

Pemrograman Element Part Drive Centralizer Menggunakan Mesin CNC (Computer Numerical Control) Milling 3 Axis Type Haas

Yeriko Fabiano Walalangi¹, Priyono², Artian Sirun³

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, 0431-811568, 95252, Indonesia

Email: ¹Yerikowalalangi03@gmail.com

No. Hp: ¹ 089631960007

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat pemrograman part drive centralizer menggunakan mesin CNC milling 3 axis sebagai solusi terhadap kebutuhan part drive centralizer yang masih bergantung pada impor, serta memudahkan proses pembuatan part yang kompleks dengan akurasi tinggi sehingga membutuhkan tingkat presisi yang tinggi dalam proses pembuatannya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan tahapan pengukuran manual menggunakan jangka sorong untuk memperoleh dimensi akurat part, pembuatan desain 3D menggunakan software CAD/CAM, pembuatan program G-code dan M-code, simulasi jalur pahat, serta implementasi pada mesin CNC milling 3 axis. Material yang digunakan dalam pembuatan part adalah kuningan (CuZn) karena sifatnya yang tahan korosi dan mudah dalam proses pemesinan. Parameter pemotongan ditentukan sesuai standar pemesinan CNC, antara lain cutting speed, feed rate, dan spindle speed agar hasil pemesinan optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemrograman part drive centralizer dapat dibuat dengan akurat menggunakan software CAD/CAM dan simulasi jalur pahat berjalan sesuai jalur tanpa terjadi kesalahan, serta proses pemesinan menggunakan mesin CNC milling 3 axis dapat menghasilkan part dengan tingkat akurasi dan presisi yang tinggi. Proses pemrograman dan pembuatan part ini juga dapat dijadikan sebagai bahan ajar job sheet mata kuliah CNC bagi mahasiswa. Dengan penerapan pemrograman CNC ini, perusahaan di bidang pertambangan dapat memperoleh part drive centralizer dengan harga dan waktu produksi yang lebih efisien dibandingkan pengadaan dari luar negeri.

Kata Kunci – Drive Centralizer, CNC Milling 3 Axis, CAD/CAM, G-code, M-code, Pemrograman CNC

Programming of Element Part Drive Centralizer Using CNC (Computer Numerical Control) Milling Machine 3 Axis Type Haas

Abstract

This research aims to program the manufacturing process of a drive centralizer part using a 3-axis CNC milling machine as a solution to the dependency on imported drive centralizer parts while facilitating the manufacturing of complex parts thus requiring a high level of precision in its production process. The method used in this study is a quantitative approach, starting with manual measurements using a caliper to obtain accurate part dimensions, 3D design using CAD/CAM software, creation of G-code and M-code programs, toolpath simulation, and implementation on a 3-axis CNC milling machine. The material used for manufacturing the part is brass (CuZn) due to its corrosion resistance and ease of machining. Machining parameters were determined based on CNC machining standards, including cutting speed, feed rate, and spindle speed, to obtain optimal machining results. The results show that the drive centralizer part design can be accurately created using CAD/CAM software, and the toolpath simulation runs correctly without errors, while the machining process using the 3-axis CNC milling machine produces parts with high accuracy and precision. This programming and part manufacturing process can also serve as CNC job sheet teaching material for students. By implementing this CNC programming, companies in the mining sector can obtain drive centralizer parts with more efficient cost and production time compared to importing parts from abroad.

Keywords – Drive Centralizer, 3-Axis CNC Milling, CAD/CAM, G-code, M-code, CNC Programming.

PENDAHULUAN

Saat ini, industri manufaktur mengalami pertumbuhan pesat sebagai akibat dari kemajuan teknologi dan inovasi dalam proses produksi. Penggunaan mesin *CNC (Computer Numerical Control)* adalah kemajuan besar yang memungkinkan pembuatan komponen dengan tingkat presisi, efisiensi, dan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional.

Pemrograman adalah langkah penting dalam proses pembuatan komponen menggunakan mesin *CNC*, yang menentukan kualitas dan presisi hasil akhir produk. *Drive Centralizer*, dalam sistem pengeboran, berfungsi untuk menjaga posisi dan keseimbangan komponen lainnya dalam mesin, memiliki desain yang kompleks dan membutuhkan pemrosesan yang sangat tepat.

Diharapkan penelitian ini akan membantu mengembangkan metode pemrograman *CNC* yang lebih efisien dan efektif serta membuka peluang untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas pembuatan *part Drive Centralizer* khususnya di provinsi Sulawesi utara, karena mengingat permintaan yang sudah

mulai melonjak semenjak adanya beberapa perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan khususnya pertambangan emas, yang membutuhkan *part* tersebut karena keterbatasan *part Drive Centralizer* di indonesia sedangkan *part* tersebut harus di *order* dari luar negeri dan membutuhkan waktu dan biaya yang lumayan tinggi. Dari pemrograman ini juga ada manfaat tersendiri untuk mahasiswa yaitu pemrograman ini dapat digunakan sebagai *job sheet* mata kuliah *CNC*.

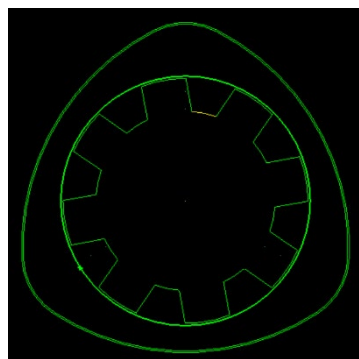
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Lab *CNC* Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado dan di laksanakan mulai pada bulan maret dan bulan april 2025.

Jenis penelitian kuantitatif ini adalah pendekatan terencana untuk memecahkan masalah yang menyajikan data dan menganalisisnya melalui uji statistik dengan menggunakan angka. membuat gambar/ mendesain *drive centralizer*. Tahapan awal yaitu dengan mengumpulkan data terkait ukuran pada setiap bagian *drive centralizer* yang tidak di ketahui, maka dari itu dilakukan pengukuran secara manual menggunakan jangka sorong. Selanjutnya setelah dilakukan pengukuran, masuk dalam tahap desain *drive centralizer* pada *CAD/CAM*, setelah dilakukan desain pada *master cam* dan pada aplikasi yang sama dilakukan pembuatan program dari *drive centralizer*.

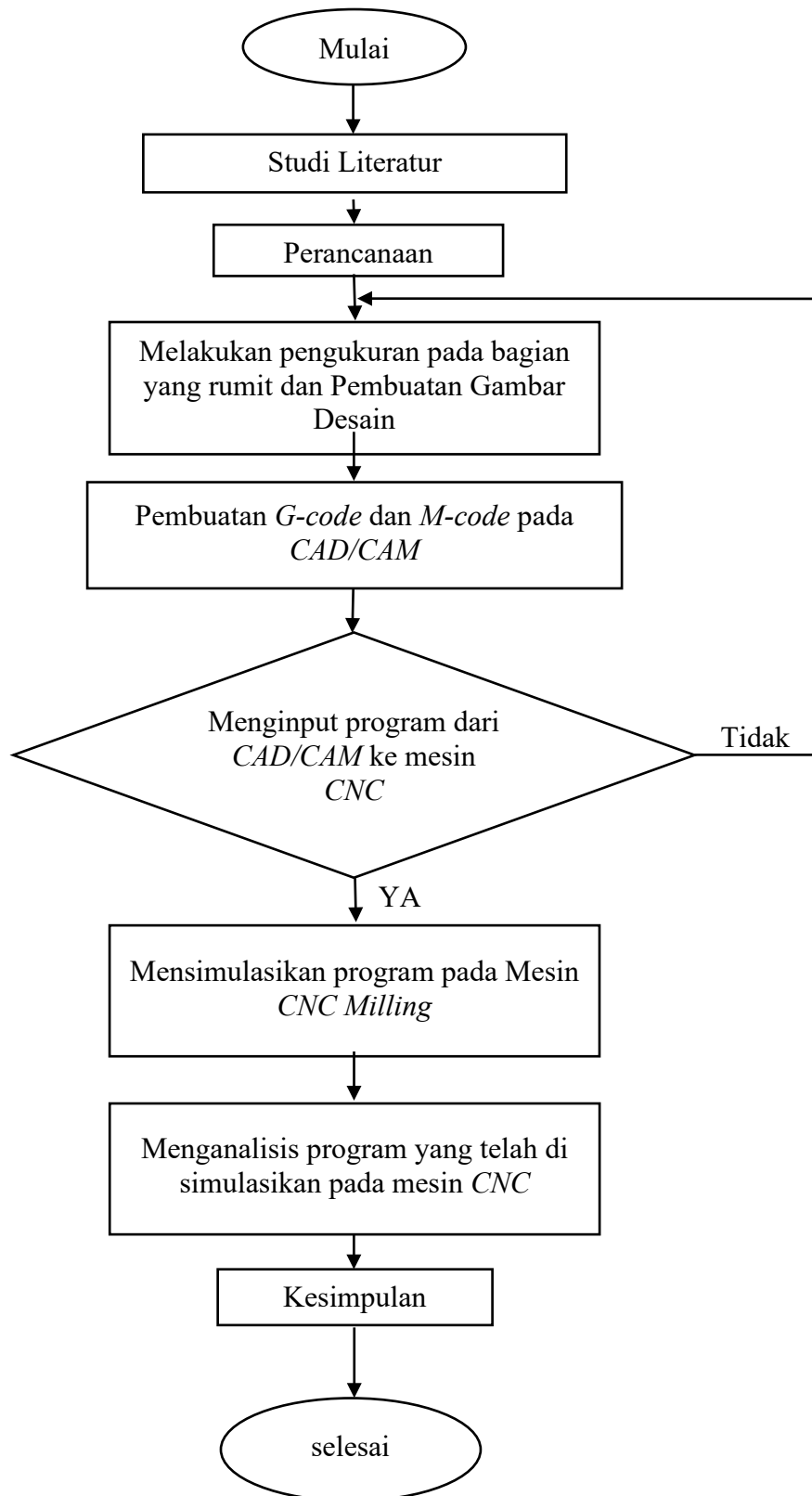
Selanjutnya masuk pada tahap mensimulasikan program yang telah di buat pada *master cam*. setelah dirasa sudah sesuai yang di inginkan. Maka selanjutnya dilakukan penginputan program *G-code* dan *M-code* pada mesin *CNC milling 3 Axis*. dan dilakukan kembali simulasi paada program di mesin *CNC* tersebut.

Gambar Sketsa dari alat yang akan dibuat programnya.



Gambar 1. Sketsa Gambar

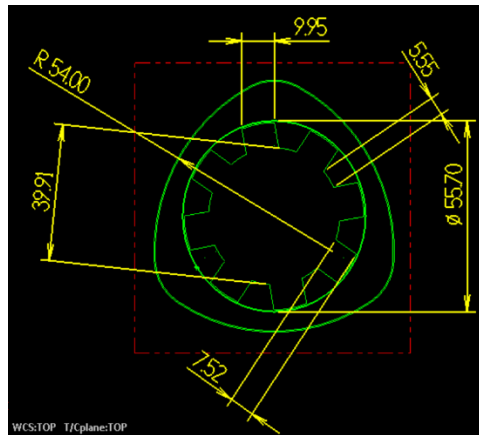
Diagram Alir Penelitian



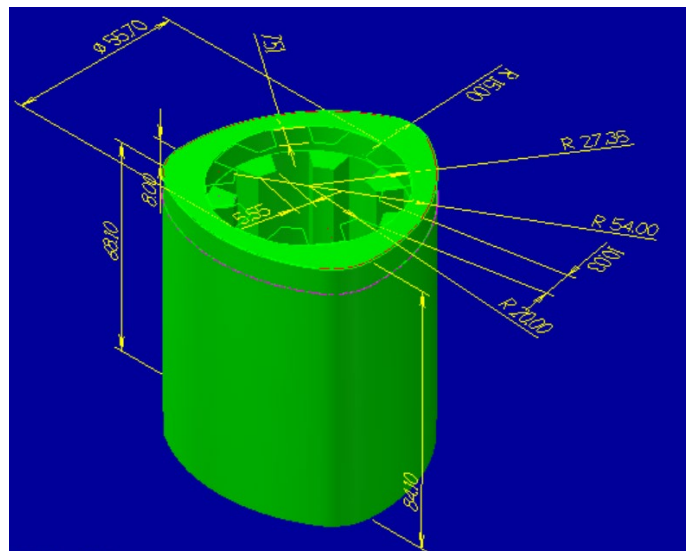
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil

Gambar Sketsa berikut menggambarkan bentuk dan detail dari bagian kompleks *part drive centralizer* pada mesin *drilling*, yang berperan sebagai penyeimbang dan menjaga konsentrisitas pipa selama proses pengeboran.



Gambar 2. Sketsa dan Ukuran pada Tiap Bagian.



Gambar 3. Bentuk 3D dari Part

Pembahasan

Simulasi pemrograman dilakukan untuk memeriksa logika program sebelum diluncurkan di komputer yang sebenarnya. Melalui simulasi ini, setiap fitur dan fungsi program dapat ditampilkan secara visual, sehingga memungkinkan pemahaman logika yang lebih baik.

Pada tahap ini, pengguna akan memeriksa respons program terhadap masukan yang diberikan, memastikan keluaran sesuai dengan rancangan, dan

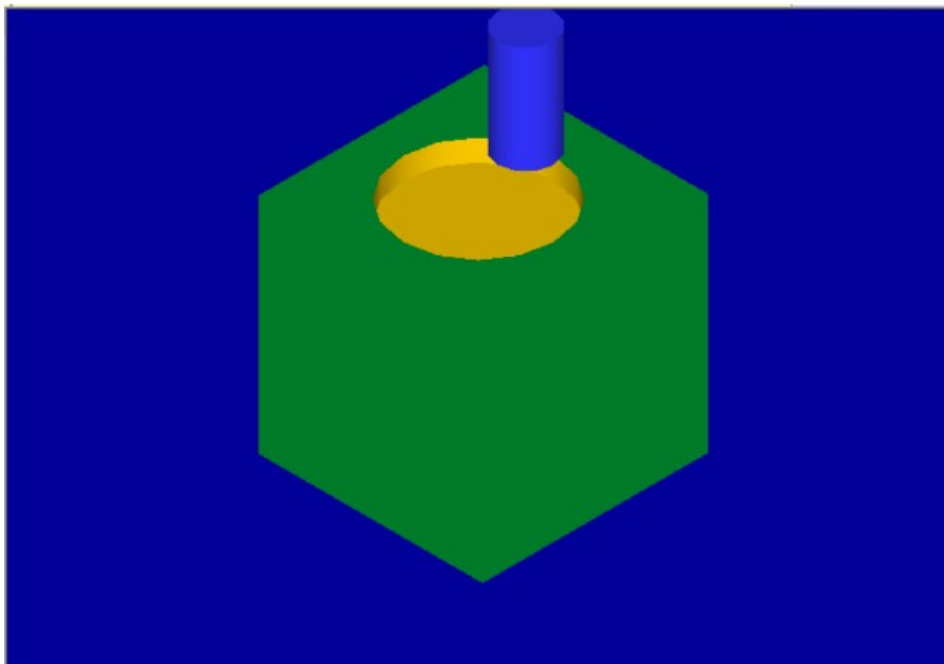
memverifikasi bahwa instruksi diikuti dengan benar. Simulasi juga membantu menilai efektivitas program sebelum fase implementasi yang lebih luas dimulai.

Kehadiran simulasi program dapat mengurangi waktu dan risiko masalah selama implementasi, serta memberikan ilustrasi setiap aspek kinerja program.

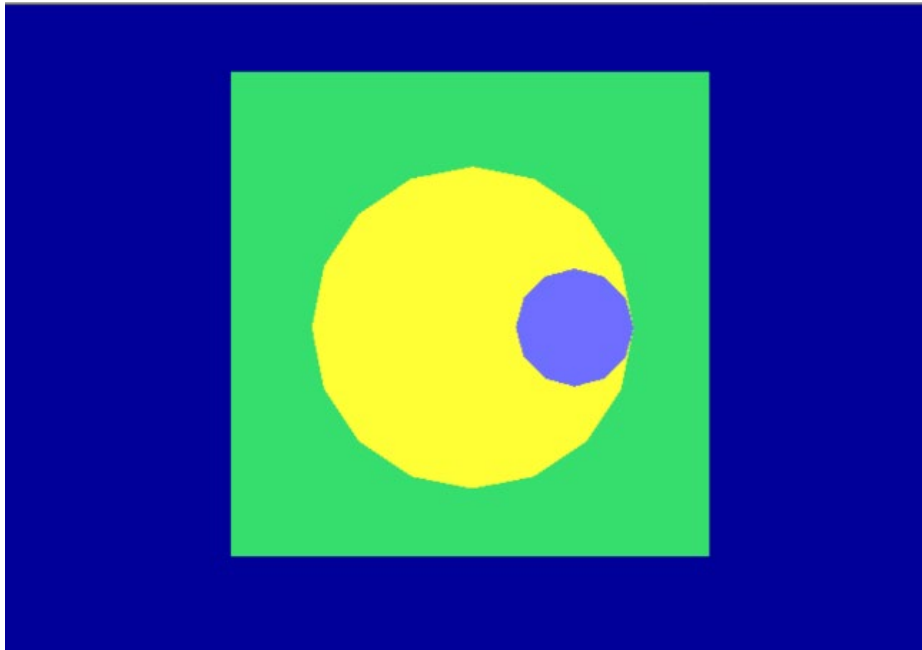
Simulasi pemrograman *component drive centralizer* pada *Mastercam* adalah proses visualisasi fungsionalitas program untuk mengontrol pergerakan mata pahat secara virtual sebelum dijalankan pada mesin *CNC*. Tujuan dari *centralizer* adalah untuk memastikan posisi kerja tetap presisi selama proses pemesinan atau pengukuran.

Dalam *Mastercam*, simulasi digunakan untuk memastikan bahwa jalur pahat yang telah dibuat sebelumnya dapat berfungsi dengan baik dan untuk memastikan bahwa penggerak dan sumbu mesin bergerak sesuai dengan desain yang telah dibuat.

1. Simulasi dari program yang telah kerjakan ditunjukkan berikut ini, dimulai dengan pembuatan *pocket* pada bagian tengah dengan diameter $\text{Ø}55,70$ mm.

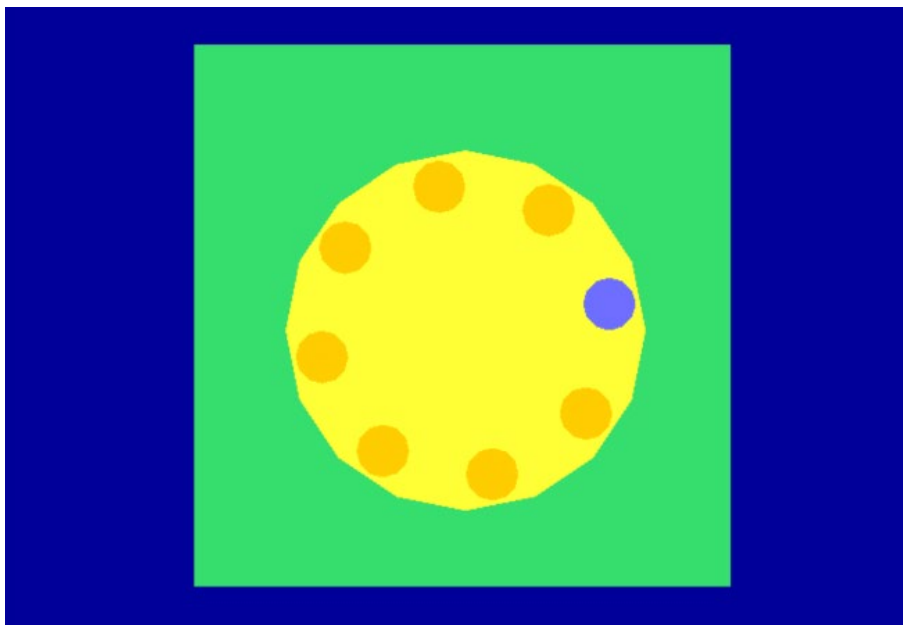


Gambar 4.1 Simulasi program tampak *isometric*.

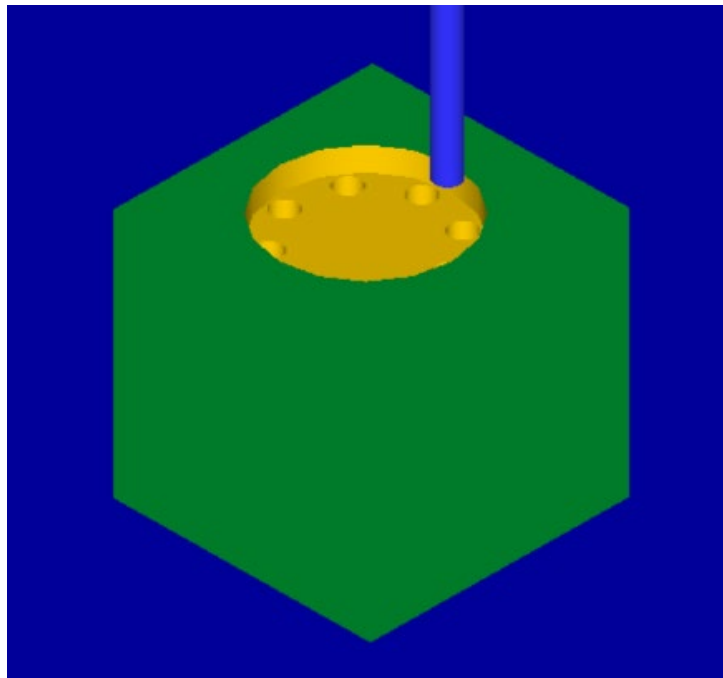


Gambar 4.2 Gambar simulasi tampak bagian atas benda kerja.

2. Pembuatan *drill* dengan diameter $\text{Ø}8,5$ mm dilakukan, untuk mempermudah kerja *cutter endmill* $\text{Ø}6$ mm.

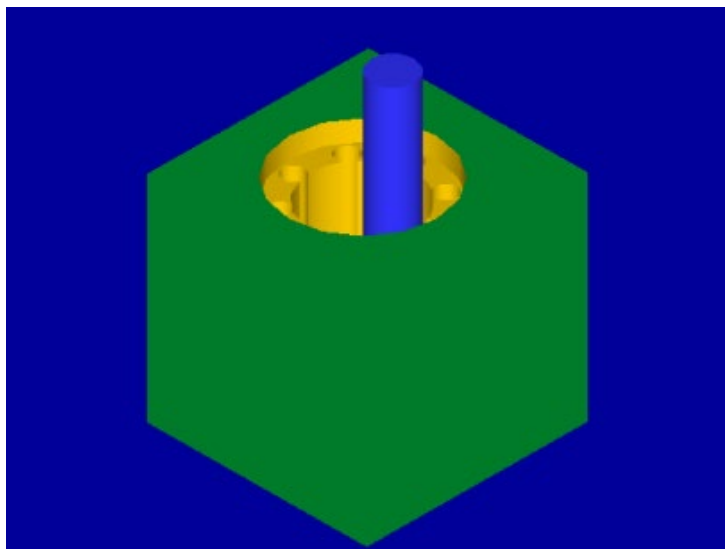


Gambar 4.3 Simulasi program *drill* tampak atas



Gambar 4.4 Simulasi program tampak *isometric*.

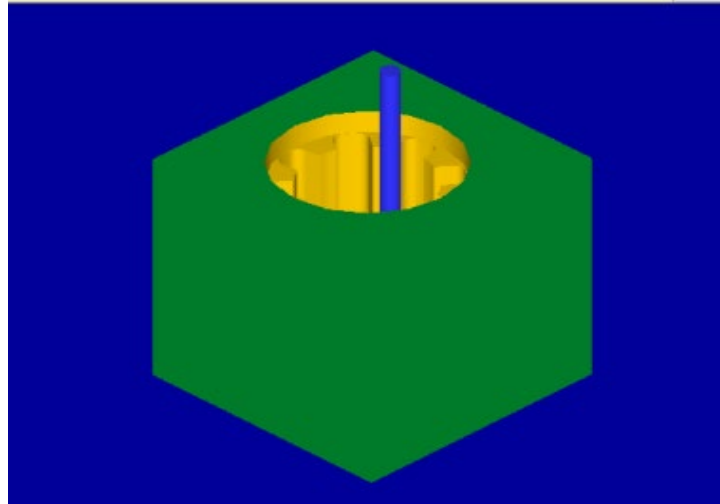
3. Setelah pembuatan *drill* diselesaikan, pembuatan *pocket* pada bagian tengah dengan diameter $\text{Ø}39$ mm dilaksanakan menggunakan pahat *endmill* berdiameter $\text{Ø}16$ mm. Pembuatan *pocket* ini dimaksudkan untuk memudahkan proses finishing yang akan dilakukan oleh mata pahat *endmill* berukuran $\text{Ø}6$ mm pada roda gigi yang terdapat di dalam part tersebut.



Gambar 4.5 Pembuatan *pocket* pada bagian tengah.

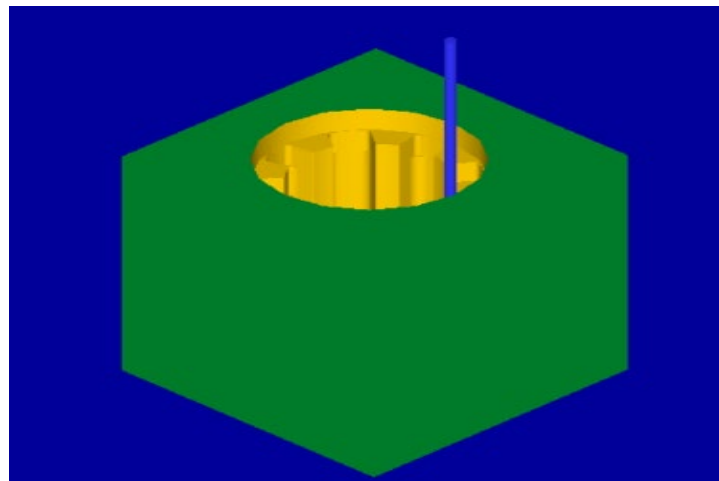
4. Setelah bagian tersebut *didrill*, perintah pembuatan *pocket* dilanjutkan dengan menggunakan mata pahat *endmill* berdiameter $\text{\O}6$ mm pada bagian tersebut.

Gambar 4.6 Pemrosesan *pocket* menggunakan *endmill* $\text{\O}6$ mm.



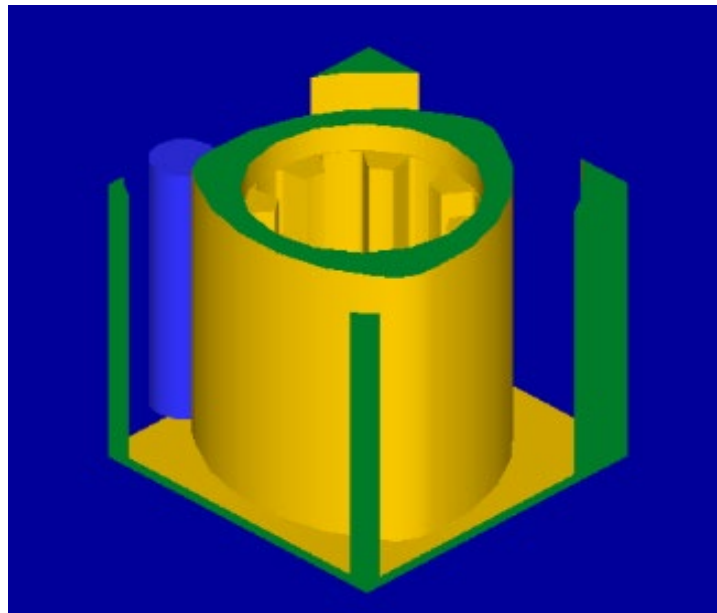
5. Setelah pocket dikerjakan, *finishing* pada bagian gigi dilakukan dengan menggunakan mata pahat *endmill* berdiameter $\text{\O}3$ mm. *Finishing* ini dilakukan agar pembuatan gigi pada bagian dalam *part* dapat dihasilkan dengan lebih halus dan presisi.

Gambar 4.7 Proses *finishing* pada bagian gigi dalam menggunakan mata *endmill*



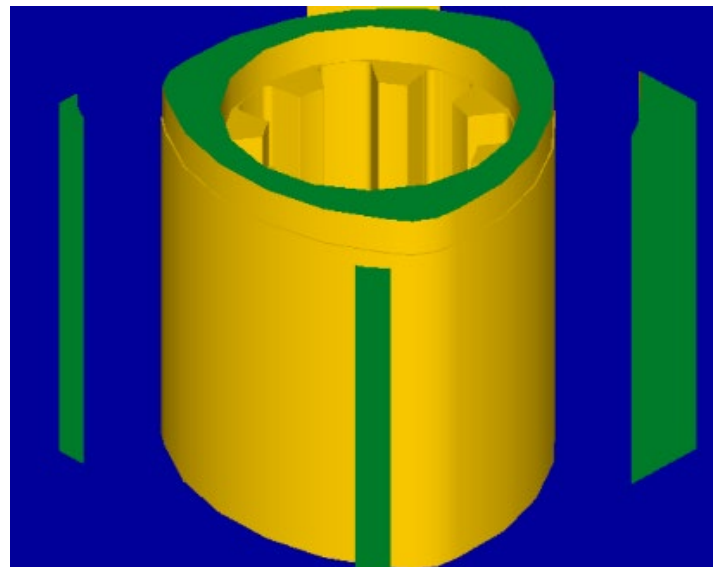
$\text{\O}3$ mm

6. Setelah *pocket finishing* pada gigi bagian dalam diselesaikan, proses *contour* pada bagian paling luar benda kerja dilakukan, seperti yang ditampilkan pada gambar simulasi berikut ini



Gambar 4.8 Simulasi pemrosesan pembuatan *Contour* luar.

7. Selanjutnya, pembuatan *contour* dengan kedalaman 0,35 mm pada bagian atas dan bawah benda kerja dilakukan.



Gambar 4.9 Pembuatan *contour* luar pada bagian atas kedalaman 8 mm lebar 0.35mm

Bahasa pemrograman *G-code* dan *M-code* merupakan komponen penting dalam proses pemesinan menggunakan mesin *CNC (Computer Numerical Control)*. *G-code* berfungsi untuk mengatur gerakan alat potong (seperti gerak linear dan melingkar), posisi koordinat, serta kedalaman pemotongan. Sementara itu, *M-code* digunakan untuk mengendalikan fungsi tambahan mesin seperti aktivasi *spindel*, pergantian alat potong, dan akhir program.

Dalam penelitian ini, pembuatan benda kerja dari material Kuningan dilakukan dengan 7 proses utama, yaitu:

1. Penjelasan mengenai *G-code* dan *M-code* pembuatan *Pocket* Ø55.70mm dan *Drill* Ø8.5mm

File NC:

- PEMBUATAN DIAMETER TENGAH 55.70
- PEMBUATAN *DRILL* 8.5MM

Material:

- Kuningan

Tools:

- T225 = *Endmill* Datar Ø16 mm
- T90 = Mata Bor Ø8 mm

PEMBUATAN DIAMETER TENGAH 55

1. Persiapan Awal

G-code

N100 G21; Satuan mm

N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90; Reset mode

2. Pemanggilan *Tool* & *Spindel*

G-code

N104 T225 M6; *Tool* 225 (*Flat Endmill* Ø16)

N106 G0 G90 G54 X-.059 Y-17.35 S1790 M3 ; Gerak *rapid* ke posisi awal

3. Pemakanan *Spiral/Heliks* Melingkar

- Menggunakan kombinasi G3/G2 (interpolasi melingkar)
- Dengan *radius* pemakanan (R) 17.35 mm, secara bertahap menurun pada sumbu Z hingga kedalaman -4 mm.

4. Lingkaran luar (*Circle Profile* di X19.85 Y0)

- Dengan G3 X-19.85 R19.85 → artinya membuat lingkaran penuh (360°)

5. Setelah Profil Tengah

Dilanjutkan dengan pemakanan kontur yang lebih kompleks pada bagian yang dimulai di:

G-code

N280 T225 M6

N282 G0 G90 G54 X-55.97 Y50.789

Ini merupakan profil bentuk geometris kompleks (mungkin *contour 3D* atau interpolasi luar), menggunakan radius besar seperti R62.35, R23.35.

PEMBUATAN *DRILL* Ø8 mm

1. Pemanggilan *Tool Drill*

G-code

N250 T90 M6; *Drill* Ø8 mm

N252 G0 G90 G54 X-18.821 Y12.957 S1432 M3

2. Siklus Bor Menggunakan G82 (*Drilling* dengan *Dwell*):

G-code

N256 G99 G82 Z-8. R25. P1. F171.8

- Z-8: kedalaman bor 8 mm
- R25: posisi awal sebelum turun
- P1: *dwell time* 1 detik di dasar
- F171.8: kecepatan makan

3. Posisi Titik-Titik Bor:

G-code

N258 X-4.146 Y22.471

N260 X12.957 Y18.821

N270 X-22.471 Y-4.146

Total 7 titik bor membentuk bentuk simetris atau lingkaran.

Penutup Program

G-code

N650 G28 X0. Y0.

N652 M30; *End of program*

Kesimpulan Fungsi Program

- ✚ *Flat Endmill* Ø16 mm (T225):

Digunakan untuk *pocketing* dan *contour* bentuk diameter tengah dan bagian luar yang kompleks.

- ✚ *Drill* Ø8 mm (T90):

Digunakan untuk membuat lubang pada posisi-posisi tertentu dengan kedalaman -8 mm.

- ✚ Pemakanan dilakukan bertahap tiap 1 mm (Z-1 sampai Z-10) untuk menghindari beban berlebih pada alat.

- ✚ G2/G3 digunakan untuk *interpolasi* lingkaran dan kontur profil, memastikan hasil presisi.

2. Pembuatan *Pocket* diameter Ø39mm dan *Pocket* mata gigi bagian tengah menggunakan pahat *Endmill* Ø6mm.

POCKET DIAMETER 39MM

Inisialisasi sistem & setting tool:

G21 → satuan mm

G17 G40 G49 G80 G90 → *reset* kondisi mode

Tool T225 dipanggil dengan kecepatan *spindle* S1790

Pocketing Spiral/Radial:

Pocket dipotong secara spiral dalam beberapa level kedalaman, dari $Z = -1$ mm hingga $Z = -4$ mm (*incremental* -1 mm tiap lapisan).

Feedrate pemotongan: F537, dan *feed* turun: F268

PEMBUATAN GIGI DENGAN *ENDMILL* 6MM

Proses utama:

Pemanggilan *Tool* T215:

Menggunakan *spindle speed* S1790, tool diposisikan ke titik awal pembuatan gigi.

Pola Jalur Gigi:

Pola pemotongan kompleks menggunakan kombinasi G2 (*arc CW*) dan G3 (*arc CCW*) dengan radius kecil dan besar.

Jalur mengikuti pola melingkar yang menyerupai *spline*, banyak mengulang antara arah dalam dan luar.

Material Kuningan, material yang umum dipakai karena tahan korosi.

Tool:

T225: Ø16 mm *flat endmill*

T90: Ø8 mm *drill*

T215: Ø6 mm *flat endmill*

Cycle digunakan:

G1: *Linear cut*

G2/G3: *Arc CW/CCW*

G82: *Drilling cycle (bor dengan dwell time)*

G0: *Rapid positioning*

G28: *Return to machine zero*

Kesimpulan

File NC ini terdiri dari dua bagian:

- ✚ Membuat *pocket* berbentuk lingkaran dengan diameter 39 mm
- ✚ Membentuk
- ✚ gigi secara bertahap menggunakan pahat lebih kecil (6 mm) untuk akurasi detail.

3. **G-code Finishing bagian gigi tengah menggunakan pahat Endmill Ø3mm dan Contour bagian terluar benda kerja.**

Kode Fungsi

% Penanda awal dan akhir program *CNC*.

Kode Fungsi

- O0000 Nomor program utama. Bisa diganti sesuai kebutuhan.
- G21 Satuan *metrik* (mm).
- G0 Pergerakan cepat (*rapid positioning*).
- G17 Seleksi bidang kerja XY.
- G40 *Cancel cutter radius compensation*.
- G49 *Cancel tool length offset*.
- G80 *Cancel canned drilling cycle*.
- G90 Sistem pemrograman absolut (bukan *incremental*).
- T1 Tool nomor 1 dipilih.
- M6 Perintah pergantian *tool*.
- G54 Sistem koordinat kerja pertama (*Work Offset*).
- G43 Aktifkan kompensasi panjang pahat (*tool length offset*).
- H1 Gunakan *offset* panjang pahat nomor 1.
- S11000 *Spindle speed* (putaran *spindle*) 11.000 RPM.
- M3 *Spindle* berputar searah jarum jam (*clockwise*).
- Z50. Pindah ke posisi Z = 50 mm (biasanya posisi *safe height*).
- M8 Pendingin (*coolant*) ON.
- (*FINISHING DENGAN ENDMILL3MM*) → Menjelaskan proses finishing menggunakan pahat *endmill* diameter 3mm.
 - (*MCX FILE - ...*) → Lokasi *file* desain di *Mastercam*.
4. Pembuatan *Contour* dengan kedalaman 8mm dengan lebar ke dalam 0.35mm menggunakan pahat *Endmill* Ø16mm.

PEMBUATAN *COUNTUR* LUAR (16mm *Endmill*)

Membentuk kontur luar dengan *interpolasi* melingkar:

Z-step turun secara bertahap dari Z-1 hingga Z-10.

Gerakan G2/G3 digunakan untuk membuat bentuk profil luar (lingkaran dan busur *radius* besar/*simetris*).

Kontur bertingkat dibuat di *koordinat*:

X±19.85, Y0 → *Kontur* bulat besar

X±16.358, Y±17.35 → *Kontur* dalam

Mengerjakan *kontur* luar berbentuk kompleks, kedalaman (Z-1 sampai Z-10):

- *Profil spiral* atau *poligon* dibentuk menggunakan kombinasi G1, G2, G3.
- *Koordinat* mencerminkan bentuk *gear-like* atau *simetris radial*, seperti:

X-55.97 Y50.789

X-42.114 Y42.789

G2 & G3 dengan R62.35, R16, dll

Pada blok akhir:

Menggunakan **G2** *spiral motion* untuk merapikan kontur terakhir:

G2 dengan R62, R23, dan R62.001

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian “Desain dan *Element Part Drive Centralizer* Menggunakan Mesin *CNC (Computer Numerical Control) Milling 3 Axis*” yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Gambar *sketsa Part drive centralizer* berhasil dibuat menggunakan *software CAD/CAM*, sesuai dengan ukuran aktual dari pengukuran manual dan sketsa kerja, sehingga menghasilkan model *3D* yang akurat sebagai acuan pemrograman *CNC*.
2. Program *CNC* untuk pembuatan part drive *centralizer* berhasil dibuat menggunakan *software CAD/CAM*. Proses simulasi berjalan dengan baik, menunjukkan jalur pahat sesuai kebutuhan tanpa terjadi tabrakan pahat.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Untuk industri pertambangan dan bengkel *CNC*, disarankan untuk memanfaatkan pemrograman *CNC* pada pembuatan *part drive centralizer* agar dapat menghemat biaya dan waktu produksi dibandingkan mengimpor *part* dari luar negeri.
2. Mahasiswa dapat menggunakan skripsi ini sebagai referensi untuk mempelajari desain dan pemrograman *CNC*, khususnya pada pembuatan *part* dengan *geometri* kompleks seperti *drive centralizer*, agar dapat meningkatkan keterampilan di bidang pemesinan presisi.
3. Untuk penelitian lanjutan, disarankan untuk melakukan pengujian kekuatan dan ketahanan *part drive centralizer* hasil pemesinan *CNC* saat digunakan di lapangan agar dapat diketahui umur pakai dan kinerja *part*.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi material dan parameter pemesinan untuk mendapatkan parameter optimal dalam meningkatkan efisiensi waktu pemesinan dan ketahanan pahat.

5. Disarankan melakukan integrasi dengan *software* simulasi *CAM* yang lebih advance untuk mengurangi trial error saat penginputan program ke mesin *CNC*, serta meminimalisir potensi kesalahan dalam produksi massal.
6. Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan *CMM* dan alat scan untuk lebih menemukan ukuran yang pas dan lebih akurat tentunya.

REFERENSI

- [1] Choirony, I. V., Hariyanto, M. S., Ulum, M., Ubaidillah, A., Haryanto, H., & Alfita, R. (2021). Rancang Bangun Acrylic Engraver and Cutting Machine Menggunakan CNC Milling 3 Axis Berbasis Mikrokontroler. *Elektrika*, 13(1), 13-21.
- [2] Masalik, M. N. A., & Susandi, D. (2022). Proses Pembuatan Bhusing Inner Free Cutting Dengan Menggunakan Mesin Bubut CNC DMC dan Mesin Bubut Milling. *Prosiding SENIATI*, 6(2), 391-398.
- [3] Novansyah, F., & Abizar, H. (2023). Analisis Pemrograman Cnc Milling Pada Pembuatan Disc Brake Menggunakan Cad Cam. *Kurvatek*, 8(1), 73-80.
- [4] 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.