

ANALISIS PEMROGRAMAN CNC MILLING PADA PEMBUATAN DISC BRAKE MENGGUNAKAN CAD CAM

ANALYSIS OF CNC MILLING PROGRAMMING FOR DISC BRAKE PRODUCTION USING CAD CAM

Fauzan Novansyah^{1*}, Haris Abizar²

¹Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Raya Palka No.Km 3, Panancangan, Kec. Cipocok Jaya, Kabupaten Serang, Banten, Indonesia

*Email corresponding: 2284200008@untirta.ac.id

² Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Email: harisabizar@untirta.ac.id

Cara sitasi: F. Novansyah and H. Abizar "Analysis of cnc milling programming for disc brake production using cad cam," *Kurvatek*, vol. 7, no. 2, pp. 73-80, 2022. doi: 10.33579/krvtk.v8i1.4022 [Online].

Abstrak — Seiring dengan pesatnya perkembangan dunia otomotif saat ini menyebabkan semakin banyak pula pengguna kendaraan. salah satu dari komponen pada kendaraan yang sangat krusial yaitu disc brake. Tujuan penelitian adalah untuk menghasilkan sebuah NC file, parameter pemesinan dan estimasi waktu pengerjaan pada proses pembuatan discbrake menggunakan mesin CNC. Penelitian ini menggunakan metode metode penelitian desain dan pengembangan (design development research) yang dimana metode ini bertujuan untuk mengembangkan suatu perangkat instrumen untuk menciptakan sebuah produk dan alat. Hasil menunjukkan berdasarkan keseluruhan proses CAM maka didapatkan sebuah estimasi waktu untuk pembuatan disc brake yaitu selama 44 menit 37,97 detik. Kemudian dari proses CAM tersebut juga menghasilkan sebuah NC file atau file kode. Setelah NC file sudah dilakukan penyesuaian dan estimasi waktu pengerjaanpun sudah optimal maka program dapat diserahkan kepada operator untuk dilakukan proses pemesinan.

Kata kunci: CAD CAM, CNC Milling, Disc brake

Abstract — As the automotive industry rapidly develops, there is an increase in the number of vehicle users. One of the crucial components of a vehicle is the disc brake. The purpose of this study is to produce an NC file, machining parameters, and estimation of the production time in the process of manufacturing disc brakes using CNC machines. This study uses the design and development research method, which aims to develop an instrument to create a product and tool. The results show that based on the overall CAM process, an estimated time of 44 minutes 37.97 seconds is required for the production of a disc brake. The CAM process also produces an NC file or code file. Once the NC file has been adjusted and the estimated production time has been optimized, the program can be handed over to the operator for the machining process.

Keywords: CAD CAM, CNC Milling, Disc brake

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dan kemajuan teknologi saat ini tidak dipungkiri sudah begitu pesat yang dimana hal ini memaksa penggunaan teknologi untuk bisa mengoptimalkan proses produksi yang cepat. Selain itu, proses produksi tersebut juga dijalankan secara otomatis hal ini supaya laju produksi menjadi semakin efisien dan menimbulkan produktifitas yang tinggi. Seiring dengan itu tentunya perlu adanya sumber daya manusia yang bisa membuat sebuah alat sekaligus pemrogramannya untuk proses produksinya [1].

Salah satu alat untuk menunjang proses produksi adalah mesin CNC (Computer Numerical Control). Dengan menggunakan kontrol secara numerik pada mesin-mesin perkakas, hal ini tentu memerlukan computer sebagai pengendali atau pemrogramannya [2]. Mesin CNC ini berfungsi untuk melakukan pemesinan berupa pemotongan logam maupun pembentukan material yang dimana prosesnya dilakukan secara otomatis dan tentunya pada tahap sebelumnya sudah dibuat programnya terlebih dahulu. Adapun aspek pendukung untuk melakukan proses produksi menggunakan mesin tersebut adalah sebuah software yang berkenaan dengan Computer Aided Design dan Computer Aided Manufacturing.

Secara singkat proses pembuatan program CNC menggunakan CAD CAM dimulai dengan membuat desain produk yang ingin dibuat menggunakan bantuan software CAD yang dimana pada penelitian ini digunakan sebuah software CAD bernama Autodesk Inventor. Software ini merupakan salah satu software yang menggunakan konsep parametric design, yaitu sebuah metode pemodelan 3D pada sistem CAD dengan menggunakan parameter sebagai acuan desain seperti bentuk, dimensi, constrain dan lainnya [3].

Setelah dilakukan proses desain menggunakan software CAD setelah itu dilakukan proses simulasi menggunakan Software berbasis CAM yang dimana pada penelitian ini digunakan software bernama Mastercam X5. Software ini mempunyai fitur untuk membuat program CNC sekaligus menampilkan simulasi proses pemesinannya [4]. Output dari software ini akan menghasilkan sebuah file kode atau biasa disebut dengan NC program yang dimana NC program ini berisi rangkaian alfanumerik atau G code untuk mengoperasikan mesin CNC [5].

Proses produksi pada dasarnya bisa dilakukan dengan tidak menggunakan bantuan CAD CAM, namun hal ini tentu akan berpengaruh terhadap hasil benda kerjanya. Menurut penelitian, terdapat pengaruh dari proses produksi yang dilakukan dengan dan tanpa bantuan CAD CAM [6] Berdasarkan penelitian tersebut bahwa terdapat perbedaan terhadap kepresisian dan tingkat kekasaran hasil produksi, yang dimana proses produksi yang menggunakan bantuan CAD CAM lebih baik. Secara statistik penggunaan CAD CAM pada proses CNC berpengaruh sangat signifikan dalam tingkat kepresisian benda, namun tidak terlalu signifikan dalam tingkat kekasaran benda.

Berdasarkan latar belakang masalah yang didapat, maka perlu adanya penelitian mengenai analisis pemrograman CNC milling pada pembuatan disc brake menggunakan CAD CAM. Seiring dengan pesatnya perkembangan dunia otomotif saat ini dan disertai dengan berbagai inovasi terbaru, yang dimana semakin banyak pula pengguna kendaraan pada saat ini [7]. Adapun salah satu dari komponen pada kendaraan yang sangat krusial yaitu salah satunya disc brake atau piringan rem. Bagian ini tentu sangat penting pada sebuah kendaraan. Maka dari itu perlu adanya inovasi-inovasi untuk pengoptimalan fungsi dan harga jual dari disc brake tersebut.

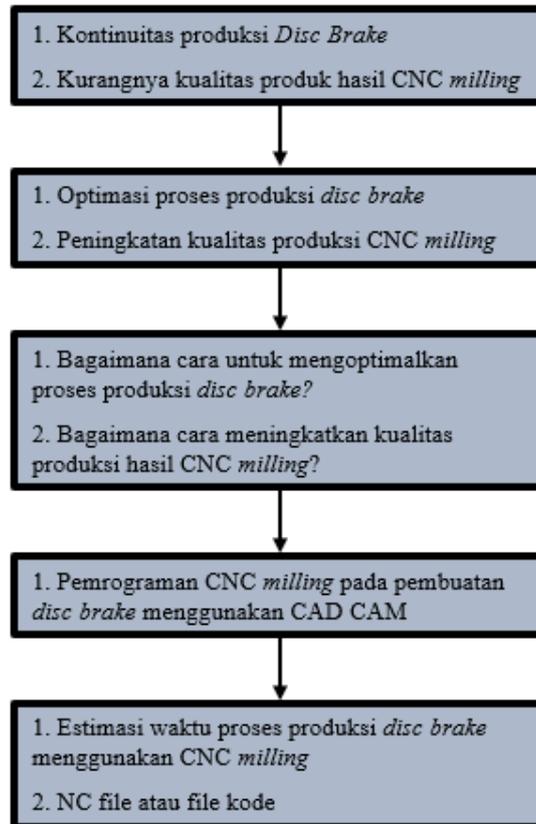
Pembuatan disc brake ini lebih efisien dan efektif apabila diproses dengan CNC milling [8]. dengan proses ini, produksi menjadi lebih cepat dikarenakan prosesnya dilakukan secara otomatis sehingga minim terjadinya kesalahan dan kegagalan, mengingat desain disc brake yang terdapat banyak lubang yang dimana akan sangat efektif jika diproses menggunakan CNC milling [9]. Kemudian pembuatan discbrake menggunakan proses milling ini juga perlu adanya bantuan CAD CAM untuk memprogram mesinnya. Dengan bantuan CAD CAM ini maka hasil produk akan lebih presisi dan memiliki tingkat kekasaran yang rendah yang dimana hal itu sangat dibutuhkan pada disc brake.

Selain kualitas, kuantitas produksi discbrake juga harus ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan pasar. Proses pemesinan dengan mesin CNC milling adalah salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memproduksinya. Oleh karena itu, Penelitian ini bertujuan menunjukkan analisis pemrograman CNC milling menggunakan CAD CAM untuk menghasilkan sebuah NC file atau file kode yang dapat digunakan untuk pembuatan disc brake pada mesin CNC. Kemudian dari proses tersebut juga akan didapatkan sebuah parameter pemesinan dan estimasi waktu pengerjaan pada proses pembuatan discbrake menggunakan mesin CNC.

II. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian berupa analisis pemrograman maka penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan dengan metode penelitian desain dan pengembangan (design development research) yang dimana metode ini bertujuan untuk mengembangkan suatu perangkat instrumen untuk menciptakan sebuah produk dan alat [10]. Metode ini secara umum digunakan untuk sebuah studi mengenai perancangan, pengembangan dan evaluasi yang dijabarkan secara sistematis dan dengan kaidah tertentu. Pada penelitian ini instrumen yang dikembangkan berupa sebuah software berbasis CAD CAM yaitu Autodesk Inventor 2016 dan Mastercam X5 yang akan digunakan untuk membuat sebuah produk berupa program CNC atau NC file yang digunakan pada mesin CNC milling untuk pembuatan discbrake.

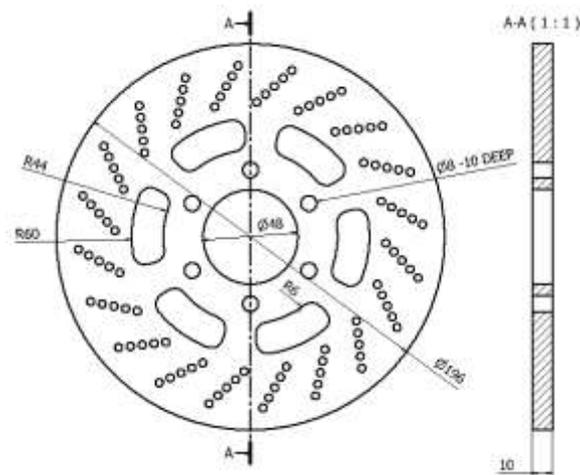
Objek penelitian ini untuk material bahan yang digunakan adalah aluminium dan material pahat dengan menggunakan jenis HSS (high speed steel) yang dapat diatur pada software Mastercam X5. Adapun teknik pengambilan data yang digunakan adalah teknik observasi dimana peneliti melakukan pengamatan secara langsung terhadap objek penelitian [11]. Teknik ini dilakukan untuk menentukan desain disc brake yang akan digunakan pada penelitian ini. Berikut adalah bagan alir untuk menggambarkan secara umum mengenai proses penelitian ini berdasarkan permasalahan awal, ide penelitian, rumusan masalah, solusi, dan output.



Gambar 1. Alur penelitian

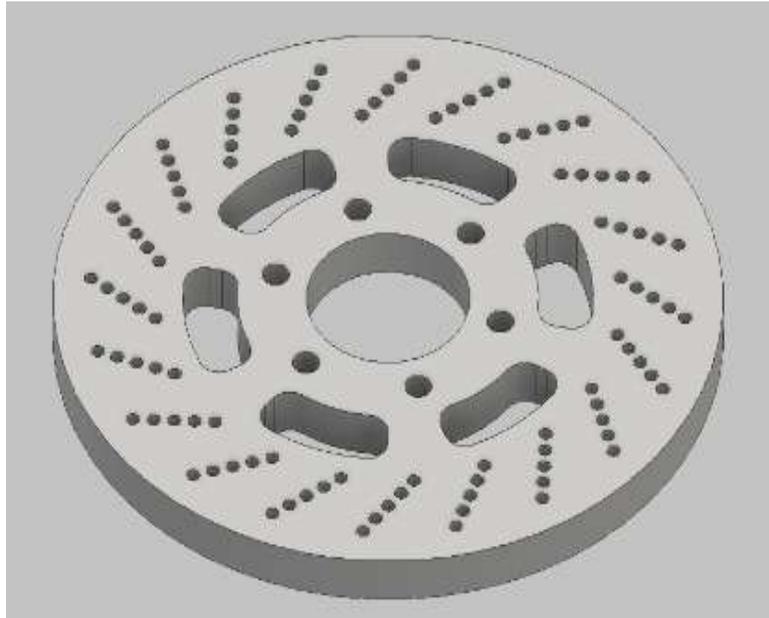
III. HASIL DAN DISKUSI

Sebelum memulai proses pemrograman, terlebih dahulu menentukan desain produk yang akan digunakan. Desain produk tersebut akan dijadikan sebagai acuan hingga proses pemrograman CNC milling selesai. Pada penelitian ini digunakan desain *disc brake* yang cukup banyak digunakan oleh kendaraan roda 2 pada umumnya. Berikut ini adalah detail ukuran dari desain *disc brake* yang akan digunakan.



Gambar 2. Desain 2D *disc brake*

Setelah menentukan desain *disc brake* yang ingin digunakan, maka tahap selanjutnya adalah melakukan tahap pemodelan 3D dengan software CAD pada hal ini digunakannya software autodesk inventor 2016 yang dimana nantinya akan dijadikan sebagai acuan pada saat dilakukannya proses selanjutnya yaitu proses CAM.



Gambar 3. Desain 3D *disc brake*

Pada proses pembuatan desain 3D ini hanya digunakan sedikit fitur yang telah disediakan oleh autodesk inventor karena desain yang digunakan cenderung simpel, akan tetapi cukup rumit saat pembuatan *sketch* 2D karena terdapat banyak lubang dan lengkungan. Kemudian setelah desain 3D sudah selesai dibuat, maka tahap selanjutnya adalah menyimpan file desain tersebut dengan format .SAT hal ini dikarenakan agar hasil desain dari software inventor dapat diintegrasikan ke software Mastercam X5. Lalu tahap selanjutnya cukup membuka file desain tersebut pada software Mastercam X5.

Sebelum dilakukannya proses pemrograman pada software Mastercam X5, maka terlebih dahulu mengatur material pahat dan material bahan yang akan digunakan. Pemilihan material ini sangat penting untuk dilakukan karena agar kondisi pada simulasi dengan kenyataan pada mesin serupa atau sama. Dengan begitu prediksi waktu pengerjaan pada proses CAM dan waktu pengerjaan pada kondisi aslinya serupa. Pada proses ini digunakan material pahat jenis HSS (*High Speed Steel*) hal ini dikarenakan proses produksi menggunakan pahat HSS cenderung lebih terjangkau dibandingkan menggunakan jenis pahat karbida atau lainnya [12].

Kemudian pada penelitian ini digunakan material bahan dengan jenis alumunium. Hal ini dikarenakan penggunaan alumunium pada *disc brake* kendaraan roda 2 lebih baik untuk digunakan. Dapat diketahui bahwa alumunium mempunyai sifat yang cepat untuk mengurai panas dan tahan aus, selain itu juga untuk proses produksinya cenderung mudah dan terjangkau [13]. Untuk bahan yang digunakan yaitu alumunium berbentuk silinder dengan diameter 200 mm dan tinggi 10,5.

Setelah menentukan material-material yang akan digunakan, maka tahap selanjutnya adalah menentukan parameter pemotongan yang akan digunakan. Dapat diketahui terdapat beberapa parameter pemotongan pada mesin CNC, yaitu diantaranya adalah *cutting speed*, *feed rate*, *spindle speed*, *feed per tooth* dan lain sebagainya. Pada software Mastercam X5 dalam menentukan parameter pemotongan cukup memasukkan besar *cutting speed* atau kecepatan potong yang ingin digunakan saja, maka setelah itu parameter yang lainnya otomatis akan berubah sesuai besaran kecepatan potongnya yang dimana tetap mengacu pada standar rumus yang sudah ditetapkan.

Tabel 1. Kecepatan potong pahat

Bahan	Material pahat HSS		Material pahat karbida	
	m/menit	Ft/min	M/menit	Ft/min
Baja Lunak	18 – 21	60 – 70	30 – 250	100 – 800
Besi Tuang	14 – 17	45 – 55	45 – 150	150 - 500
Tembaga	45 – 90	150 – 300	150 – 450	500 – 1500
Alumunium	90 – 150	300 – 500	90 – 180	200 - 600

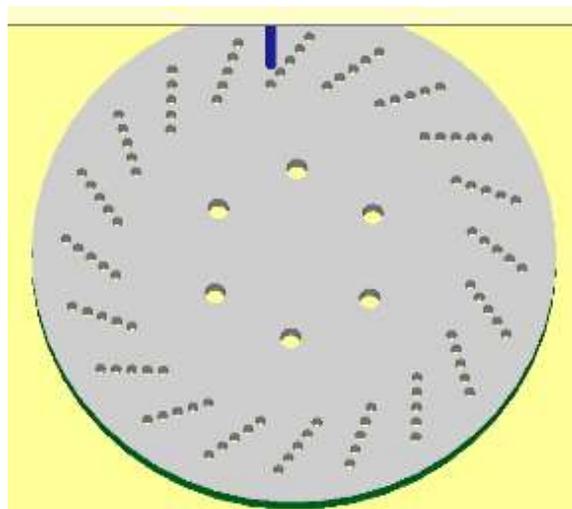
Dalam menentukan kecepatan potong pada mesin CNC *milling* terdapat 3 cara yang dapat dilakukan yaitu berdasarkan rumus, tabel dan pengalaman operator mesin tersebut. adapun berdasarkan literatur yang didapatkan, berikut adalah tabel kecepatan potong berdasarkan material pahat dan material bahan yang digunakan [14].

Setelah menentukan parameter pemotongan, selanjutnya adalah menentukan diameter dan jenis pahat apa saja yang akan digunakan untuk prose pembuatan *disc brake*. Hal ini bisa disesuaikan berdasarkan ketersediaan ukuran pahat yang ada pada workshop atau ketersediaan ukuran pahat di pasaran. Karena dapat diketahui bahwa terdapat beberapa ukuran pahat yang jarang ditemukan di pasaran maka dari itu seorang programmer CNC hendaknya berkordinasi terlebih dahulu dengan operator CNC terkait ukuran pahat yang dapat digunakan. Adapun pada penelitian ini, akan digunakan jenis pahat, diameter pahat, dan parameter pemotongan sebagai berikut.

Tabel 2. Parameter Pemotongan

Jenis pahat	Diameter pahat (mm)	Cutting speed (m/menit)	Feed Rate (mm/menit)	Spindle speed (rpm)
Twist Drill	4	40	190,98	3183
Twist Drill	8	40	190,92	1591
Twist Drill	12	40	127,32	1061
Center Drill	5	20	152,76	1273
Flat Endmill	10	150	954,8	4774
Face Mill	50	150	381,6	954

Tahap awal dalam membuat program CNC adalah proses *facing*, hal ini penting karena untuk memastikan permukaan bahan dalam keadaan rata [15]. Setelah dilakukan proses *facing* maka selanjutnya adalah proses *drill*, proses *drill* ini dilakukan untuk membuat lubang pada benda yang berukuran 4 mm dan 6 mm. *Drill* adalah sebuah proses untuk pembuatan lubang pada benda sehingga pembuatan drill ini sebaiknya dilakukan setelah proses *facing*, dikarenakan proses *facing* dan *drill* ini menggunakan cekam yang sama sehingga dapat memudahkan operator dalam mengoprasikannya [16]. Selanjutnya, dikarenakan lubang yang akan dibuat cukup banyak, maka pada menu *cut parameter*, bagian *retract* diatur menjadi 10. Hal ini dilakukan untuk mengefisiensi waktu pengerjaan, Kemudian dilakukan simulasi menggunakan fitur *verify* pada Mastercam X5.

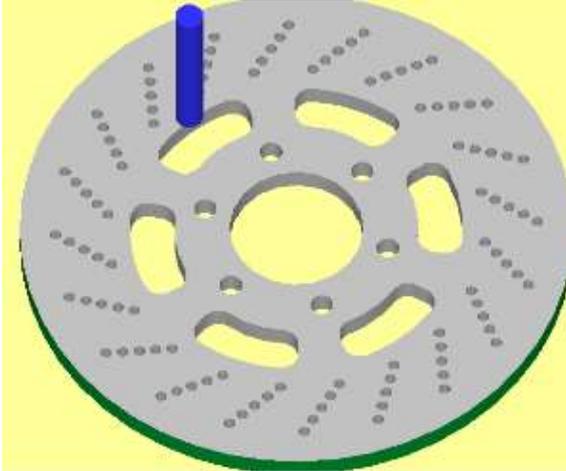


Gambar 4. Hasil *verify* Proses *Facing* dan *Drill*

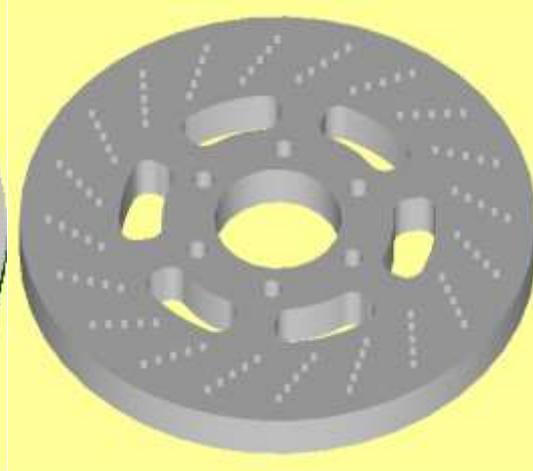
Setelah tahap awal sudah sesuai, maka tahap selanjutnya adalah melakukan *drill* kembali dengan ukuran 12 mm pada bagian tengah benda yang dimana akan dilakukan proses *pocket*. *Pocket* adalah proses pemakanan bagian dalam benda maka dari itu, proses *drill* dengan ukuran 12 ini dilakukan agar pahat *flat*

endmill yang berukuran 10 mm mendapatkan ruang untuk masuk kedalam benda yang akan dilakukan proses *pocket* [17].

Kemudian dikarenakan pahat *drill* yang akan digunakan berukuran 12 mm, maka harus dilakukan *center drill* terlebih dahulu. Hal ini dilakukan agar pahat *drill* bisa masuk dengan presisi sekaligus memudahkan proses pemakanannya. Selain itu, tahap ini dilakukan agar pahat tidak cepat mengalami keausan maka kaidah ini harus selalu diterapkan dalam setiap proses pembuatan *pocket* dan *drill* dengan diameter yang besar. Kemudian tahap selanjutnya adalah dilakukan simulasi ulang dari tahap awal hingga tahap *Pocket*.



Gambar 5. Hasil *verify* proses awal hingga *pocket*



Gambar 6. Hasil *verify* semua proses

Setelah semua proses sudah sesuai, maka selanjutnya adalah proses *Contour*. Karena proses *contour* adalah proses pemakanan bagian luar benda, maka cekam yang digunakan perlu diganti dengan cekam jenis *rotary table* yang dapat digunakan untuk proses pemakanan luar [18]. Proses *contour* ini dilakukan selain untuk mendapatkan ukuran *disc brake* yang diinginkan, proses ini juga dilakukan untuk menghaluskan atau meratakan bagian luar benda. Kemudian setelah itu, kembali dilakukan simulasi ulang untuk memastikan semuanya sudah sesuai dengan gambar 3D yang dijadikan sebagai acuan.

Setelah semua proses sudah dilakukan, maka tahap yang paling akhir yang dimana output dari proses CAM ini yaitu mengunggah NC file dari semua program yang telah dibuat. Adapun cara untuk mendapatkan file kode atau NC file pada Mastercam X5 yaitu dengan menggunakan menu *post* pada jendela *operation manager*. Kemudian simpan file tersebut dengan format .NC.

```

O0000 (DISC BRAKE FINX)
(DATE=00-00-YY - 17-11-22 TIME=HH:MM - 17:18)
(MCX FILE - D:\2. DOCUMENT\MATA KULIAH\SEMESTER 5\PI\DISC BRAKE FINX.MCX-S)
(MC FILE - D:\2. DOCUMENT\MATA KULIAH\SEMESTER 5\PI\DISC BRAKE FINX.NC)
(MATERIAL - ALUMINIUM MM - 2024)
( T270 | 50 FACE MILL | H270 )
( T219 | 10. FLAT ENDMILL | H219 | D219 | CONTROL CONF | TOOL DIA. = 10. )
( T50 | 4. DRILL | H50 )
( T90 | 8. DRILL | H90 )
N100 G21
N102 GO G17 G40 G49 G80 G90
N104 T270 M6
N106 GO G90 G54 X-107.343 Y97.990 A0. S1273 M3
N108 G43 H270 Z25.
N110 Z10.
N112 G1 Z0. F152.6
N114 X107.343 F509.2
N116 GO Z25.
N118 X-135.071 Y65.332
N120 Z10.
N122 G1 Z0. F152.6
N124 X-135.071 F509.2
N126 GO Z25.
N128 X-148.762 Y32.666
N130 Z10.
N132 G1 Z0. F152.6

```

Gambar 7. Tampilan hasil menu *Post*

File kode atau NC File tersebut bisa dilakukan pengeditan atau perubahan. Biasanya dilakukan penyesuaian pada bagian kepala program untuk disesuaikan dengan merek mesin CNC yang digunakan. Selain NC file, Mastercam X5 juga dapat menampilkan berapa lama estimasi waktu proses pembuatan *disc brake* ini yang berdasarkan pada parameter pemotongan, material pahat, material bahan dan parameter-parameter lainnya yang telah ditentukan. Untuk mengetahui estimasi waktu tersebut maka dapat digunakan menu *backplot* pada Mastercam X5, kemudian pada jendela *backplot* pilih menu info untuk menampilkan estimasi waktu dari semua proses. Selain itu, menu *backplot* ini juga dapat menampilkan estimasi waktu dari setiap prosesnya.



Gambar 8. Tampilan menu info *backplot*

Estimasi waktu tersebut tentu masih dapat dioptimalkan kembali untuk mendapatkan estimasi waktu yang lebih singkat lagi. Dengan mengatur kembali parameter-parameter pemotongan yang lebih efektif dan efisien. Selain itu, dengan mengetahui estimasi waktu untuk membuat sebuah produk maka seorang pengusaha juga bisa memprediksi harga jual produk tersebut. Saat NC file sudah dilakukan penyesuaian dan estimasi waktu pengerjaanpun sudah optimal maka analisis pemrograman CNC menggunakan CAD CAM ini sudah selesai dilakukan. Selanjutnya yaitu menyerahkan NC file tersebut ke operator untuk dilakukan proses pemesinannya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan tahapan-tahapan dari analisis pemrograman CNC milling pada pembuatan disc brake menggunakan CAD CAM ini maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Tahapan awal dari proses pemrograman CNC adalah dengan menentukan serta membuat model 3D terlebih dahulu untuk dijadikan acuan pada saat proses CAM.
2. Pada proses CAM, menu yang digunakan pada software Mastercam X5 untuk membuat *disc brake* ini secara umum menggunakan menu atau fitur yaitu facing, drill, pocket, dan contour.
3. Estimasi waktu pengerjaan dalam pembuatan *disc brake* berdasarkan hasil simulasi proses CAM yaitu selama 44 menit 37,97 detik. Estimasi waktu ini kemudian dapat dilakukan pengoptimalan kembali dengan mengatur kembali parameter-parameter pemotongan agar didapatkan estimasi waktu yang lebih efisien dan efektif.
4. Hasil simulasi CAM menghasilkan sebuah NC file atau file kode yang masih harus dilakukan penyesuaian pada bagian kepala programnya agar kode dapat sinkron dengan mesin yang akan digunakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak terkait yang sudah membantu dalam pembuatan penelitian ini.

1. Dosen pembimbing yang telah membimbing dalam penulisan artikel ini

2. Teman-teman Untirta PVTM 2020 Orang tua yang senantiasa memberikan semangat

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Simarmata, Janner, et al. *Pengantar Teknologi Informasi*. Yayasan Kita Menulis, 2021.
- [2] A. S. Putra and C. Tanato, "Rancangan CNC plotter untuk menulis dan menggambar," *Journal Information System Development (Isd)*, 2021, 6.2: 42-47.
- [3] R. Suhartono, A. Efendi, and F. Faturohman, "Desain mesin pemerah susu sapi portable model bodypack," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 2019, 6.2: 123-128.
- [4] Priadi, Arif Dwi, et al. *Perancangan dan pembuatan pola ukiran kayu menggunakan program Mastercam X5 (Studi Kasus: Seni Ukir Flora)*. 2019. PhD Thesis. Fakultas Teknik Unpas.
- [5] W. A. Wijaya, *Pembuatan Model Lilin Suvenir Logo Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia*, 2021.
- [6] R. E. Saputro, I. Yaningsih, and H. Sukanto, "Studi Implementasi Cad/Cam pada proses milling CNC terhadap kekasaran permukaan dan tingkat kepresisian aluminium 6061," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 2016, 11.1: 36-40.
- [7] A. B. Setiawan, "Revolusi bisnis berbasis platform sebagai penggerak ekonomi digital di Indonesia," *Masyarakat Telematika Dan Informasi: Jurnal Penelitian Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, vol. 9, No. 1, pp. 61, 2018.
- [8] Y. K. Lele, *Analisis total efektifitas mesin Cnc Homag Baz 41/K Optimat Pada PT. Sarana Interindo Mandiri*, 2012.
- [9] I. Ilham, *Analisa Kualitas Kampas Rem Cakram Antara Original dengan Yang Bukan Original Pada Mobil*. 2021. PhD Thesis. Universitas Hasanuddin.
- [10] R. C. Richey and J. D. Klein, *Design And Development Research: Methods, Strategies, And Issues*. Routledge, 2014.
- [11] H. Hasanah, "Teknik-teknik observasi (sebuah alternatif metode pengumpulan data kualitatif ilmu-ilmu sosial). *At-Taqaddum*, vol. 8, no. 1, pp. 21-46, 2017.
- [12] S. Lubis, et al., "Study perbandingan biaya pemesinan pada proses drilling menggunakan pahat hss dan karbida," In: *Seminar Nasional Teknik (Semnastek) Uisu*, pp. 16-22, 2022.
- [13] Y. A. Nuhgraha, "Pengembangan proses pemilihan material optimal untuk perancangan rem cakram otomotif," *Jurnal Tedc*, vol. 9, no. 3, pp. 160-166, 2019.
- [14] R. Hilman, *Pengaruh Temperatur Pahat Hss Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Baja St 41 Pada Proses Pembubutan*. PhD Thesis. Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara, 2022.
- [15] M. Aris and M. Tantowi, *Efektifitas Kinerja Mesin Cnc 5 Axis Portable Karya Mahasiswa Terhadap Mesin Milling Konvensional*, PhD Thesis. Universitas Pancasakti, 2020.
- [16] N. Syahrizal, *Perancangan mesin automatic horizontal drill pada proses assembly top board grand piano di PT. Yamaha Indonesia*, 2021.
- [17] M. S. Wafa, R. A. Anugraha, and A. Kusnat, "Perancangan kombinasi parameter pemesinan corner-milling untuk mendapatkan surface roughness optimal pada thin wall component dengan menggunakan Metode Taguchi," *Eproceedings Of Engineering*, 2021, 8.5.
- [18] D. H. Sulistyarini, O. Novareza, and Z. Darmawan, *Pengantar Proses Manufaktur Untuk Teknik Industri*, Universitas Brawijaya Press, 2018.



©2023. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).