometri yang tepat agar spesifikasi produk dapat terpenuhi. Dengan tool probe proses set up ditekan menjadi

lebih ringkas, karena mesin tidak perlu dihentikan untuk melakukan pengukuran secara manual atau penyesuaian alat potong yang menghemat waktu produksi secara keseluruhan.

Proses set up sebelum menggunakan tool probe dilakukan dengan cara manual yang memerlukan waktu tambahan untuk mengukur, memasang dan menyesuaikan alat pemotong. Setiap kali alat potong akan diganti, mesin harus dihentikan dan secara manual operator harus melakukan pengkalibrasian ulang. Tetapi dengan hadirnya probing, tool probe dapat secara otomatis mengukur dan melakukan proses kalibrasi, proses ini mengurangi downtime waktu yang sangat signifikan, yang dapat kita lihat pada tabel waktu yang dibutuhkan pada proses manual adalah 5 menit 5 detik, sedangkan dengan adanya tool probe proses kalibrasi hanya membutuhkan waktu hanya 28 detik saja.

Pengurangan waktu set-up dan downtime dapat berdampak pada waktu siklus produksi dan throughput (keluaran produksi yang dihasilkan mesin dalam satu unit waktu) dengan demikian memungkinkan mesin untuk beroperasi lebih lama dalam waktu siklus produksi. Siklus waktu yang ditekan menjadi lebih cepat dapat menghasilkan produk yang lebih banyak, karena waktu yang sebelumnya dialokasikan untuk pengukuran dan set up manual, sekarang dialokasikan untuk proses produksi. Kombinasi throughput dan cepatnya siklus waktu produksi berdampak pada perusahaan yang dapat meningkatkan kapasitas produksi mereka dan merespons pasar dengan lebih cepat.

Data yang didapat dari hasil observasi di Pt. Pindad Persero menunjukkan bahwa efisiensi waktu dan kepresisian menunjukkan perubahan yang sangat signifikan, yang sebelumnya dalam proses produksi suatu komponen senjata memerlukan beberapa alat potong harus melakukan set up kembali. Hal ini sangatlah berpengaruh terhadap waktu produksi, dan dapat memicu adanya human error karena proses kalibrasi yang berulang, kesalahan ini mengakibatkan kurangnya konsistensi dan kualitas pada komponen-komponen senjata.

Fakta lapangan yang diperoleh di perusahaan tersebut menunjukkan penggunaan tool probe sangatlah berpengaruh dalam meningkatkan suatu kepresisian dan waktu produksi yang secara tidak langsung menekan biaya produksi dan meningkatkan keuntungan.

Dibalik manfaat yang banyak pada penggunaan tool probe terdapat beberapa tantangan yang harus dihadapi suatu perusahaan yang akan menggunakan tool probe sebagai alat produksi mereka. Tool probe harus dilakukan proses perawatan secara berkala untuk menjaga alat tetap menjaga performa kinerja tool probe, penggunaan tool probe dan proses instalasi tool probe membutuhkan biaya yang sangat besar hal ini menjadikan tantangan utama terutama bagi perusahaan yang memiliki anggaran yang sangat terbatas.

Tantangan tersebut bisa diminimalisir dengan beberapa cara yaitu dengan pemilihan tool probe yang tepat, menetapkan jadwal maintenance yang rutin, pelatihan karyawan agar mampu bertanggung jawab atas penggunaan tool probe dan tentang prosedur kalibrasi, perawatan yang baik, pemantauan kinerja yang dapat mendekteksi jikalau ada penurunan kinerja yang memerlukan perawatan khusus, dan mempertimbangkan untuk berinvestasi dalam bidang teknologi sebagai pendukung kinerja alat probe seperti manajemen kalibrasi otomatis ataupun perangkat lunak pemantauan kinerja. Dengan praktik-praktik tersebut diharapkan dapat mengurangi dampak tantangan terkait perawatan dan anggaran.

Penulis berpendapat untuk mendukung kebutuhan yang semakin industri yang semakin kompleks bisa dilakukan dengan cara mengembangkan kembali alat probing yang

lebih flexibel dan modular, dikembangnya tool probe yang terintegrasikan dengan sistem pemrosesan seperti machine learning dan analisis big data yang memungkinkan proses pengambilan data yang lebih cerdas, dan pengembangan solusi otomasi dan pemrograman yang lebih mutakhir yang memungkinkan tool probe diintegrasikan dengan sistem produksi yang otomatis.

Dengan memadukan tool probe dengan inovasi terbaru dalam teknologi tool probe, industri manufaktur lebih siap menghadapi tantangan yang semakin kompleks, dan memperoleh keuntungan yang kompetitif karena efisiennya waktu dan produk kualitas produk yang sangat baik.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada pengaruh tool probe pada milling 5 axis guna meningkatkan kepresisian dan efisiensi waktu, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Tool probe berpengaruh terhadap kepresisian produk pada mesin CNC milling 5 axis.
2. Waktu proses penentuan datum yang optimal dihasilkan dari eksperimen yaitu 28 detik menggunakan tool probe.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abizar, H., Fawaid, M., & Nurhaji, S. (2020). Pelatihan Pengoperasian Mesin CNC Berbasis Swansoft Simulator Kepada Siswa Teknik Pemesinan di Kota Serang. *Pengabdian Pada Masyarakat*, 5(2), 309–318.
- Blecha, P., Holub, M., Marek, T., Jankovych, R., Misun, F., Smolik, J., & Machalka, M. (2022). Capability of measurement with a touch probe on CNC machine tools. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 195(January), 111153. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.111153>
- Di, P., & Teknik, J. (2023). Pengembangan desain mesin cnc. 9(1), 452–459.
- Fitriani, Y., Pakpahan, R., & Asyirri, A. (2019). Perancangan Prototype Mesin CNC (Computer Numerically Controlled) Plotter 3 Axis 2D menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *Journal of Information System, Informatics and Computing*, 3(2), 23–30. <http://journal.stmikjayakarta.ac.id/index.php/jisicom/article/view/135>
- Hardiman, M., & Ramadhan, N. (2023). Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Spindel Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST 37 Pada Mesin CNC. 10–13.
- Hasibuan A.R.M., Muhaimin., & H. (2019). Rancang Bangun Mesin Cnc Milling 3- Axis Untuk Anggrave PCB Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Tektro*, 3(1), 40–47.
- Husna, A. G., Irfan, A., & Tjaja, S. (n.d.). Upaya Peningkatan Efektivitas Mesin Cnc Milling Menggunakan Failure Mode and Effect Analysis. 1–10.
- Josef Hernawan Nudu, & Isa Setiasyah Toh. (2008). Algoritma Penentuan Titik Pencekaman Hole-Based Modular Fixture. *Jurnal Teknik Industri*, 10(2), 112–123. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/ind/article/view/16979>
- Jufrizaldy, M., Ilyas, I., & Marzuki, M. (2020). Rancang Bangun Mesin Cnc Milling Menggunakan System Kontrol Grbl Untuk Pembuatan Layout Pcb. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 4(1), 37. <https://doi.org/10.30811/jmst.v4i1.1743>
- Kurniawan, E., Syaifurrahman, & Jekky, B. (2020). Rancang Bangun Mesin CNC Lathe Mini 2 Axis. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 4(2), 83–90. [https://ejournal.up45.ac.id/index.php/Jurnal\\_ENGINE/article/view/769](https://ejournal.up45.ac.id/index.php/Jurnal_ENGINE/article/view/769)
- Nopiansyah, M., Zulfitriyanto, Z., & Erwanto, E. (2021). Pengaruh Kecepatan Spindle dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Pemesinan Bubut CNC Baja St41. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(7), 1307–1316. <https://doi.org/10.46799/jsa.v2i7.272>
- Wiyatno, T. N., & Kurnia, H. (2022). Increasing Overall Equipment Effectiveness in the Computer

Numerical Control Lathe Machines using the Total Productive Maintenance Approach. Opsi,  
15(2), 284. <https://doi.org/10.31315/opsi.v15i1.7284>.