

PERBANDINGAN KINERJA PEMROGRAMAN BERBASIS AI DAN SOFTWARE CAM TERHADAP HASIL DIMENSI SERTA KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES CNC TURNING

Steven Darma Renovan*, Bambang Waluyo Febriyanto

**Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Surakarta**

Abstrak

Persaingan industri manufaktur yang semakin ketat mendorong adopsi teknologi pemesinan berbasis otomasi, termasuk penggunaan mesin Computer Numerical Control (CNC) yang didukung sistem pemrograman modern. Penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja dua metode pemrograman CNC—SolidWorks CAM dan Artificial Intelligence (AI/ChatGPT)—terhadap hasil dimensi dan kekasaran permukaan pada proses CNC turning. Bahan yang digunakan adalah Aluminium 6061 dengan tiga spesimen per metode, dikerjakan pada mesin CNC turning 2 axis. G-code dihasilkan melalui SolidWorks CAM secara otomatis dan melalui ChatGPT berbasis prompt. Pengujian kekasaran permukaan dilakukan menggunakan Mitutoyo Surftest SJ-210 Surface Roughness Tester, sedangkan pengujian dimensi dilakukan menggunakan Digital Caliper pada tujuh titik ukur berupa diameter dan panjang benda kerja berbentuk silinder bertingkat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode SolidWorks CAM menghasilkan nilai kekasaran rata-rata $Ra\ 0,432\ \mu m$ (kelas N5, ISO 1997), sedangkan metode AI menghasilkan $Ra\ 1,105\ \mu m$ (kelas N6, ISO 1997). Pada pengujian dimensi, deviasi rata-rata metode SolidWorks CAM cenderung lebih kecil dibandingkan metode AI, terutama pada dimensi panjang aksial seperti Panjang Total (0,18 mm vs 0,27 mm) dan Panjang

Kata kunci: Artificial Intelligence, CNC turning, G-code, kekasaran permukaan, SolidWorks CAM

Abstract

The increasingly competitive manufacturing industry has driven the adoption of automated machining technologies, including the use of Computer Numerical Control (CNC) machines supported by modern programming systems. This study aims to compare the performance of two CNC programming methods—SolidWorks CAM and Artificial Intelligence (AI/ChatGPT)—in terms of dimensional accuracy and surface roughness in the CNC turning process. The material used was Aluminium 6061 with three specimens per method, machined on a 2-axis CNC turning machine. G-code was generated automatically through SolidWorks CAM and via prompt-based ChatGPT. Surface roughness testing was conducted using a Mitutoyo Surftest SJ-210 Surface Roughness Tester, while dimensional inspection was performed using a Digital Caliper at seven measurement points covering the diameter and length of a stepped cylindrical workpiece. Results showed that the SolidWorks CAM method produced an average surface roughness of $Ra\ 0.432\ \mu m$ (grade N5, ISO 1997), whereas the AI method yielded $Ra\ 1.105\ \mu m$ (grade N6, ISO 1997). In dimensional testing, the average deviation of the SolidWorks CAM method was consistently smaller than that of the AI method, particularly in axial length dimensions such as Total Length (0.18 mm vs. 0.27 mm) and $\varnothing 18\ mm$ Length ($-0.03\ mm$ vs. $-0.17\ mm$). The SolidWorks CAM method produced superior surface finish and dimensional accuracy compared to the AI method, indicating that the choice of programming method should consider the precision requirements of the

desired product.

Kata kunci: Artificial Intelligence, CNC turning, dimensional accuracy, G-code, SolidWorks CAM

1. PENDAHULUAN

Pada era modern ini, perkembangan teknologi yang berlangsung sangat pesat telah membawa perubahan besar dalam dunia industri. Persaingan yang semakin ketat menuntut perusahaan untuk mampu meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kualitas hasil produksi melalui penerapan sistem kerja yang lebih modern. Mesin-mesin konvensional pun mulai ditinggalkan dan digantikan oleh sistem otomatisasi yang menawarkan kecepatan, ketelitian, serta konsistensi yang lebih tinggi. Transformasi ini mendorong seluruh pelaku industri untuk beradaptasi dan mengembangkan metode produksi yang lebih efektif agar tetap kompetitif di pasar global. Dalam konteks tersebut, penggunaan mesin *Computer Numerical Control* (CNC) menjadi salah satu solusi utama karena mampu mengotomatisasi proses pemesinan dengan tingkat presisi yang sangat baik. Mesin CNC mengintegrasikan teknologi komputer dengan mekanisme mesin sehingga mampu menjalankan perintah pemotongan secara otomatis, akurat, dan berulang tanpa mengurangi kualitas. Kehadiran teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi proses manufaktur, tetapi juga mendukung terciptanya produk dengan kualitas tinggi dalam waktu produksi yang lebih singkat. (Kurniawan dkk, 2020)

Sebagai pendukung kebutuhan produksi modern, penggunaan CNC Turning semakin diandalkan karena mampu menghasilkan bentuk kontur yang presisi, kualitas dimensi yang konsisten, serta kekasaran permukaan yang rendah. Keunggulan ini tidak dapat dicapai secara optimal dengan mesin konvensional yang sangat bergantung pada keterampilan operator. Berdasarkan temuan pada jurnal, proses pembubutan berbasis CNC juga didukung oleh pemodelan digital menggunakan perangkat CAD/CAM seperti Mastercam, yang memungkinkan perencanaan toolpath, simulasi pemotongan, dan verifikasi G/M-code sebelum proses pemesinan dilakukan. Integrasi antara perancangan digital dan operasi mesin tersebut menjadikan CNC Turning lebih efisien, akurat, serta sesuai dengan tuntutan industri manufaktur yang menekankan kecepatan, kualitas, dan standar produksi yang seragam. (Setyono dkk, 2023)

Perkembangan kecerdasan buatan (AI) mulai memberikan dampak signifikan pada sistem pemrograman mesin CNC. AI mampu mempelajari data pemesinan sebelumnya untuk menentukan kombinasi parameter pemotongan yang paling efisien, seperti kecepatan potong, feed rate, dan kedalaman pemakanan. Melalui machine learning, parameter tersebut dapat

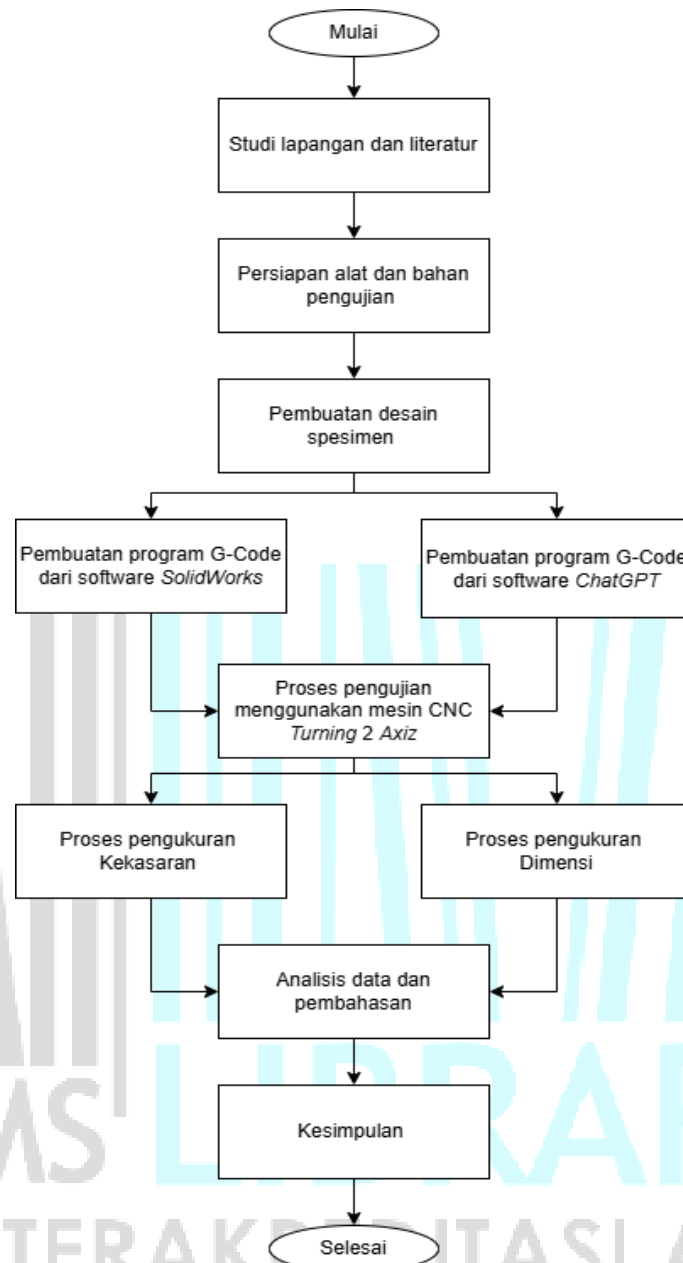
disesuaikan secara real-time guna menghasilkan proses pemotongan yang optimal. Selain itu, AI dapat memprediksi kualitas permukaan dan waktu siklus sehingga operator dapat mengendalikan hasil sebelum proses dimulai. Dengan kemampuan ini, pemrograman CNC tidak lagi sepenuhnya bergantung pada pengalaman operator, karena AI dapat melakukan optimasi berdasarkan pola dan data historis. Meskipun menawarkan efisiensi dan presisi lebih tinggi dibandingkan sistem CAM konvensional, perbedaan kinerja antara AI dan CAM terhadap waktu siklus dan kualitas permukaan masih perlu diteliti lebih lanjut untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas. (Kendek dkk, 2025)

Dalam proses pemesinan CNC, suatu komponen terlebih dahulu dirancang menggunakan perangkat lunak Computer Aided Design (CAD) sebelum diproduksi melalui Computer Aided Manufacturing (CAM). Teknologi ini memungkinkan desain yang dibuat di CAD diteruskan langsung ke mesin CNC untuk mempercepat dan mempermudah proses pembuatan komponen. Sistem CAM berfungsi mengotomatisasi pemrograman lintasan pahat sehingga proses pemotongan dapat berlangsung sesuai bentuk dan dimensi yang dirancang. Penggunaan CAM memberikan keunggulan berupa presisi tinggi, efisiensi pemrograman, dan konsistensi kualitas hasil produksi. Meskipun demikian, sistem ini masih memiliki keterbatasan, karena pengaturan parameter pemotongan seperti kecepatan, kedalaman potong, dan umpan pahat tetap ditentukan oleh operator, sehingga waktu pemesinan dan kualitas permukaan masih bergantung pada tingkat keahlian pengguna dalam memilih parameter yang tepat. (Ramdani dkk, 2023)

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti alur yang telah direncanakan pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Rincian Diagram Alir

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan kinerja pemrograman *Artificial Intelligence* (AI) dan *Computer Aided Manufacturing* (CAM) terhadap hasil dimensi dan kekasaran permukaan pada proses CNC Turning 2 Axis. Penelitian ini melibatkan proses pembuatan model 3D, pembuatan G-code, hingga pengujian langsung pada mesin CNC untuk memperoleh data hasil benda kerja. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran tingkat akurasi dimensi serta tingkat kekasaran permukaan sebagai parameter utama perbandingan.

Material yang digunakan dalam penelitian ini berupa batang Aluminium 6061 dengan panjang tertentu sesuai kebutuhan spesimen. Parameter pemotongan utama seperti kecepatan spindle, kedalaman potong, dan kecepatan pemakanan dibuat konstan, sedangkan perbedaan utama terletak pada metode pembuatan program, yaitu program berbasis CAM melalui Solidworks dan program berbasis AI menggunakan ChatGPT. Setiap metode dilakukan pembuatan dan pemesinan benda kerja dengan langkah yang sama agar hasil perbandingan akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Pada penelitian ini terdapat beberapa proses, yaitu:

1. penelitian diawali dengan melakukan studi pustaka dan studi lapangan terkait proses pemrograman CNC Turning, teknologi CAM, dan pemrograman berbasis Artificial Intelligence (AI). Selain itu dilakukan juga peninjauan beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan akurasi dimensi dan kekasaran permukaan pada proses permesinan.
2. Mempersiapkan alat dan bahan untuk pengujian, seperti material spesimen Aluminium 6061, pahat bubut, mesin CNC Turning 2 Axis, perangkat lunak Solidworks, platform ChatGPT, serta alat ukur pendukung seperti jangka sorong, dan alat uji kekasaran permukaan.
3. Membuat desain spesimen berdasarkan geometri yang telah ditentukan. Desain ini memuat parameter standar seperti diameter, panjang benda kerja, dan fitur tertentu yang akan dianalisis pada proses penelitian.
4. Pembuatan program G-Code pemrograman CNC dilakukan berdasarkan model 3D yang telah dibuat. Pada metode CAM, G-Code diperoleh melalui modul manufaktur yang tersedia di Solidworks, sedangkan pada metode AI, G-Code dihasilkan secara otomatis melalui instruksi teks yang diberikan kepada ChatGPT sehingga menghasilkan perintah pemesinan sesuai desain.
5. Melakukan proses pemesinan menggunakan mesin CNC Turning 2 Axis berdasarkan G-Code yang telah dibuat. Pada tahap ini dilakukan pemotongan benda kerja menggunakan masing-masing program (AI dan CAM) dengan kondisi pemesinan yang sama. Benda kerja diproses hingga mencapai bentuk akhir sesuai desain.
6. Mengulangi langkah pemesinan sebanyak jumlah pengujian yang diperlukan, baik pada metode AI maupun CAM, untuk mendapatkan data yang konsisten dan dapat dianalisis secara statistik. Setiap spesimen diproduksi dengan parameter dan prosedur yang sama.
7. Setelah proses pemesinan selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan proses pengukuran hasil benda kerja. Pengukuran dimensi dilakukan menggunakan jangka sorong, sedangkan pengukuran kekasaran permukaan dilakukan menggunakan alat

Surface Roughness Tester.

8. Melakukan analisis dan mengolah data hasil dimensi serta kekasaran permukaan dari kedua metode pemrograman (AI dan CAM). Data dianalisis untuk mengetahui tingkat akurasi, kesalahan dimensi, dan perbedaan kualitas permukaan yang dihasilkan.
9. Membuat kesimpulan terhadap hasil penelitian berdasarkan hasil analisis data yang telah diperoleh. Kesimpulan difokuskan pada perbandingan performa pemrograman AI dan CAM dalam menghasilkan akurasi dimensi serta nilai kekasaran permukaan pada proses CNC Turning
10. Selesai, penelitian berakhir dan hasil kesimpulan diperoleh.

2.3 Variabel Penelitian

Beberapa variabel yang menjadi pengamatan dalam penelitian ini sebagai perbandingan antara lain:

a. Variabel Terikat

Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah hasil kualitas pemesinan, meliputi akurasi dimensi dan kekasaran permukaan benda kerja setelah proses CNC Turning. Pengukuran dimensi dilakukan menggunakan jangka sorong, sedangkan pengukuran kekasaran permukaan dilakukan menggunakan alat ukur Mitutoyo Surface Roughness Tester.

b. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah metode pembuatan program CNC, yaitu:

1. Pemrograman menggunakan metode CAM (Solidworks)
2. Pemrograman menggunakan metode Artificial Intelligence (ChatGPT)

Kedua metode tersebut dibandingkan untuk melihat pengaruhnya terhadap kualitas hasil pemesinan.

c. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol pada penelitian ini meliputi parameter pemesinan yang dibuat tetap sama untuk kedua metode, seperti kecepatan *spindle*, *feedrate*, *depth of cut*, jenis pahat, material benda kerja, penggunaan coolant, serta kondisi mesin CNC *Turning*. Semua parameter ini dikontrol agar perbedaan hasil hanya berasal dari metode pemrograman yang digunakan.

2.4 Alat Dan Bahan Penelitian

2.4.1 Alat penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

a. Mesin CNC *Turning* 2 axis

Dalam penelitian ini mesin CNC yang digunakan untuk pengujian adalah Mesin CNC *Turning* 2 Axis



Gambar 2 Mesin CNC *Turning* 2 Axis

Mesin CNC *Turning* yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1 Spesifikasi Mesin CNC *Turning* 2 Axis

Type	turning
X, Z Axis motion	800 mm x 900 mm, 150 mm
Drive System	High Precision Ball Screw
Max moving speed	7,8 meter/menit
Controller	FANUC
Power Supply	AC 220 Volt
Spindle Rotary Speed	0 – 24000 rpm
Stepper	Nema 23 dan Nema 34
Price	Rp. 60.000.000

b. Pahat Bubut (Cutting Tool)

Pahat bubut digunakan sebagai alat potong utama pada proses CNC turning. Pahat ini terdiri dari holder dan insert carbide yang berfungsi untuk menyayat material benda kerja. Insert jenis carbide dipilih karena kuat, tahan aus, dan

mampu menghasilkan dimensi serta kekasaran permukaan yang stabil selama proses pemotongan.



Gambar 3 Pahat Bubut (Cutting Tool)

c. Alat Ukur Jangka Sorong (Vernier Caliper)

Dalam penelitian ini, pengukuran dimensi benda kerja dilakukan menggunakan jangka sorong (*vernier caliper*). Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter luar, diameter dalam, dan panjang benda kerja secara langsung dengan metode kontak. Prinsip kerjanya adalah membaca posisi rahang tetap dan rahang geser pada skala utama dan skala nonius (*vernier*) untuk memperoleh nilai pengukuran.



Gambar 4 Jangka Sorong Mitutoyo

Alat ukur Jangka Sorong yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2 Spesifikasi Jangka Sorong

Merk	Mitutoyo
Type	Digital Caliper – ABSOLUTE Digimatic
Serial Number	
Made in	Japan
Manufactured	
Power	1 × Battery SR44 / LR44
Measurement Volume	0 – 150 mm
Ketelitian	0.01 mm
Price	± Rp 2.500.000

d. *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ – 210 *Standard Type*

Merupakan alat uji kekasaran yang prinsip kerjanya adalah menggunakan *transducer*, setelah itu diolah dengan *microprocessor*.

Alat ini terdiri dari *display unit*, *driver unit*, dan *detector*.

- *Display Unit*

Berfungsi untuk menampilkan data grafik hasil pengujian kekasaran.

- *Driver Unit*

Berfungsi untuk mengendalikan dan mengatur letak pergerakan *detector* pada saat proses pengujian kekasaran.

- *Detector*

Berfungsi untuk mendeteksi kekasaran dengan cara kontak langsung antara permukaan benda dengan komponen *skid* dan *stylus*



Gambar 5 Mitutoyo SJ – 210 Surface Roughness Tester

Tabel 3. Spesifikasi Alat Uji Kekasaran Mitutoyo SJ – 210

Merk	Mitutoyo
Ketelitian	0,01 μm
Driver Range	0 – 21 mm
Measuring Speed	0.25, 0.50, 0.75 mm/s
Returning Speed	1 mm/s
Detector Z – Range	100, 250, 360 μm
Skid Curvature	40 μm
Power Supply	AC Adapter
Display Unit	52,1 x 56,8 x 160 mm
Drive Unit	115 x 23 x 26 mm
Mass	1,1 lbs. / 5 kg
Stylus Material	Diamond
Price	Rp. 45.000.000

e. V block

alat bantu presisi pada bengkel pemesinan, digunakan untuk memegang, menopang, dan memposisikan benda kerja silindris atau tidak beraturan secara vertikal maupun horizontal



Gambar 6 V-Block

2.4.2 Bahan Penelitian

a. Alumunium 6061

Bahan ini dipilih karena memiliki sifat mampu mesin yang baik, tidak mudah menempel pada pahat, serta mampu menghasilkan kualitas permukaan yang halus saat proses CNC. Ukuran material yang digunakan menyesuaikan kebutuhan spesimen penelitian.

b. Model Benda Kerja

Model benda kerja pada penelitian ini berupa poros bertingkat yang dirancang menggunakan perangkat lunak Solidworks. Model ini dipilih karena memiliki variasi diameter dan panjang yang dapat merepresentasikan proses pembubutan serta digunakan sebagai acuan dalam pembuatan program CNC pada penelitian ini.

2.5 Prosedur Tahapan Pengujian

2.5.1 Pengecekan Mesin CNC Turning

Pengecekan mesin uji penting dilakukan sebelum melakukan pengujian agar hasil yang didapatkan akurat dan terhindar dari malfungsi, adapun tahapannya yaitu sebagai berikut:

1. Pengecekan sistem pelumasan & coolant
2. Pengecekan chuck & penjepitan benda kerja

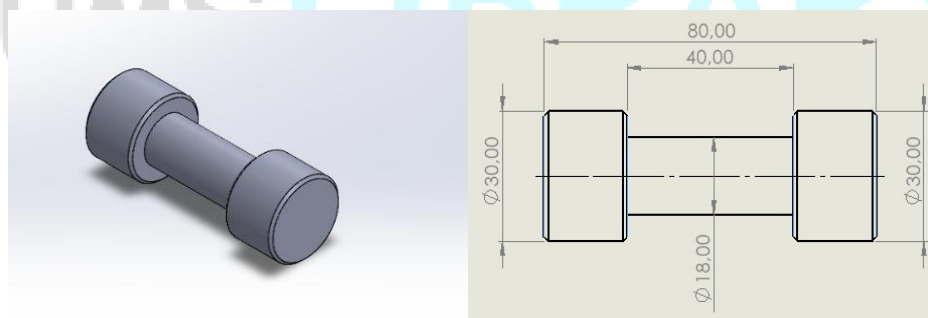
2.5.2 Kalibrasi Mesin CNC Turning 2 Axis

Kalibrasi merupakan proses verifikasi untuk memastikan bahwa akurasi suatu alat atau mesin sesuai dengan rancangannya. Proses kalibrasi juga dapat diartikan sebagai proses membandingkan antara besaran perpindahan mesin pada kondisi saat ini dengan besaran perpindahan standar sesuai spesifikasi yang seharusnya. Apabila hasil perpindahan mesin tidak sesuai dengan nilai standar, maka dilakukan pengaturan ulang untuk mengembalikan performa akurasi mesin. Urutan proses kalibrasi pada mesin CNC Turning adalah sebagai berikut:

1. Menghidupkan mesin CNC Turning dan memastikan mesin dalam kondisi standby sebelum dilakukan proses kalibrasi.
2. Memasang pahat pada turret sebagai referensi mata ukur untuk mempermudah proses pengamatan perpindahan sumbu.
3. Memasang alat ukur dial gauge pada posisi tetap dan sejajar dengan ujung pahat untuk mengukur jarak perpindahan pada sumbu X dan Z.
4. Mengakses menu SYSTEM pada panel kontrol fanuc untuk masuk ke pengaturan parameter mesin.
5. Memilih menu *Pitch Error Compensation* sebagai bagian dari kompensasi langkah pergerakan motor pada masing-masing sumbu.
6. Memilih sumbu yang akan dikalibrasi (X atau Z), kemudian menjalankan perpindahan sumbu sesuai nilai input dan mencatat hasil perpindahan aktual yang terbaca pada dial gauge.
7. Menyesuaikan nilai kompensasi pada sistem berdasarkan hasil pengukuran aktual, kemudian menyimpan perubahan parameter dan melakukan uji ulang pergerakan untuk memastikan bahwa akurasi perpindahan mesin sudah sesuai dengan nilai standar.

2.5.3 Pembuatan Desain dan Program CAM

Pembuatan desain benda kerja dan program CAM menggunakan *software Solidworks*, output dari pemrograman yang dibuat adalah file G Code.



Gambar 7 Poros Silinder

2.5.4 Metode penggunaan Artificial Intelligence

Dalam penelitian ini, *Artificial Intelligence* (AI) digunakan sebagai metode penyusunan program CNC untuk dibandingkan dengan software CAM. Penyusunan prompt dilakukan dengan pendekatan berbasis expert (pakar), yaitu dengan merancang instruksi seolah-olah pengguna memiliki keahlian di bidang pemesinan CNC.

Prompt yang digunakan tidak bersifat umum, melainkan memuat parameter teknis secara lengkap dan spesifik, seperti jenis pahat, spindle speed, feed rate, depth of cut, serta

kondisi pemesinan lainnya. Pendekatan ini bertujuan agar output yang dihasilkan AI optimal dan mendekati kondisi nyata di industri.

Dengan metode ini, hasil pemrograman CNC dari AI tidak dipengaruhi oleh keterbatasan pengguna dalam menyusun instruksi, sehingga perbandingan kinerja antara AI dan software CAM dapat dilakukan secara lebih objektif, adil, dan ilmiah.

2.5.5 Persiapan Bahan Aluminium

Aluminium yang digunakan dalam pengujian ini memiliki seri 6061 dengan dimensi ukuran Panjang 120 mm, Diameter 32 mm.



Gambar 8 Bahan Baku Aluminium 6061

2.6 Lokasi penelitian

Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang berlokasi di Jl. A. Yani, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo, Jawa Tengah 57169 Indonesia, akan menjalankan penelitian ini.

2.7 Prosedur penelitian

2.7.1 Persiapan Alat Dan Bahan

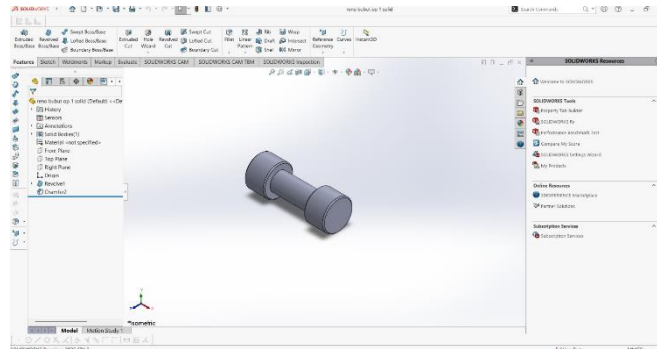
Persiapan bahan dan alat dilakukan mulai dengan menyiapkan peralatan specimen, Mesin CNC 2 Axis, Jangka sorong, *Surface Roughness*. Adapun yang dibutuhkan :

1. Laptop yang sudah diinstall software *Solidworks* 6 buah aluminium 6061 Yang sudah disesuaikan sesuai dengan design yang dibuat
2. 1 unit Mesin CNC *Turning* 2 Axis
3. 1 buah Jangka sorong
4. 1 buah *Surface Roughness*

2.7.2 Pembuatan G Code dari software Solidworks

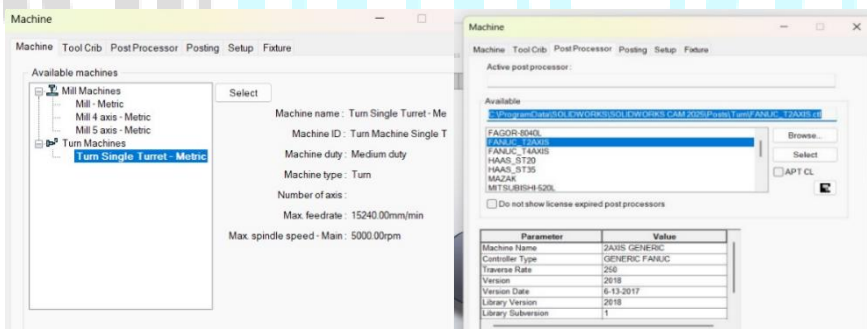
Berikut Adalah Langkah-Langkah yang terlibat dalam proses pembuatan G Code :

1. Nyalakan komputer/laptop dan buka software Solidworks
2. Membuat sketch desain sederhana 2D Sampai jadi 3D



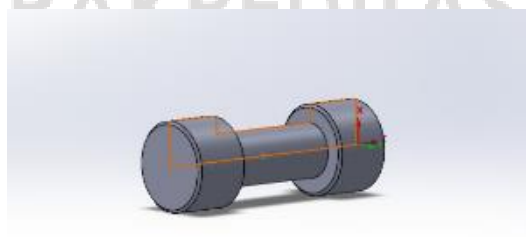
Gambar 9 Pembuatan sketch desain 3D

3. Pemilihan Post Processor Pada penelitian ini dipilih post processor FANUC_T2AXIS



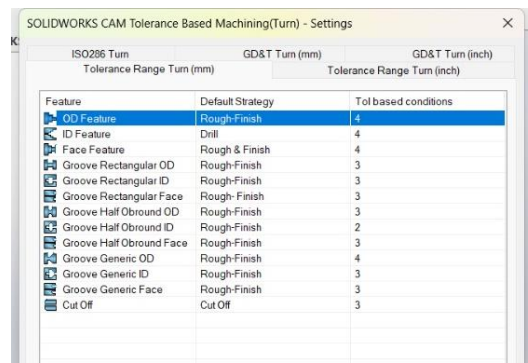
Gambar 10 Pemilihan Post Processor

4. Define Turning Feature Fitur yang dibuat meliputi OD Feature dengan strategi Rough-Finish, Groove Rectangular OD, dan CutOff Feature.



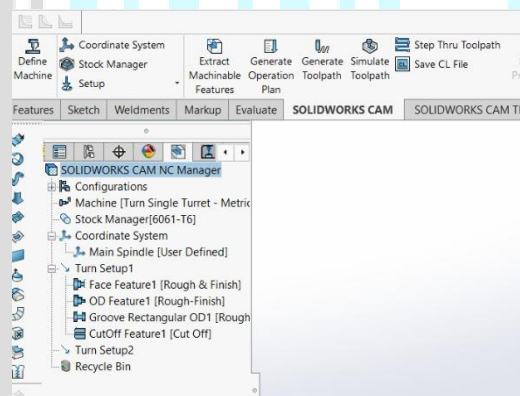
Gambar 11 Define Turning Feature

5. Dilakukan pengaturan strategi pemesinan berdasarkan toleransi untuk setiap fitur



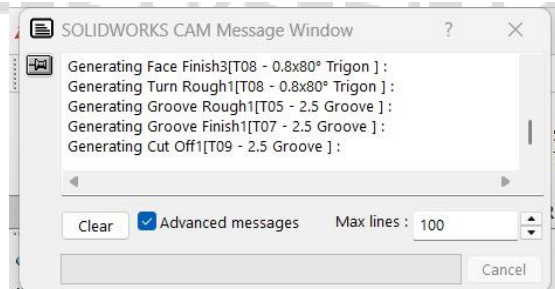
Gambar 12 strategi toleransi pemesinan

6. dilakukan Generate Operation Plan sehingga SolidWorks CAM secara otomatis membuat daftar operasi pemesinan yang terdiri dari Face Finish, Turn Rough, Groove Rough, Groove Finish, dan Cut Off.



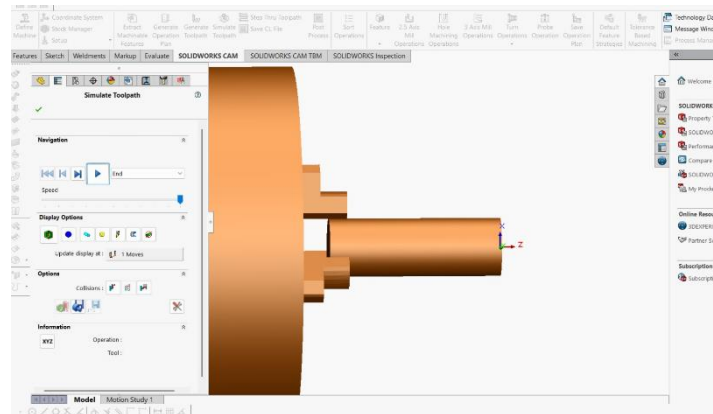
Gambar 13 Generate Operation Plan

7. Dilakukan Generate Toolpath untuk menghasilkan jalur pahat pada setiap operasi.



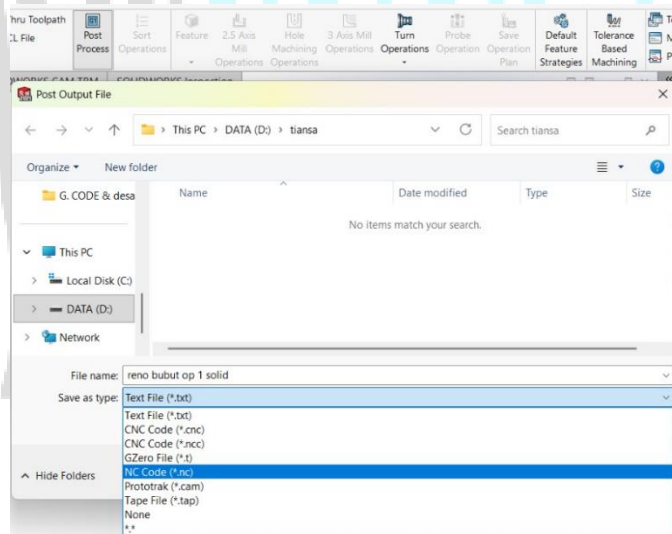
Gambar 14 Generate Toolpath

8. Simulasi toolpath dilakukan untuk memverifikasi jalur pahat sebelum dijalankan di mesin.



Gambar 15 Simulasi toolpath

9. Setelah simulasi selesai dan dinyatakan benar, dilakukan Post Process untuk mengkonversi toolpath menjadi file G-code. File disimpan dalam format NC Code



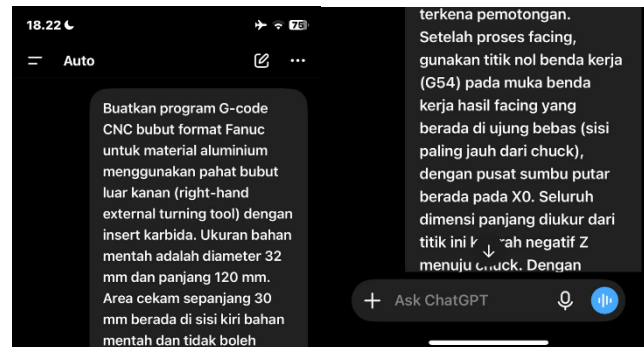
Gambar 16 penyimpanan file G-code

2.7.3 Pembuatan G Code dari AI Chat GPT

Berikut Adalah Langkah-Langkah yang terlibat dalam proses pembuatan G Code :

1. Buka web chat GPT di google
2. Input Prompt ke AI (ChatGPT)

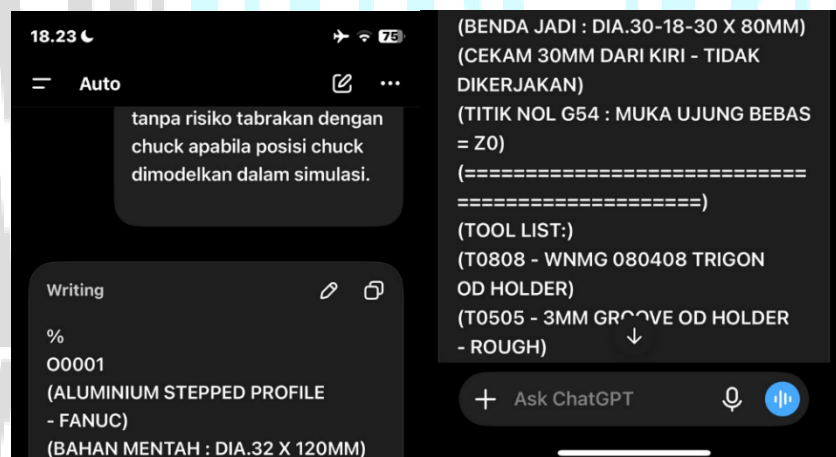
Pengguna memasukkan permintaan pembuatan G-code CNC bubut format FANUC dengan spesifikasi material, dimensi, dan parameter pemotongan yang dibutuhkan.



Gambar 17 Input Prompt ke AI

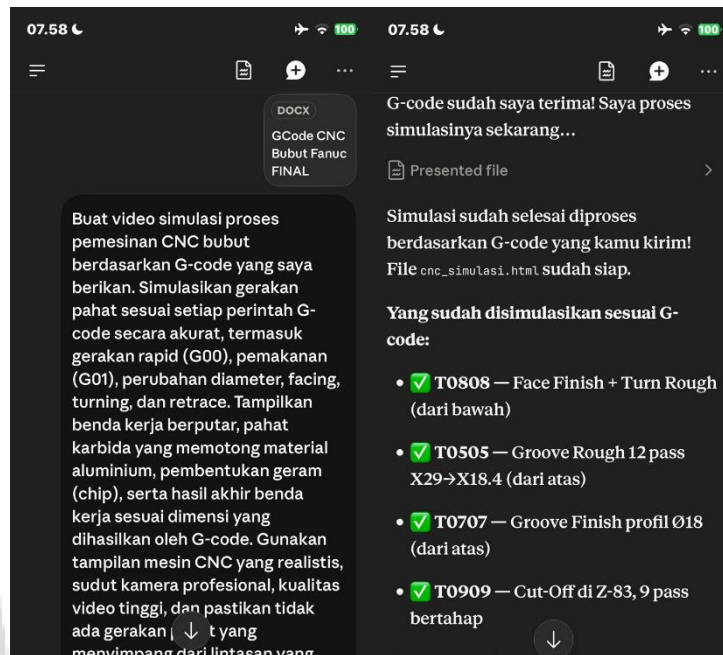
3. AI Menghasilkan G-code

ChatGPT secara otomatis menghasilkan program G-code sesuai spesifikasi yang diminta tanpa perlu pemrograman manual.



Gambar 18 AI Menghasilkan G-code

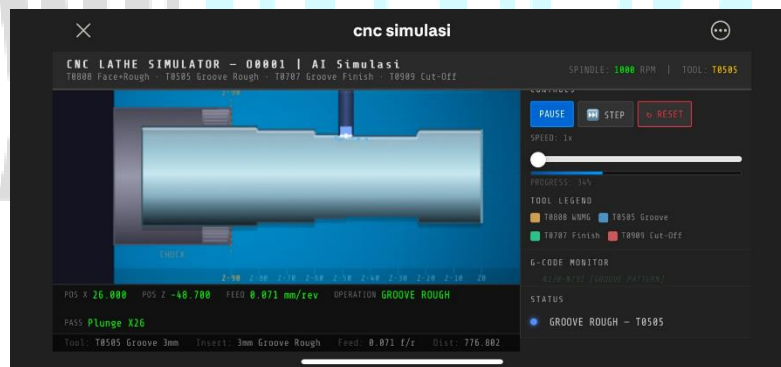
4. Pembuatan Simulasi G-code Menggunakan AI Simulator



Gambar 19 Pembuatan Simulasi G-code

5. Verifikasi Hasil Simulasi

Hasil simulasi menampilkan proses material removal secara visual lengkap dengan 4 tool (T0808, T0505, T0707, T0909) dan dipastikan tidak terjadi kesalahan atau tabrakan pahat.



Gambar 20 Hasil Simulasi

2.7.4 Pengujian G Code untuk disimulssikan ke mesin CNC turning

1. Menghidupkan mesin CNC Turning.
2. Memasang benda kerja pada chuck.
3. Memasang dan menyetel pahat bubut pada tool holder.
4. Mengatur titik nol benda kerja (work offset).
5. Memasukkan program G-Code ke kontrol mesin.
6. Menjalankan simulasi program (dry run/graphic simulation).
7. Menekan tombol start untuk memulai simulasi penuh.

2.8 Rancangan analisis data

Analisis data dalam penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil operasi mesin CNC Turning 2 axis yang dijalankan menggunakan dua jenis G code, Analisis dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif berdasarkan parameter hasil pemesinan, efisiensi waktu, serta akurasi dimensi hasil benda kerja.

2.8.1 Tahapan Analisis Data

1. Pengumpulan Data Hasil Eksperimen

Data dikumpulkan dari proses pemesinan menggunakan dua jenis G-code yang berbeda pada material, mesin, dan kondisi pemotongan yang sama. Parameter yang diamati meliputi akurasi dimensi benda kerja dan kualitas permukaan.

2. Pengolahan Data

Data yang diperoleh dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu hasil pemesinan menggunakan G-code dari ChatGPT dan dari Solidworks. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai rata-rata, simpangan baku, serta persentase kesalahan menggunakan metode statistik deskriptif untuk menilai perbedaan performa dari masing-masing metode pembuatan G-code.

3. Analisis Perbandingan

Analisis perbandingan kedua metode dilakukan secara kuantitatif dengan membandingkan nilai rata-rata hasil pengujian kekasaran permukaan (R_a , R_q , R_z) dan hasil dimensi produk antara pemrograman menggunakan Solidworks dan Artificial Intelligence (AI) untuk mengetahui metode mana yang menghasilkan kualitas permesinan lebih baik.

4. Interpretasi Hasil

Hasil analisis digunakan untuk menentukan metode pembuatan G-code yang paling optimal berdasarkan efisiensi, akurasi, kualitas permukaan, serta kelebihan dan keterbatasan masing-masing sistem.

Tabel 4 Hasil Dimensi

No	Parameter	Bagian Ukur	Dimensi Desain (mm)	Pengukuran (mm)			Rata-rata (mm)	Selisih (mm)
				1	2	3		
1	Diameter	Ø Besar Kiri	30					
2	Diameter	Ø Tengah	18					
3	Diameter	Ø Besar kanan	30					
4	Panjang	Panjang total	80					
5	Panjang	Panjang Ø 18 mm	40					
6	Panjang	Panjang Ø 20 kiri	20					

7	Panjang	Panjang Ø 20 kanan	20					
---	---------	--------------------	----	--	--	--	--	--

Tabel 5 Hasil Kekasaran Permukaan

No	Sampel Uji	Titik Uji	Nilai Kekasaran (μm)		
			Ra	Rq	Rz
1		1			
		2			
Rata-rata					
2		1			
		2			
Rata-rata					
3		1			
		2			
Rata-rata					

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

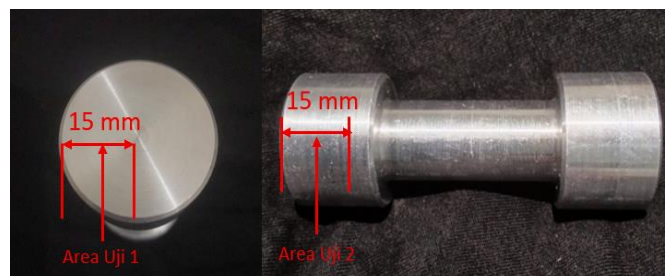
3.1 Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan (*surface roughness*) pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan nilai kekasaran permukaan pada produk hasil proses pemrosesan menggunakan mesin CNC Turning 2-Axis. Spesimen yang diuji terdiri atas produk yang dibuat berdasarkan desain dari SolidWorks dan produk yang dibuat berdasarkan desain yang dihasilkan oleh *Artificial Intelligence* (AI).

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan menggunakan alat Mitutoyo Surftest SJ – 210 *Surface Roughness Tester* dengan standart ISO 1997. Produk diukur pada dua titik dengan panjang area pengukuran sebesar 15 mm di setiap titiknya untuk mendapatkan nilai rata – rata kekasaran.

3.1.1 Hasil pengujian kekasaran produk menggunakan solidworks CAM

1. Model Produk Solidworks CAM Spesimen 1



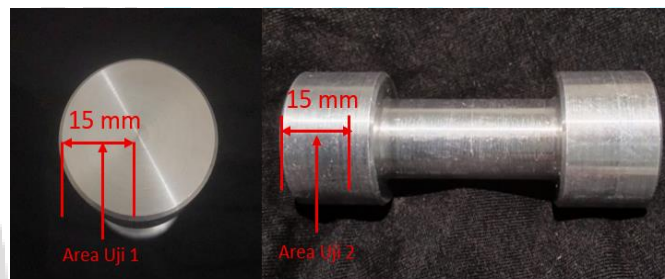
Gambar 21 Produk Pengujian Solidworks CAM Spesimen 1

Tabel 6 Hasil Uji Kekasaran Spesimen 1 SolidWorks CAM

Area Pengujian	Proses Permesinan	Nilai Kekasaran (μm)		
		Ra	Rq	Rz
1	Facing	0.395	0.475	2.321
2	Diameter Luar	0.492	0.601	2.811
Rata-rata		0.444	0.538	2.566

Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan nilai kekasaran Rq sebesar 0,538 μm , nilai Rz sebesar 2,321 μm , dan Ra sebesar 0,444 μm , sehingga dapat diartikan bahwa nilai Ra yang didapatkan masuk dalam kualitas kelas kekasaran N5 dengan spesifikasi 0,3 – 0,6 (Standar ISO 1997).

2. Model Produk Solidworks CAM Spesimen 2



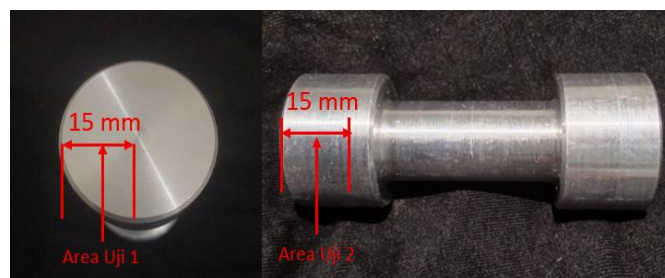
Gambar 22 Produk Pengujian Solidworks CAM Spesimen 2

Tabel 7 Hasil Uji Kekasaran Spesimen 2 SolidWorks CAM

Area Pengujian	Proses Permesinan	Nilai Kekasaran (μm)		
		Ra	Rq	Rz
1	Facing	0.447	0.59	3.086
2	Diameter Luar	0.442	0.558	2.902
Rata-rata		0.445	0.574	2.994

Berdasarkan Tabel 4.2 didapatkan nilai kekasaran Rq sebesar 0,574 μm , nilai Rz sebesar 2,994 μm , dan Ra sebesar 0,445 μm , sehingga dapat diartikan bahwa nilai Ra yang didapatkan masuk dalam kualitas kelas kekasaran N5 dengan spesifikasi 0,3 – 0,6 (Standar ISO 1997).

3. Model Produk Solidworks CAM Spesimen 3



Gambar 23 Produk Pengujian Solidworks CAM Spesimen 3

Tabel 8 Hasil Uji Kekasaran Spesimen 3 SolidWorks CAM

Area Pengujian	Proses Permesinan	Nilai Kekasaran (μm)		
		Ra	Rq	Rz
1	Facing	0.347	0.432	2.305
2	Diameter Luar	0.467	0.573	2.682
Rata-rata		0.407	0.503	2.494

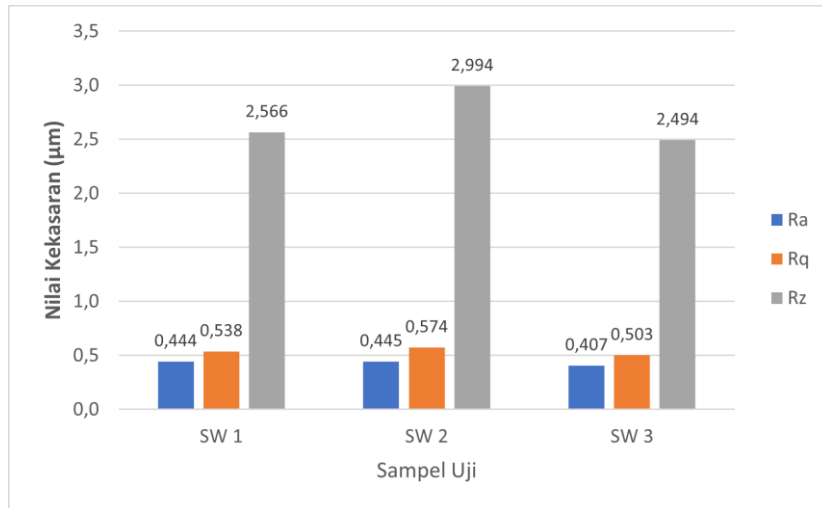
Berdasarkan Tabel 4.3 didapatkan nilai kekasaran Rq sebesar $0,503 \mu\text{m}$, nilai Rz sebesar $2,494 \mu\text{m}$, dan Ra sebesar $0,407 \mu\text{m}$, sehingga dapat diartikan bahwa nilai Ra yang didapatkan masuk dalam kualitas kelas kekasaran N5 dengan spesifikasi $0,3 - 0,6$ (Standar ISO 1997)

4. Rekapitulasi Hasil pengujian kekasaran produk menggunakan solidworks CAM

Tabel 9 Rekapitulasi Hasil Uji Kekasaran Produk Solidworks CAM

Sampel Uji	Nilai Kekasaran (μm)		
	Ra	Rq	Rz
Solidworks 1	0.444	0.538	2.566
Solidworks 2	0.445	0.574	2.994
Solidworks 3	0.407	0.503	2.494
Rata-rata	0.432	0.538	2.685

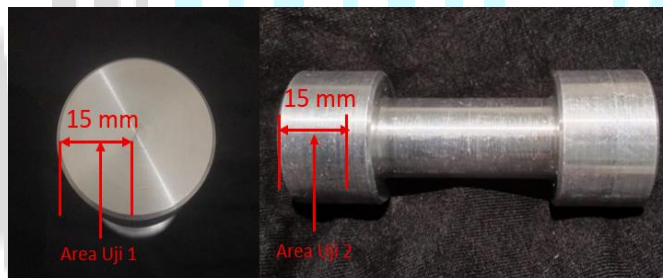
Berdasarkan Tabel 4.4 didapatkan nilai kekasaran rata – rata dari 3 produk hasil proses permesinan menggunakan mesin CNC Turning 2 Axis dengan nilai Rq sebesar $0,538 \mu\text{m}$, nilai Rz sebesar $2,685 \mu\text{m}$, dan nilai Ra sebesar $0,432 \mu\text{m}$, sehingga dapat diartikan bahwa nilai Ra yang didapatkan masuk dalam kualitas kelas kekasaran N5 dengan spesifikasi $0,3 - 0,6$ (Standar ISO 1997).



Gambar 24 Grafik Perbandingan Produk Solidworks CAM

3.1.2 Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan ChatGPT

1. Model Produk CAM ChatGPT Spesimen 1



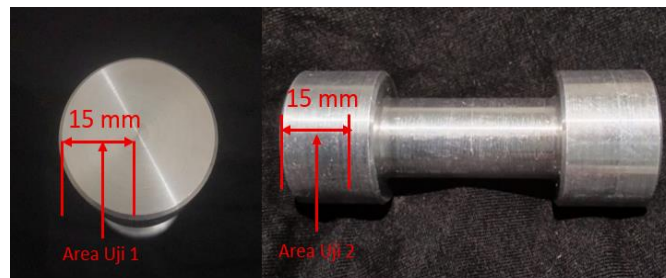
Gambar 25 Produk Pengujian CAM ChatGPT Spesimen 1

Tabel 10 Hasil Uji Kekasaran CAM ChatGPT Spesimen 1

Area Pengujian	Proses Permesinan	Nilai Kekasaran (µm)		
		Ra	Rq	Rz
1	Facing	0.286	0.376	2.097
2	Diameter Luar	1.681	1.979	7.95
Rata-rata		0.984	1.178	5.024

Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan nilai kekasaran Rq sebesar 1,178 µm, nilai Rz sebesar 5,024 µm, dan Ra sebesar 0,984 µm, sehingga dapat diartikan bahwa nilai Ra yang didapatkan masuk dalam kualitas kelas kekasaran N6 dengan spesifikasi 0,6 – 1,2 (Standar ISO 1997)

2. Model Produk CAM ChatGPT Spesimen 2



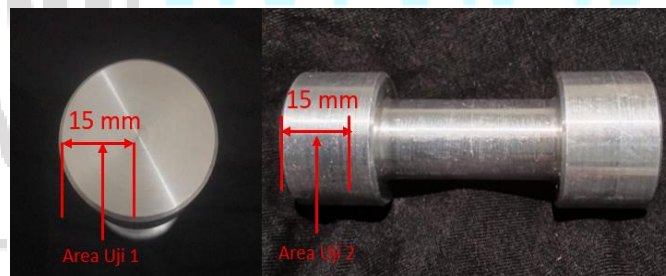
Gambar 26 Produk Pengujian CAM ChatGPT Spesimen 2

Tabel 11 Hasil Uji Kekasaran CAM ChatGPT Spesimen 2

Area Pengujian	Proses Permesinan	Nilai Kekasaran (μm)		
		Ra	Rq	Rz
1	Facing	0.262	0.334	1.793
2	Diameter Luar	2.087	2.269	7.086
Rata-rata		1.175	1.302	4.440

Berdasarkan Tabel 4.6 didapatkan nilai kekasaran Rq sebesar 1,302 μm , nilai Rz sebesar 4,440 μm , dan Ra sebesar 1,175 μm , sehingga dapat diartikan bahwa nilai Ra yang didapatkan masuk dalam kualitas kelas kekasaran N6 dengan spesifikasi 0,6 – 1,2 (Standar ISO 1997)

3. Model Produk CAM ChatGPT Spesimen 3



Gambar 27 Produk Pengujian CAM ChatGPT Spesimen 3

Tabel 12 Hasil Uji Kekasaran CAM ChatGPT Spesimen 3

Area Pengujian	Proses Permesinan	Nilai Kekasaran (μm)		
		Ra	Rq	Rz
1	Facing	0.21	0.27	1.712
2	Diameter Luar	2.103	2.309	8.088
Rata-rata		1.157	1.290	4.9

Berdasarkan Tabel 4.7 didapatkan nilai kekasaran Rq sebesar 1,29 μm , nilai Rz sebesar 4,9 μm , dan Ra sebesar 1,157 μm , sehingga dapat diartikan bahwa nilai Ra yang didapatkan masuk dalam kualitas kelas kekasaran N6 dengan

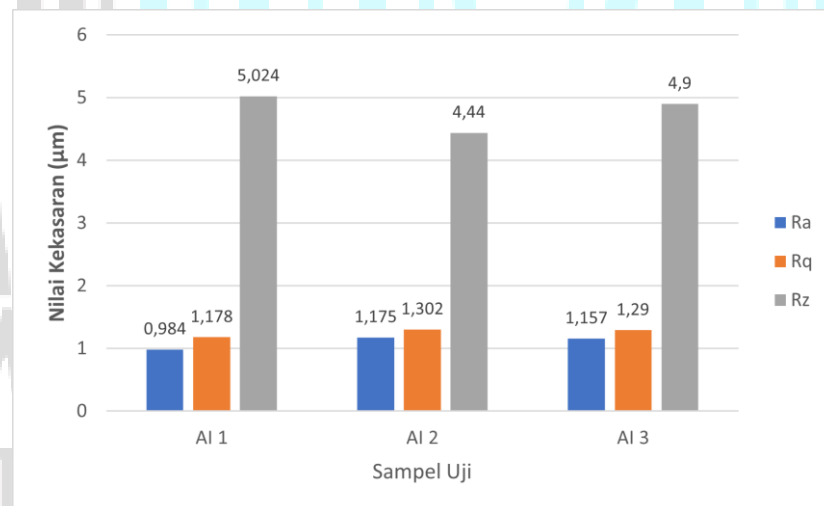
spesifikasi 0,6 – 1,2 (Standar ISO 1997)

4. Rekapitulasi Hasil pengujian kekasaran produk menggunakan CAM ChatGPT

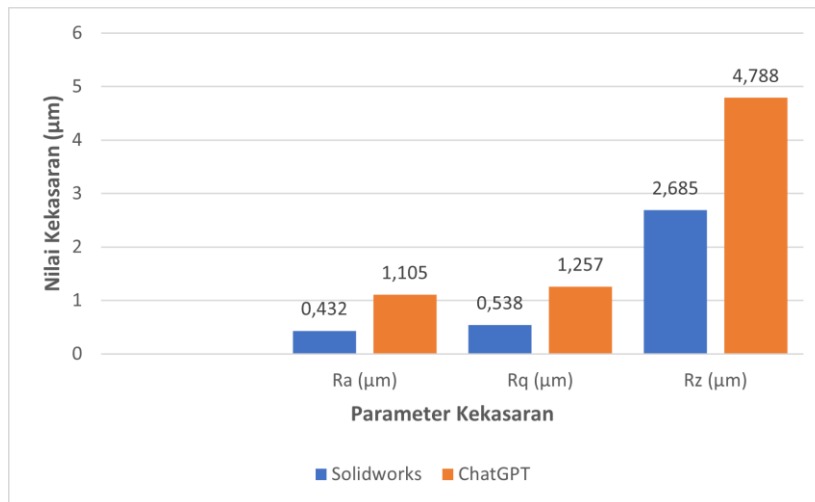
Tabel 13 Rekapitulasi Hasil Uji Kekasaran Produk CAM ChatGPT

Sampel Uji	Nilai Kekasaran (μm)		
	Ra	Rq	Rz
ChatGPT 1	0.984	1.178	5.024
ChatGPT 2	1.175	1.302	4.44
ChatGPT 3	1.157	1.29	4.9
Rata-rata	1.105	1.257	4.788

Berdasarkan Tabel 4.8 didapatkan nilai kekasaran rata – rata dari 3 produk hasil proses permesinan menggunakan mesin CNC Turning 2 Axis dengan nilai Rq sebesar 1,105 μm , nilai Rz sebesar 4,788 μm , dan nilai Ra sebesar 1,105 μm , sehingga dapat diartikan bahwa nilai Ra yang didapatkan masuk dalam kualitas kelas kekasaran N6 dengan spesifikasi 0,6 – 1,2 (Standar ISO 1997).



Gambar 28 Grafik Perbandingan Produk CAM ChatGPT



Gambar 29 Grafik Perbandingan ChatGPT Dan Solidworks CAM

Berdasarkan hasil pengujian kekasaran permukaan yang ditampilkan pada Gambar 4.9, diperoleh perbedaan nilai kekasaran yang signifikan antara benda kerja hasil pemesinan menggunakan G-code dari perangkat lunak CAM SolidWorks dengan benda kerja hasil pemesinan menggunakan G-code yang disusun secara manual dengan bantuan ChatGPT. Pada sampel SolidWorks 1 hingga 3, diperoleh nilai rata-rata Ra sebesar 0,432 μm , Rq sebesar 0,538 μm , dan Rz sebesar 2,685 μm . Sementara itu, pada sampel ChatGPT 1 hingga 3 diperoleh nilai rata-rata Ra sebesar 1,105 μm , Rq sebesar 1,257 μm , dan Rz sebesar 4,788 μm . Data tersebut menunjukkan bahwa permukaan hasil pemesinan dengan G-code ChatGPT memiliki tingkat kekasaran yang lebih tinggi dibandingkan G-code hasil CAM SolidWorks, dengan peningkatan nilai Ra sekitar 2,5 kali lipat dan nilai Rz sekitar 1,8 kali lipat.

Perbedaan tingkat kekasaran ini disebabkan oleh dua faktor utama pada struktur program G-code. Pertama, G-code ChatGPT tidak memiliki lintasan finishing terpisah pada proses pembubutan diameter luar, sehingga dimensi akhir dibentuk langsung dari lintasan roughing dan jejak pahat kasar masih tertinggal pada permukaan. Sebaliknya, G-code hasil CAM SolidWorks memiliki lintasan finishing kontur penuh setelah proses roughing, lengkap dengan kompensasi radius pahat dan pembulatan sudut transisi yang presisi, sehingga permukaan yang dihasilkan lebih halus. Kedua, terdapat perbedaan geometri lintasan masuk dan keluar pahat (lead-in dan lead-out), di mana G-code CAM menerapkan gerakan masuk-keluar secara bertahap dan tangensial, sedangkan G-code

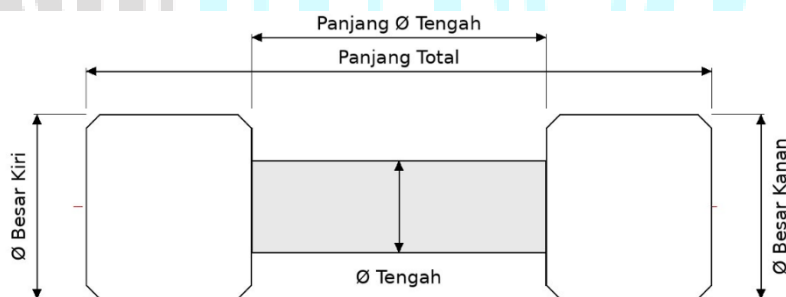
ChatGPT langsung memposisikan pahat pada titik potong tanpa transisi landai, sehingga meninggalkan tanda atau notch tajam yang meningkatkan nilai Rz.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa program G-code yang dihasilkan secara otomatis oleh perangkat lunak CAM SolidWorks menghasilkan kualitas permukaan yang lebih baik dibandingkan G-code yang disusun secara manual dengan bantuan ChatGPT, karena CAM secara sistematis menghasilkan strategi pemesinan bertingkat beserta transisi lintasan pahat yang optimal, sedangkan penyusunan G-code manual berpotensi melewatkan detail-detail teknis tersebut apabila tidak dirancang secara cermat.

3.2 Hasil Pengujian Hasil Dimensi Produk

Pengujian Hasil Dimensi produk pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, yaitu untuk mengetahui Selisih atau penyimpangan ukuran antara desain awal dengan ukuran produk setelah dilakukan proses permesinan menggunakan mesin CNC Turning 2 Axis dengan dua metode pemrograman CNC, yaitu *CAM ChatGPT* dan *SolidWorks CAM*.

Pengujian Hasil Dimensi produk dilakukan menggunakan alat *Digital Caliper*. Produk yang diukur memiliki bentuk *cylinder* berupa diameter dan Panjang, kemudian dilakukan pengukuran pada tiga diameter dan empat Panjang di masing – masing produk.

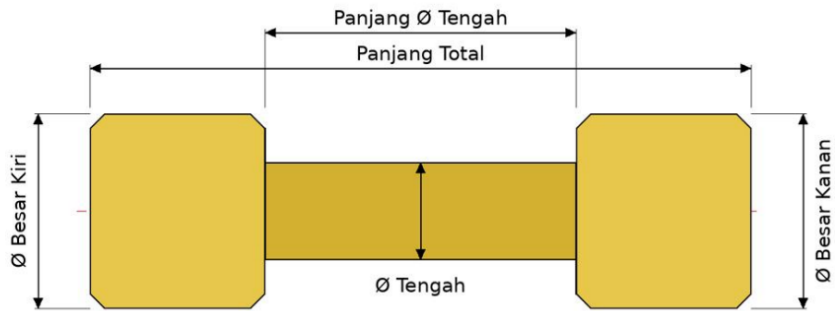


Gambar 30 Benda Kerja Pengujian Hasil Dimensi

3.2.1 Pengujian Hasil Dimensi *Solidworks CAM*

1. Pengujian hasil dimensi solidworks CAM Spesimen 1

Pengujian dilakukan pada produk hasil proses permesinan dengan bentuk Ø Besar Kiri, Ø Tengah, Ø Besar kanan, Panjang total, Panjang Ø 18 mm, Panjang Ø 20 kiri, Panjang Ø 20 kanan.



Gambar 31 Produk Solidworks CAM Spesimen 1

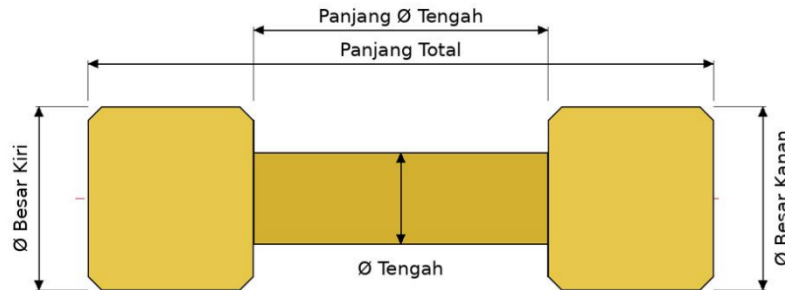
Untuk memperjelas hasil pengukuran produk, maka dibuat tabel hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 14 Hasil Pengukuran Produk Solidworks CAM Spesimen 1

No	Parameter	Bagian Ukur	Dimensi Desain (mm)	SolidWorks CAM Spesimen 1	Selisih (mm)
1	Diameter	Ø Besar Kiri	30	30.11	0.11
2	Diameter	Ø Tengah	18	18.1	0.1
3	Diameter	Ø Besar kanan	30	30.02	0.02
4	Panjang	Panjang total	80	80.21	0.21
5	Panjang	Panjang Ø 18 mm	40	40.01	0.01
6	Panjang	Panjang Ø 20 kiri	20	20.16	0.16
7	Panjang	Panjang Ø 20 kanan	20	20.04	0.04

2. Pengujian hasil dimensi solidworks CAM Spesimen 2

Pengujian dilakukan pada produk hasil proses permesinan dengan bentuk Ø Besar Kiri, Ø Tengah, Ø Besar kanan, Panjang total, Panjang Ø 18 mm, Panjang Ø 20 kiri, Panjang Ø 20 kanan.



Gambar 32 Produk Solidworks CAM Spesimen 2

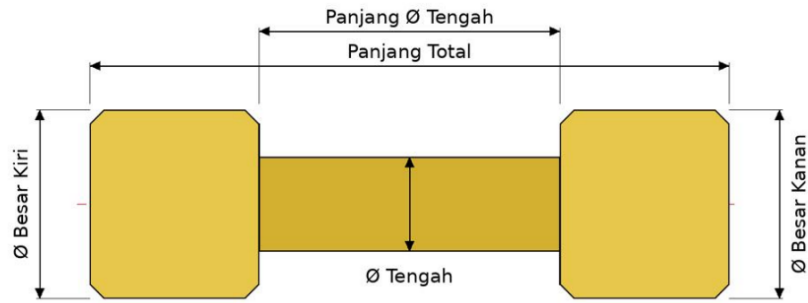
Untuk memperjelas hasil pengukuran produk, maka dibuat tabel hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 15 Hasil Pengukuran Produk Solidworks CAM Spesimen 2

No	Parameter	Bagian Ukur	Dimensi Desain (mm)	SolidWorks CAM Spesimen 2	Selisih (mm)
1	Diameter	Ø Besar Kiri	30	30.02	0.02
2	Diameter	Ø Tengah	18	18.11	0.11
3	Diameter	Ø Besar kanan	30	30.1	0.1
4	Panjang	Panjang total	80	80.31	0.31
5	Panjang	Panjang Ø 18 mm	40	39.97	-0.03
6	Panjang	Panjang Ø 20 kiri	20	20.27	0.27
7	Panjang	Panjang Ø 20 kanan	20	20.07	0.07

3. Pengujian hasil dimensi solidworks CAM Spesimen 3

Pengujian dilakukan pada produk hasil proses permesinan dengan bentuk Ø Besar Kiri, Ø Tengah, Ø Besar kanan, Panjang total, Panjang Ø 18 mm, Panjang Ø 20 kiri, Panjang Ø 20 kanan.



Gambar 33 Produk Solidworks CAM Spesimen 3

Untuk memperjelas hasil pengukuran produk, maka dibuat tabel hasil pengukuran sebagai berikut:

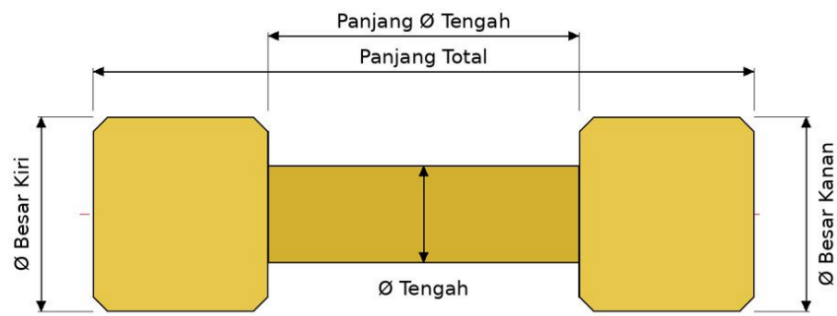
Tabel 16 Hasil Pengukuran Produk Solidworks CAM Spesimen 3

No	Parameter	Bagian Ukur	Dimensi Desain (mm)	SolidWorks CAM Spesimen 3	Selisih (mm)
1	Diameter	Ø Besar Kiri	30	30.07	0.07
2	Diameter	Ø Tengah	18	18.09	0.09
3	Diameter	Ø Besar kanan	30	30.04	0.04
4	Panjang	Panjang total	80	80.03	0.03
5	Panjang	Panjang Ø 18 mm	40	39.94	-0.06
6	Panjang	Panjang Ø 20 kiri	20	19.94	-0.06
7	Panjang	Panjang Ø 20 kanan	20	20.15	0.15

3.2.2 Pengujian Hasil Dimensi CAM ChatGPT

1. Pengujian hasil dimensi CAM ChatGPT Spesimen 1

Pengujian dilakukan pada produk hasil proses permesinan dengan bentuk Ø Besar Kiri, Ø Tengah, Ø Besar kanan, Panjang total, Panjang Ø 18 mm, Panjang Ø 20 kiri, Panjang Ø 20 kanan



Gambar 34 Produk *CAM ChatGPT* Spesimen 1

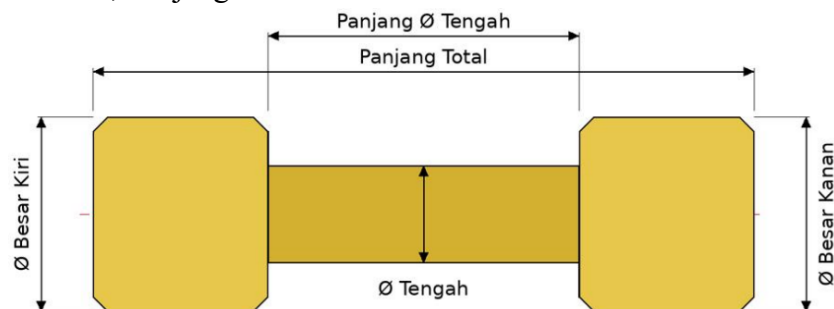
Untuk memperjelas hasil pengukuran produk, maka dibuat tabel hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 17 Hasil Pengukuran Produk *CAM ChatGPT* Spesimen 1

No	Parameter	Bagian Ukur	Dimensi Desain (mm)	CAM ChatGPT Spesimen 1	Selisih (mm)
1	Diameter	Ø Besar Kiri	30	30.05	0.05
2	Diameter	Ø Tengah	18	18.19	0.19
3	Diameter	Ø Besar kanan	30	29.98	-0.02
4	Panjang	Panjang total	80	80.34	0.34
5	Panjang	Panjang Ø 18 mm	40	39.76	-0.24
6	Panjang	Panjang Ø 20 kiri	20	20.14	0.14
7	Panjang	Panjang Ø 20 kanan	20	20.44	0.44

2. Pengujian hasil dimensi CAM ChatGPT Spesimen 2

Pengujian dilakukan pada produk hasil proses permesinan dengan bentuk Ø Besar Kiri, Ø Tengah, Ø Besar kanan, Panjang total, Panjang Ø 18 mm, Panjang Ø 20 kiri, Panjang Ø 20 kanan.



Gambar 35 Produk CAM ChatGPT Spesimen 2

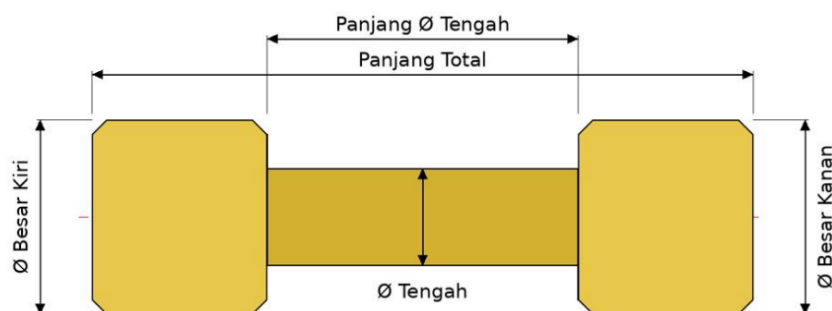
Untuk memperjelas hasil pengukuran produk, maka dibuat tabel hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 18 Hasil Pengukuran Produk CAM ChatGPT Spesimen 2

No	Parameter	Bagian Ukur	Dimensi Desain (mm)	CAM ChatGPT Spesimen 2	Selisih (mm)
1	Diameter	Ø Besar Kiri	30	29.68	-0.32
2	Diameter	Ø Tengah	18	18.17	0.17
3	Diameter	Ø Besar kanan	30	30.03	0.03
4	Panjang	Panjang total	80	80.54	0.54
5	Panjang	Panjang Ø 18 mm	40	39.86	-0.14
6	Panjang	Panjang Ø 20 kiri	20	20.25	0.25
7	Panjang	Panjang Ø 20 kanan	20	20.43	0.43

3. Pengujian hasil dimensi CAM ChatGPT Spesimen 3

Pengujian dilakukan pada produk hasil proses permesinan dengan bentuk Ø Besar Kiri, Ø Tengah, Ø Besar kanan, Panjang total, Panjang Ø 18 mm, Panjang Ø 20 kiri, Panjang Ø 20 kanan.



Gambar 36 Produk CAM ChatGPT Spesimen 3

Untuk memperjelas hasil pengukuran produk, maka dibuat tabel hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 19 Hasil Pengukuran Produk CAM ChatGPT Spesimen 3

No	Parameter	Bagian Ukur	Dimensi Desain (mm)	CAM ChatGPT Spesimen 3	Selisih (mm)
1	Diameter	Ø Besar Kiri	30	30.04	0.04
2	Diameter	Ø Tengah	18	18.12	0.12
3	Diameter	Ø Besar kanan	30	30.06	0.06
4	Panjang	Panjang total	80	79.94	-0.06
5	Panjang	Panjang Ø 18 mm	40	39.87	-0.13
6	Panjang	Panjang Ø 20 kiri	20	20.34	0.34
7	Panjang	Panjang Ø 20 kanan	20	19.73	-0.27

3.2.3 Rekapitulasi Rata – Rata Hasil Dimensi Produk

Berdasarkan proses pengukuran yang sudah dilakukan, maka didapatkan nilai rata – rata Selisih dimensi produk dengan metode pemrograman CNC Solidworks CAM sebagai berikut:

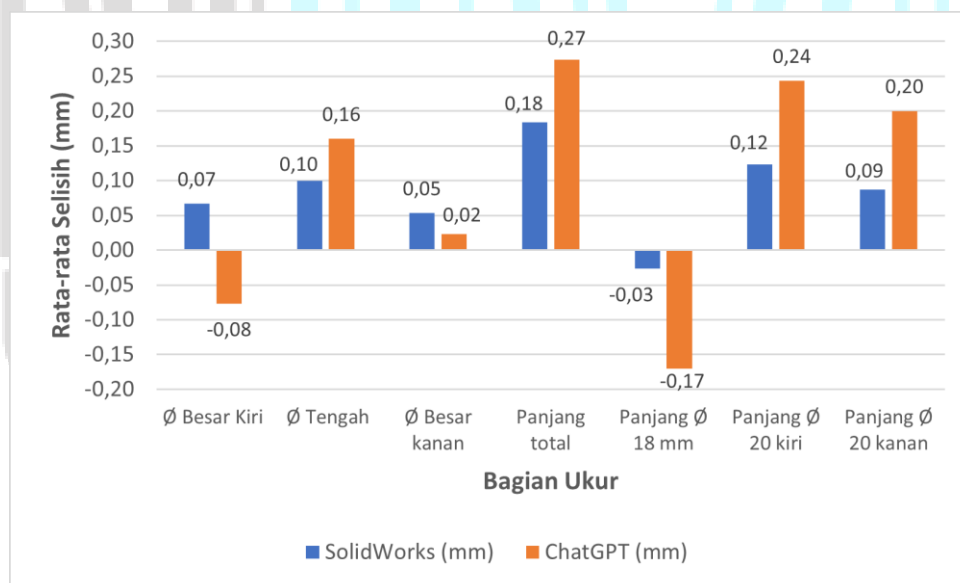
Tabel 20 Rekapitulasi Rata – Rata Hasil Selisih Dimensi Produk Solidworks CAM

No	Parameter	Bagian Ukur	Selisih Dimensi SolidWorks CAM (mm)			Rata-rata (mm)
			1	2	3	
1	Diameter	Ø Besar Kiri	0.11	0.02	0.07	0.07
2	Diameter	Ø Tengah	0.1	0.11	0.09	0.1
3	Diameter	Ø Besar kanan	0.02	0.1	0.04	0.05
4	Panjang	Panjang total	0.21	0.31	0.03	0.18
5	Panjang	Panjang Ø 18 mm	0.01	- 0.03	-0.06	-0.03
6	Panjang	Panjang Ø 20 kiri	0.16	0.27	-0.06	0.12
7	Panjang	Panjang Ø 20 kanan	0.04	0.07	0.15	0.09

Pada pengukuran selanjutnya didapatkan nilai rata – rata dimensi produk dengan metode pemrograman CNC ChatGPT sebagai berikut:

Tabel 21 Rekapitulasi Rata – Rata Hasil Dimensi Produk CAM ChatGPT

No	Parameter	Bagian Ukur	Selisih Dimensi CAM ChatGPT (mm)			Rata-rata (mm)
			1	2	3	
1	Diameter	Ø Besar Kiri	0.05	-0.32	0.04	-0.08
2	Diameter	Ø Tengah	0.19	0.17	0.12	0.16
3	Diameter	Ø Besar kanan	-0.02	0.03	0.06	0.02
4	Panjang	Panjang total	0.34	0.54	-0.06	0.27
5	Panjang	Panjang Ø 18 mm	-0.24	-0.14	-0.13	-0.17
6	Panjang	Panjang Ø 20 kiri	0.14	0.25	0.34	0.24
7	Panjang	Panjang Ø 20 kanan	0.44	0.43	-0.27	0.20



Gambar 37 Diagram Perbandingan Selisih Hasil Dimensi Produk

Berdasarkan Gambar 4.16, setelah dilakukan proses pengukuran dengan menggunakan alat Digital Caliper, maka didapatkan hasil perbandingan nilai rata-rata Selisih antara metode SolidWorks dan *Artificial Intelligence(AI)* pada seluruh bagian ukur benda kerja. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai Selisih yang dihasilkan oleh metode SolidWorks cenderung lebih kecil dibandingkan dengan nilai Selisih yang dihasilkan oleh metode *Artificial Intelligence(AI)* pada sebagian besar dimensi yang diukur. Hal ini menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya jumlah dimensi yang diukur, metode *Artificial Intelligence(AI)*

memiliki kecenderungan menghasilkan penyimpangan ukuran yang lebih besar, khususnya pada dimensi panjang aksial seperti Panjang Total (+0,27 mm) dan Panjang Ø 18 mm (-0,17 mm), dibandingkan dengan metode SolidWorks yang menghasilkan Selisih lebih kecil pada dimensi yang sama.

4. PENUTUP

Setelah melakukan beberapa pengujian terhadap produk hasil proses permesinan menggunakan mesin CNC Turning 2 Axis dengan dua metode pemrograman CNC, yaitu metode SolidWorks CAM dan metode Artificial Intelligence (AI), yang diuji melalui pengujian kekasaran permukaan dan pengujian hasil dimensi produk, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dari segi tingkat akurasi dimensi produk dan kekasaran permukaan dengan ditampilkan data sebagai berikut:

1. Data pengujian kekasaran permukaan menggunakan alat uji Mitutoyo SurfTest SJ – 210 Surface Roughness Tester menunjukkan bahwa proses permesinan dengan metode pemrograman SolidWorks CAM menghasilkan nilai kekasaran rata – rata Ra 0,432 µm, Rq 0,538 µm, dan Rz 2,685 µm yang masuk dalam kualitas kelas kekasaran N5 dengan spesifikasi 0,3 – 0,6 µm berdasarkan Standar ISO 1997, sedangkan metode pemrograman Artificial Intelligence (AI) menghasilkan nilai kekasaran rata – rata Ra 1,105 µm, Rq 1,257 µm, dan Rz 4,788 µm yang masuk dalam kualitas kelas kekasaran N6 dengan spesifikasi 0,6 – 1,2 µm berdasarkan Standar ISO 1997. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat diambil kesimpulan bahwa metode pemrograman SolidWorks CAM cenderung menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang lebih rendah dan lebih halus jika dibandingkan dengan metode pemrograman Artificial Intelligence (AI).
2. Data pengujian hasil dimensi produk menggunakan alat ukur Digital Caliper menunjukkan selisih/penyimpangan ukuran pada metode pemrograman SolidWorks CAM dengan nilai rata – rata Selisih Ø Besar Kiri sebesar 0,07 mm, Ø Tengah sebesar 0,10 mm, Ø Besar Kanan sebesar 0,05 mm, Panjang Total sebesar 0,18 mm, Panjang Ø 18 mm sebesar -0,03 mm, Panjang Ø 20 Kiri sebesar 0,12 mm, dan Panjang Ø 20 Kanan sebesar 0,09 mm, sedangkan pada metode pemrograman Artificial Intelligence (AI) dengan nilai rata – rata Selisih Ø Besar Kiri sebesar -0,08 mm, Ø Tengah sebesar 0,16 mm, Ø Besar Kanan sebesar 0,02 mm, Panjang Total sebesar 0,27 mm, Panjang Ø 18 mm sebesar -0,17 mm, Panjang Ø 20 Kiri sebesar 0,24 mm, dan Panjang Ø 20 Kanan sebesar 0,20 mm. Dari hasil yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan bahwa nilai Selisih yang dihasilkan oleh metode SolidWorks CAM cenderung lebih kecil

dibandingkan dengan nilai Selisih yang dihasilkan oleh metode Artificial Intelligence (AI) pada sebagian besar dimensi yang diukur, sehingga metode SolidWorks CAM menghasilkan tingkat akurasi dimensi produk yang lebih baik dibandingkan dengan metode Artificial Intelligence (AI).

DAFTAR PUSTAKA

- Alsoufi, M. S., Bawazeer, S. A., Alhazmi, M. W., Hijji, H. H., Alhazmi, H., & Alqurashi, H. F. (2025). Dimensional Accuracy and Measurement Variability in CNC-Turned Parts Using Digital Vernier Calipers and Coordinate Measuring Machines Across Five Materials. *Materials*, 18(12), 2728.
- Ardiansyah, M. R., Bambang, U., & Kunci, K. (2020). Pengembangan Program Interpreter G-code dan Motion Control untuk Mesin CNC Milling 3 Axis Tipe VMC-100. *Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*, 1, 1–27.
- Burhanudin, B., Suryono, E., Prasetyo, A., Margono, B., Zainuddin, Z., & Rahmatulloh, A. (2023). Pengembangan Pola Pembelajaran Pemograman CNC Melalui Integrasi G Code, Simulator CNC dan CAM. *Abdi Masya*, 4(2), 219-224.
- Fauzi, A., & Sumbodo, W. (2021). Pengaruh Parameter Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan ST 40 pada Mesin Bubut CNC. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 6(1), 46-57.
- Ilham, J., & Haripriadi, B. D. (2019). Evaluasi Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Milling CNC Router Aluminium Sheet 1100. *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*, 191-201.
- Irsyad, M., Lukmana, R. I., Fajri, Z., & Munawar, W. (2025). Pengaruh Penguasaan Autocad Terhadap Pembuatan G-Code CNC Milling TU 3A Mata Kuliah CNC Dasar Pada Mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin UPI. *Jurnal Pendidikan, Sosial Dan Humaniora*, 4(2), 1–10.
- Iskandar, W., & Supriyono. (2016). Analisa Teoritis Kebutuhan Daya Mesin Bubut Gear Head Turred. *Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 25-30.
- Kendek, Y. S., Palungan, M. B., & Nitha, N. (2025). Analisis Aplikasi System Ai Robotnisasi pada Kualitas Permesinan Mesin CNC di PT Evergrown Technology Batam. *Jurnal Teknik Mesin*, 18(1), 111-121.
- Kurniawan, E., Syaifurrahman, S., & Jekky, B. (2020). Rancang Bangun Mesin CNC Lathe Mini 2 Axis. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 4(2), 83-90.
- Kurniawan, Z., Yudo, E., & Rosmansyah, R. (2018). Optimasi Kekasaran Permukaan Pada Material Amutit Dengan Proses CNC Turning Menggunakan Desain Taguchi. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 10(01), 45-51.
- Palungan, M. B., & Kendek, Y. S. (2025). Pengaruh Implementasi Sistem Robotik Berbasis Kecerdasan Buatan terhadap Kualitas Produk Pemesinan CNC. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 8(2), 411-422.
- Prianto, E. (2017). Proses permesinan cnc dalam pembelajaran simulasi CNC. *Jurnal Edukasi Elektro*, 1(1).
- Purwoko, B. S. H. (2016). Rekayasa Cnc Turning Sebagai Media Pembelajaran Cnc. *Jurnal Kependidikan: Penelitian Inovasi Pembelajaran*, 46(1), 84-99.
- Rahmatullah, R., Amiruddin, A., & Lubis, S. (2021). Effectiveness of CNC turning and CNC milling in machining process. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)*, 2(2), 575-583.
- Ramdani, S. D., & Prasetyo, W. (2023). Proses pembuatan gasket menggunakan mesin

- CNC milling berbasis CAD/CAM. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 11(1), 141-150.
- Sangrila, D. P., & Alam, E. D. (2019). Proses Pembuatan CF (Check fictur) Menggunakan Mesin CNC 3 Axis. *Prosiding Semnastek*.
- Saputra, B. M. (2024). PERANCANGAN TABUNG BOILER UNTUK PROSES PEMANASAN SISTEM UAP BERBANTU PERANGKAT LUNAK SOLIDWORKS 2016 (Doctoral dissertation, Politeknik Harapan Bersama).
- Setyono, B., Setyono, G., & Pratama, S. (2020, September). Pengaruh Kecepatan Potong Dan Kedalaman Potong Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST60, Aluminium, Dan Polyethylene Pada Mesin CNC Turning Fanuc Oi Mate TC VT15L Type PU 2A. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (Vol. 1, No. 1, pp. 247-254).
- Setyono, G., Siswadi, S., Riyadi, S., Nugroho, W., & Khusna, D. (2023). Peningkatan Kapabilitas Proses Pemesinan Siswa SMK Wijaya Putra Dengan Implementasi Mesin CNC-Turning 2-Axis. *Pengabdian Masyarakat dan Inovasi Teknologi (DIMASTEK)*, 2(02), 97-101.
- Sidik, J., Sholihin, M., & Arthur, R. (2019). Pengaruh variasi temperatur perlakuan panas aging terhadap sifat mekanik aluminium aa 6061. *Jurnal Unimus*, 9, 1-8.
- Yanuar Bestari Kumboro 1. (2023). Pemanfaatan chatgpt sebagai bahan referensi kerja. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Ilmu KomputeR*, 1(1), 1–12.
- Zidane, M. A. (2025). LITERATUR REVIEW : PEMANFAATAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM PREDICTIVE MAINTENANCE UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN INDUSTRI Muhammad. *Journal of Management and Innovation Entrepreneursip*, 2(4), 2384–2395.

UMS LIBRARY
-TERAKREDITASI A-