

Analisis Tingkat Akurasi Pengaplikasian Program Kode CAM Pada Proses Pembuatan Fixed Handle Menggunakan Mesin CNC Turning Mazak Quick Turn Smart 150 S

Muh. Nurul Haq Amaluddin¹⁾, Enni Sulfiana²⁾, Masbin Dahlan³⁾, Iman Pradana A. Assagaf⁴⁾,

¹⁻⁴⁾Politeknik ATI Makassar, Makassar
noeroelhaq@atim.ac.id

Abstrak

Penggunaan kode program *Computer-Aided Manufacturing* (CAM) dalam proses manufaktur menawarkan sejumlah kelebihan signifikan. Keakuratan tinggi dalam pembuatan produk, efisiensi produksi melalui otomatisasi, dan kemampuan menghasilkan desain yang rumit adalah beberapa keunggulan utama. Program CAM juga memberikan konsistensi produksi, mengurangi kesalahan manusia, dan meningkatkan efisiensi dengan simulasi sebelum produksi sebenarnya. Hasil penelitian menunjukkan akurasi pengaplikasian program kode CAM yang baik dalam proses pembuatan fixed handle menggunakan mesin CNC turning. Metodologi penelitian melibatkan pengumpulan data eksperimental dari implementasi program kode CAM pada mesin CNC turning, dengan fokus pada akurasi hasil produksi fixed handle. Evaluasi dilakukan terhadap dimensi, geometri, dan toleransi sesuai dengan desain yang diinginkan. Data hasil produksi dianalisis menggunakan teknik statistik untuk menilai tingkat keakuratan proses CNC turning yang berkaitan dengan penggunaan program kode CAM. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa presisi dan efisiensi dalam proses manufaktur menggunakan mesin CNC turning sudah sesuai dengan penerapan program kode CAM.

Kata Kunci: *Fixed handle*, CAM, CNC turning, proses manufaktur.

Abstract

The use of Computer-Aided Manufacturing (CAM) program codes in manufacturing processes offers a number of significant advantages. High accuracy in product manufacturing, production efficiency through automation, and the ability to produce complex designs are some of the key advantages. The CAM program also provides production consistency, reduces human error, and increases efficiency by simulating before actual production. The results showed the accuracy of applying a good CAM code program in the process of making fixed handles using CNC turning machines. The research methodology involves the collection of experimental data from the implementation of CAM code programs on CNC turning machines, focusing on the accuracy of fixed handle production results. Evaluation is carried out on dimensions, geometry, and tolerances according to the desired design. Production data is analyzed using statistical techniques to assess the accuracy of CNC turning processes related to the use.

Keywords: *Fixed handle*, CAM, CNC turning, manufacturing process.

Pendahuluan

Dalam beberapa dekade terakhir, industri manufaktur telah mengalami transformasi signifikan sebagai respons terhadap perkembangan teknologi. Salah satu kemajuan terpenting yang memberikan dampak positif pada proses produksi adalah penggunaan teknologi Computer-Aided Manufacturing (CAM) dalam mesin CNC Turning. Mesin CNC Turning adalah sistem yang memungkinkan pembuatan komponen mekanis dengan tingkat akurasi dan presisi yang tinggi (Kalpakjian & Schmid, 2014). Penelitian ini memusatkan perhatian pada analisis tingkat akurasi pengaplikasian program kode CAM dalam proses pembuatan *fixed handle* menggunakan mesin CNC Turning.

Seiring dengan pertumbuhan teknologi, kebutuhan akan proses manufaktur yang efisien dan akurat semakin mendesak. Mesin CNC Turning, yang menggabungkan komputer dan mesin, memainkan peran kunci dalam mencapai tujuan ini. Mesin ini memungkinkan pengguna untuk menghasilkan komponen dengan tingkat kompleksitas yang tinggi, seringkali tidak dapat dicapai dengan metode konvensional. Proses pembuatan *fixed handle*, sebagai contoh, memerlukan ketelitian yang tinggi untuk memastikan kualitas produk yang memenuhi standar desain.

Pentingnya penggunaan program kode CAM dalam proses CNC Turning adalah fakta bahwa ini memungkinkan otomatisasi dan kontrol yang lebih baik terhadap pergerakan alat dan proses pemotongan. Program CAM mengonversi desain yang dibuat menggunakan perangkat lunak desain komputer (CAD) menjadi perintah mesin yang dapat dijalankan oleh mesin CNC Turning. Dengan demikian, program ini memainkan peran kunci dalam mengoptimalkan perjalanan alat, meminimalkan kesalahan manusia, dan meningkatkan konsistensi dalam hasil produksi.

Kelebihan penggunaan kode program CAM mencakup kemampuan untuk menghasilkan desain yang lebih kompleks, meningkatkan efisiensi produksi melalui otomatisasi, dan memberikan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Namun, meskipun perkembangan teknologi ini menjanjikan, masih diperlukan pemahaman yang mendalam tentang sejauh mana program CAM memberikan keuntungan nyata dalam konteks pembuatan *fixed handle* menggunakan mesin CNC Turning (Zeid, 2010).

Dalam konteks ini, memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang kelebihan dan potensi kendala penggunaan program kode CAM dalam pembuatan *fixed handle* dapat memberikan panduan berharga bagi industri manufaktur untuk meningkatkan

proses-produk mereka. *Fixed handle* merupakan salah satu jenis handle pada pada mesin bubut. Dimana letak *fixed handle* yang akan dibuat adalah pada bagian kepala tetap / *head stock* (Oberger et al., 2012). Melalui penelitian ini, kita dapat mengidentifikasi peluang untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi kesalahan produksi, dan meningkatkan tingkat akurasi dalam proses manufaktur *fixed handle* menggunakan teknologi CAM.

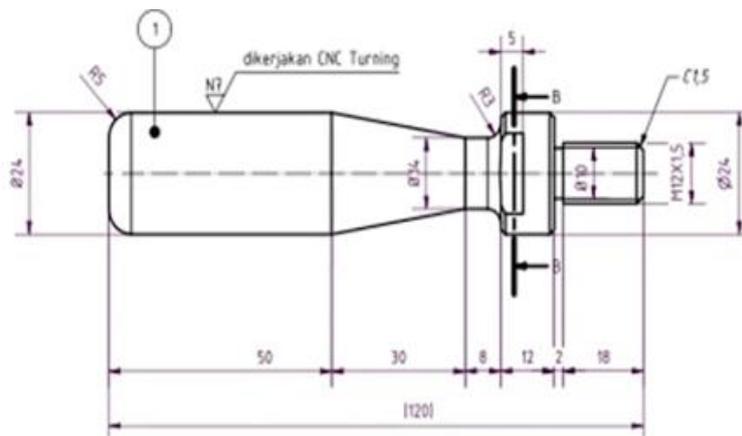
Metode

Penelitian ini menggunakan Metode eksperimen dengan desain faktorial, dimana desain faktorial memungkinkan peneliti untuk memanipulasi beberapa faktor atau variabel bebas sekaligus. Dalam konteks ini, faktor-faktor yang dapat dimanipulasi sesuai dengan parameter pemesinan yang telah dijelaskan di atas (Montgomery, 2017). Program CNC yang efisien dan penggunaan makro atau sub-program yang benar dapat mengurangi kesalahan operator (manusia), yang dapat mengakibatkan scrap atau produk cacat. Makro dan sub-program memungkinkan pengguna untuk dengan mudah mengubah atau memodifikasi program CNC tanpa harus menulis ulang seluruh program. Ini meningkatkan fleksibilitas dalam memproduksi berbagai jenis produk (Mandal et al., 2016).

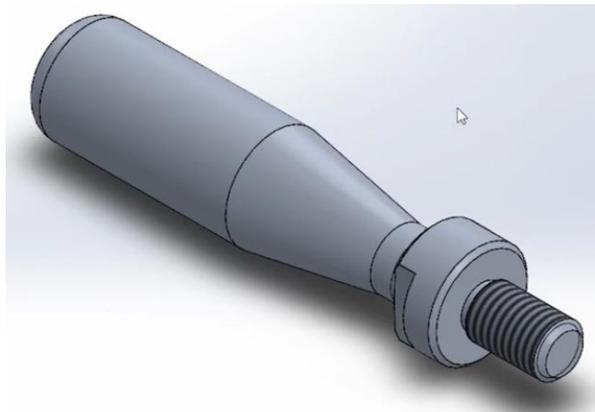
Langkah-langkah pembuatan desain handle putar, pembuatan program kode CAM, dan proses machiningnya memerlukan pendekatan yang terstruktur dan perencanaan yang matang (Mian et al., 2015). Berikut adalah langkah-langkah umum yang dapat diambil untuk melaksanakan proyek ini:

Desain Produk

Sistem CAD (*Computer Aided Design*) merupakan sebuah perangkat lunak komputer yang digunakan untuk membuat gambar produk. CAD dapat digunakan untuk menghasilkan gambar dalam bentuk 2D maupun 3D. Pemanfaatan CAD dalam konteks penelitian ini memberikan berbagai keuntungan, antara lain mempermudah dan mempercepat proses pembuatan serta modifikasi gambar produk atau komponen (Groover, 2021). Dalam penelitian ini, CAD digunakan untuk merancang geometri *fixed handle* pada aplikasi Solidworks, yang dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



(a)



(b)

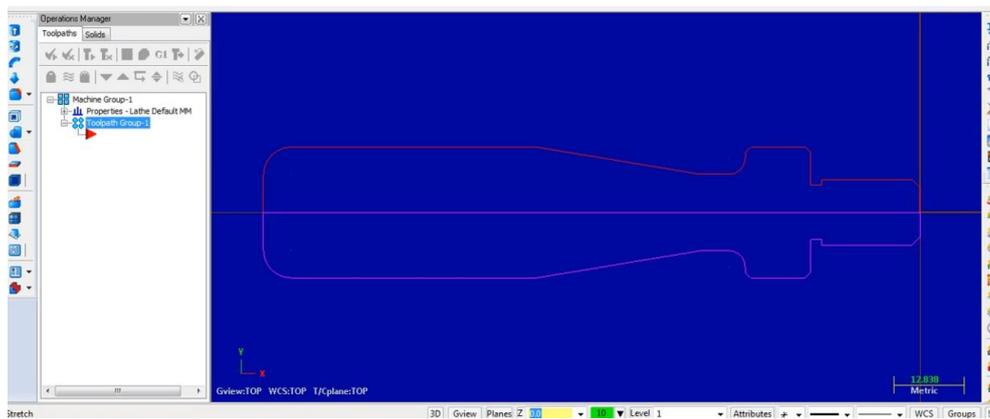
Gambar 1. Skematik geometri model penelitian pada Gambar (a) dan desain produk 3 dimensi (3D) pada Gambar (b)

Sistem Pemrograman CNC

Dalam penelitian ini, digunakan dua jenis sistem pemrograman, untuk mengatur jalur pemotongan pada setiap rancangan. Tujuannya adalah untuk menganalisis perbedaan antara jalur pemotongan yang dihasilkan oleh kedua jenis pemrograman tersebut dan juga perbedaan waktu yang terjadi. Pemrograman absolut mengacu pada titik nol objek kerja saat menentukan koordinatnya. Sementara itu, pemrograman inkremental yang juga dikenal sebagai sistem pemrograman berantai atau koordinat relatif, menentukan pergerakan alat potong dari satu titik ke titik berikutnya dengan mengacu pada titik pemberhentian terakhir alat potong (Amaluddin et al., 2024).

CAM (*Computer Aided Manufacturing*)

Setelah merancang geometri benda kerja tersebut, langkah selanjutnya adalah mengubah gambar tersebut ke dalam mode manufaktur menggunakan aplikasi MasterCAM untuk proses perancangan jalur pergerakan alat pemotong. Proses ini dikenal sebagai CAM (*Computer Aided Manufacturing*), yang merujuk pada penggunaan komputer untuk mengkonversi rancangan teknis menjadi produk akhir. Proses produksi memerlukan perencanaan dan penjadwalan yang detail, yang menjelaskan bagaimana produk dibuat, sumber daya apa yang diperlukan, serta kapan dan di mana sumber daya ini akan digunakan (Handayani et al., 2005).



Gambar 2. Geometri *fixed handle* pada MasterCAM

Hasil konversi geometri *fixed handle* ke aplikasi Master CAM ditunjukkan pada gambar 2.

Hasil dan Pembahasan

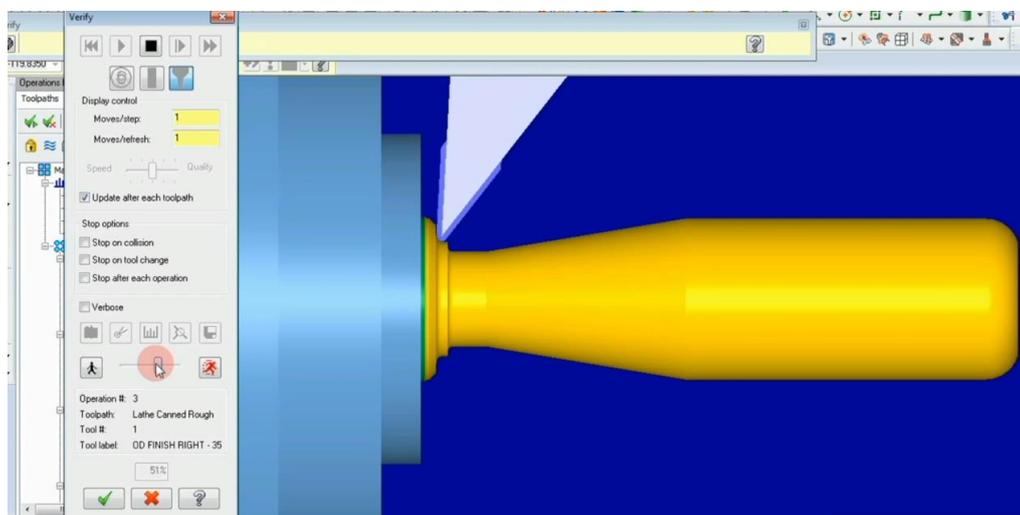
Hasil Pengambilan Data

Melalui pengoptimalan proses pemesinan CNC Turning dalam pembuatan *fixed handle* dengan memanfaatkan aplikasi MaterCAM, didapatkan sejumlah data berdasarkan simulasi pada software tersebut. Setelah semua parameter pemotongan telah disesuaikan dan jalur pemotongan telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi. Hasil simulasi untuk setiap skema rancangan jalur pemotongan ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Jalur pergerakan pahat pada proses pemakanan benda kerja *fixed handle*

Selanjutnya, setelah dilakukan setting jalur pergerakan pahat, tahap berikutnya adalah simulasi *machine running*, yang bertujuan untuk melihat ada tidaknya error machining sebelum menghasilkan G-Code dan penerapan kode ke mesin CNC Turning (Cho et al., 2000).



Gambar 4. Simulasi *machine running* pembuatan *fixed handle*

G-Code

G-code adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengontrol mesin CNC (Computer Numerical Control). Pada mesin CNC turning, yang digunakan untuk proses pembubutan (turning), G-code memberikan instruksi-instruksi spesifik kepada mesin tentang bagaimana cara melakukan pemotongan, pergerakan, dan operasi lainnya (Latif, et al., 2021). Berikut hasil G-code yang dihasilkan, dan akan diterapkan ke mesin CNC Turning.

```

Mark All Tool Changes  Next Tool  Goto Previous Tool
O0000
(PROGRAM NAME - JOBCNC)
( DATE=DD-MM-YY - 02-02-22 TIME=HH:MM - 20:40)
(MCX FILE - C:\USERS\USER\DOCUMENTS\MY MCAMX5\MCX\JOBCNC.MCX-5)
(MC FILE - C:\USERS\USER\DOCUMENTS\MY MCAMX5\LATHE\NC\JOBCNC.NC)
(MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)
G21
(TOOL - 1 OFFSET - 1)
(OD FINISH RIGHT - 35 DEG. INSERT - VNMG 16 04 08)
GO T0101
G18
G97 S800 M03
GO G54 X24. Z1.25
Z0.
G71 U.5 R1.
G71 P100 Q102 U.4 W.2 F50.
N100 GO X12.4 S800
G3 X24. Z-5.8 K-5.8
G1 Z-50.8
N102 Z-89.
GO Z0.
G18
GO X24.636 Z0.
Z-85.
G71 U.5 R1.
G71 P104 Q106 U.4 W.2 F50.
N104 GO Z-48.959 S800
G1 X14. Z-80.866
N106 Z-85.
GO X24.636

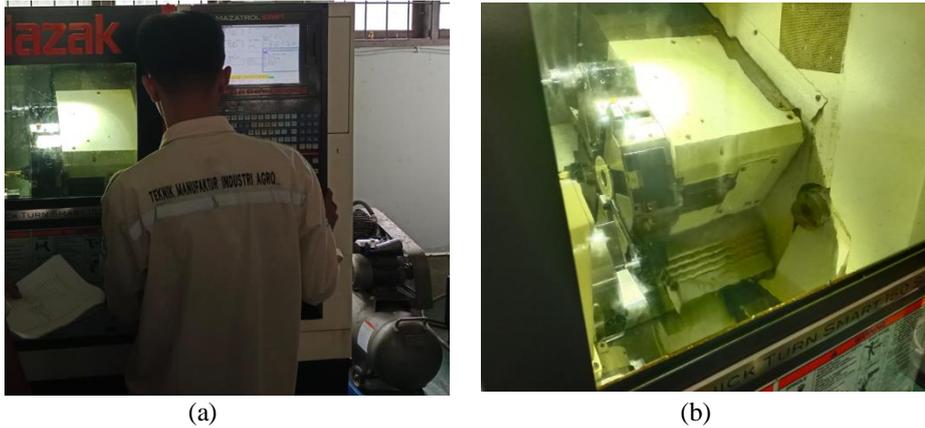
Mark All Tool Changes  Next Tool  Goto Previous Tool
G71 U.5 R1.
G71 P108 Q110 U.4 W.2 F50.
N108 GO X14.942 S800
G2 X14. Z-85.8 I1.729 K-1.361
X18.4 Z-88. I2.2
G1 X20.4
G3 X21.531 Z-88.234 K-.8
N110 G1 X23.531 Z-89.234
GO Z-84.44
G18
G97 S1000
GO X27. Z-84.44
Z2.
X12.4
G1 Z0. F30.
G18 G3 X24. Z-5.8 K-5.8
G1 Z-50.8
G3 X23.978 Z-50.932 I-.8
G1 X14. Z-80.866
Z-85.8
G2 X18.4 Z-88. I2.2
G1 X20.4
G3 X21.531 Z-88.234 K-.8
G1 X23.531 Z-89.234
X26.36 Z-87.82
G28 U0. V0. W0. M05
T0100
M30
%

```

Gambar 5. Program G-Code *fixed handle*

Machine Running

Simulasi dan g-code yang telah dihasilkan menunjukkan tidak ada error. Setelah dipastikan *running*, selanjutnya dilakukan pengimputan code pada mesin CNC Turning Mazak Quick Turn Smart 150 S, untuk pembuatan produk *fixed handle*.



Gambar 6. Penginputan code pada mesin CNC turning pada Gambar (a) Proses machining pada Gambar (b)

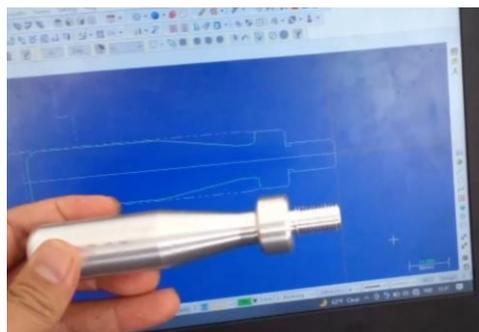
Finish Product

Berdasarkan step *machine running* didapatkan data hasil produksi *fixed handle* di mesin CNC Mazak Quick turn smart 150 S diperlihatkan pada tabel 1. Pada Tabel 1 didapatkan data rata-rata waktu produksi 1 pcs *fixed handle* selama 07 menit 29.5 detik.

Tabel 1. Data rata-rata waktu produksi *fixed handle*

Type	Time (s)
Entries Considered	5
Average Time Entered	7:29.5
Maximum Time Entered	7:30
Minimum Time Entered	7:29
Max/Min. Deviation	1

Dengan waktu yang relatif cepat ini membuktikan bahwa pengerjaan dan pembuatan produk *fixed handle* menggunakan mesin CNC turning lebih efisien dibandingkan menggunakan mesin turning manual. Berikut gambar 7 menunjukkan hasil produksi benda kerja *fixed handle* menggunakan mesin CNC Mazak Quick turn smart 150 S.



Gambar 7. Hasil produk *fixed handle*

Simpulan dan Saran

Pemanfaatan mesin CNC Mazak Quick Turn Smart 150 S yang mampu memproduksi fixed handle dengan waktu yang lebih cepat menunjukkan peningkatan efisiensi dalam proses produksi. Namun, untuk menilai seberapa signifikan peningkatan ini, perlu dilakukan perbandingan dengan standar industri dan referensi yang relevan. Peningkatan aspek seperti pengaturan mesin, pelatihan operator, dan pemilihan bahan, serta *benchmarking* dengan pesaing, dapat membantu meningkatkan produktivitas dan kualitas. Hal ini menjadikan pencapaian tersebut sebagai langkah awal menuju perbaikan berkelanjutan dalam proses manufaktur *fixed handle*.

Daftar Pustaka

- Amaluddin, M. N. H., Jamaludin, R., & Mahdali, A. (2024). Analysis of The Influence of CNC Milling Macro Programs and Sub-programs Mazak on The Effectiveness Manufacturing Cover of Pressure Cylinder Using CAM. *INTEK Jurnal Penelitian*, 11(1), 1–6. <http://dx.doi.org/10.31963/intek.v11i1.4657>
- Cho, J. H., Kim, J. W., & Kim, K. (2000). CNC tool path planning for multi-patch sculptured surfaces. *Int. J. Prod. Res.*, 38(7), 1677–1687. <https://doi.org/10.1080/002075400188799>
- Groover, M. P. (2018). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. John Wiley & Sons
- Handayani, D., Ningsih, U. (2005). Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur [CAD/CAM]. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, 10(3), 143–149.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology*. Pearson.
- Latif, K., Adam, A., & Yusof, Y. (2021). A review of G code, STEP, STEP-NC, and open architecture control technologies based embedded CNC systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 114(2), 2549–2566. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-06741-z>
- Mandal, N. K., Singh, N. K., & Kumar, U.C. (2016). Interactive Spur Gear Generation Using Parametric Programming with CNC End Milling. *Int. J. Mechatronics, Electr. Comput. Technol.*, 6(22), 3172–3187.
- Mian, A. S., Tlili, I., & Nassehi, A. (2015). Determination of Optimal Cutting Parameters for Turning Operations Using a Hybrid Genetic Algorithm. *Procedia CIRP*, 27(2), 256-261. DOI: 10.1016/j.procir.2015.04.010
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons.
- Oberg, E., Jones, F. D., Horton, H. L., & Ryffel, H. H. (2012). *Machinery's Handbook*, 29th Edition. Industrial Press Inc.
- Zeid, I. (2010). *Mastering CAD/CAM*. McGraw-Hill Education.