

Analisis Variasi Desain Dan Jenis Material Mata Bor Pada Mesin Cnc Router Cutting 3 Axis

^{1*}Phino Salvino, ²Hesti Istiqlaliyah

¹ Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: *¹phinosalvino@gmail.com ²hestiisti@gmail.com

Penulis Korespondens : Phino Salvino

Abstrak—Penelitian ini bertujuan menghasilkan pengaruh variasi desain geometri dan jenis material mata bor terhadap kualitas hasil pemotongan pada mesin CNC Router Cutting 3 Axis. Variasi yang diuji meliputi mata bor HSS dan *cemented carbide* dengan konfigurasi 2 flute dan 3 flute. Metode penelitian menggunakan pendekatan rekayasa eksperimental dengan pengujian langsung pada mesin CNC Router. Parameter evaluasi meliputi kehalusan permukaan, ketepatan dimensi, dan kondisi visual hasil pemotongan. Hasil penelitian diharapkan menunjukkan kombinasi desain dan material mata bor yang mampu menghasilkan kualitas pemotongan yang lebih baik, umur pakai yang lebih tinggi, serta proses pemesinan yang lebih stabil.

Kata Kunci—CNC Router, cemented carbide, geometri mata bor, HSS, kualitas pemotongan

Abstract— This study aims to produce the effect of variations in geometric design and types of drill bit materials on the quality of cutting results on a 3-Axis CNC Router Cutting machine. The variations tested include HSS and cemented carbide drill bits with 2-flute and 3-flute configurations. The research method uses an experimental engineering approach with direct testing on a CNC Router machine. Evaluation parameters include surface smoothness, dimensional accuracy, and visual conditions of the cutting results. The results of the study are expected to show a combination of drill bit designs and materials that are able to produce better cutting quality, higher wear life, and a more stable machining process.

Keywords— CNC Router, cemented carbide, drill bit geometry, HSS, cutting quality

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi manufaktur pada era industri 4.0 mendorong penggunaan mesin *Computer Numerical Control* (CNC) secara luas dalam berbagai sektor industri karena mampu menghasilkan produk dengan tingkat presisi dan produktifitas yang tinggi [1]. Salah satu mesin yang banyak digunakan adalah CNC Router Cutting 3 Axis yang mampu melakukan proses pemotongan berbagai material seperti kayu, MDF, akrilik, plastik, dan logam ringan dengan kualitas yang relatif baik [2]. Dalam praktiknya, kualitas hasil pemotongan pada mesin CNC Router masih menghadapi beberapa permasalahan, seperti kekerasan permukaan yang tinggi, ketidak tepatan dimensi, serta terjadinya pembakaran atau pelelehan material tertentu selama proses pemesinan. Permasalahan tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh parameter pemotongan, tetapi juga dipengaruhi oleh desain geometri dan material alat potong yang digunakan [3].

Geometri mata bor memiliki peranan penting dalam proses pembentukan geram, distribusi gaya potong, serta stabilitas pemotongan. Variasi jumlah *flute*, sudut heliks, dan bentuk ujung

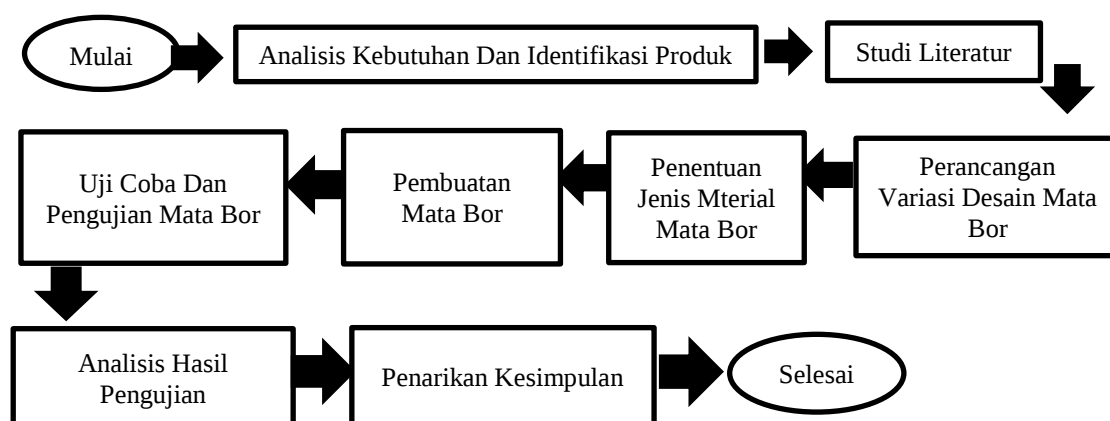
pahat dapat memengaruhi kualitas permukaan hasil pemotongan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa modifikasi geometri alat potong mampu meningkatkan kualitas hasil pemrosesan serta mengurangi gaya potong yang terjadi selama proses pemotongan [4]. Selain geometri, material mata bor juga berpengaruh terhadap performa alat potong. Material seperti *High Speed Steel* (HSS) dan *Cemented Carbide* memiliki karakteristik mekanik yang berbeda, terutama dalam hal kekerasan, ketahanan aus, dan ketahanan terhadap temperatur tinggi. Mata bor berbahan *cemented carbide* diketahui memiliki ketahanan aus yang lebih baik dibandingkan HSS sehingga mampu mempertahankan kualitas pemotongan pada kecepatan tinggi [5].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji pengaruh geometri alat potong terhadap kualitas permukaan hasil pemrosesan serta pengaruh material pahat terhadap umur pakai dan performa pemotongan [4]-[6]. Namun, sebagai besar penelitian tersebut masih membahas kedua faktor tersebut secara terpisah. Penelitian yang mengombinasikan variasi desain geometri dan jenis material mata bor pada mesin *CNC Router Cutting 3 Axis* relatif terbatas [7]. berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi desain dan jenis material mata bor terhadap kualitas hasil pemotongan pada mesin *CNC Router Cutting 3 Axis*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi mengenai kombinasi desain dan material mata bor yang mampu menghasilkan kualitas hasil pemotongan yang lebih baik, sehingga dapat mendukung peningkatan efisiensi dan produktivitas proses manufaktur.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi desain geometri dan jenis material matabor terhadap kualitas hasil pemotongan yang ditinjau dari kekerasan permukaan mata bor terhadap kualitas hasil pemotongan yang ditinjau dari kekerasan permukaan, ketepatan dimensi, dan kondisi visual hasil pemotongan pada mesin *CNC Router Cutting 3 Axis*.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode rekayasa eskperimental (*engineering experimental approach*) yang bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi variasi desain serta material matabor pada mesin *CNC Router Cutting 3 Axis*. Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada proses perancangan, pembuatan, dan pengujian mata bor secara langsung untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas hasil pemotongan [8]. Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis mulai dari analisis kebutuhan, studi literatur, perancangan variasi desain mata bor, penentuan jenis mterial mata bor, pembuatan mata bor, uji coba dan pengujian mata bor, analisis hasil pengujian, penarikan kesimpulan, hingga analisis hasil pengujian [8].



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Variasi mata bor yang dikembangkan terdiri atas kombinasi geometri dan material yang berbeda. Pengembangan difokuskan pada variasi jumlah flute dan jenis material mata bor, yaitu *High Speed Steel* (HSS) dan *Cemented Carbide*. Variasi tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh desain dan material terhadap kualitas hasil pemotongan.

Tabel 1. Variasi Mata Bor Yang Digunakan

Kode	Material	Jumlah Flute	Karakteristik
MB-01	HSS	2 Flute	Heliks Standar
MB-02	HSS	3 Flute	Heliks Sedang
MB-03	Cemented Carbide	2 Flute	Heliks Standar
MB-04	Cemented Carbide	3 Flute	Heliks Sedang

Desain setiap variasi mata bor dibuat berdasarkan prinsip geometri alat potong yang mempertimbangkan sudut potong, sudut heliks, dan jumlah flute agar proses pemotongan berlangsung lebih stabil [9].



Gambar 2. Desain Mata Bor MB-01 (HSS 2 Flute)



Gambar 3. Desain Mata Bor MB-02 (HSS 3 Flute)



Gambar 4. Desain Mata Bor MB-03 (Cemented Carbide 2 Flute)



Gambar 5. Desain Mata Bor MB-04 (Cemented Carbide 3 Flute)

Pengujian dilakukan menggunakan mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* dengan parameter pemotongan yang dijaga konstan untuk seluruh variasi mata bor. instrumen penelitian yang digunakan meliputi mesin CNC *Router Cutting 3 Axis*, mata bor hasil pengembangan, jangka sorong digital, mikrometer, *surface roughness tester*, serta lembar observasi dan dokumentasi [9].



Gambar 6. Mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* Yang Digunakan Dalam Pengujian

Data penelitian diperoleh melalui pengujian pemotongan pada setiap variasi mata bor. Setelah proses pemotongan selesai, dilakukan pengukuran ketepatan dimensi menggunakan jangka sorong digital dan pengukuran kekerasan permukaan menggunakan *surface roughness tester*. Selain itu, observasi visual dilakukan untuk mengatasi kondisi permukaan hasil pemotongan seperti cacat permukaan, robekan permukaan, robekan serat material, dan indikasi pembakaran [9]. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan nilai kekerasan permukaan (Ra), ketepatan dimensi, dan hasil observasi visual

dari setiap variasi mata bor. Variasi yang menghasilkan nilai kekerasan lebih rendah, penyimpangan dimensi lebih kecil, dan kualitas visual yang lebih baik dinyatakan memiliki performa pemotongan yang lebih optimal [8].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Ketepatan Dimensi

Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi desain dan material mata bor terhadap ketepatan dimensi hasil pemotongan pada mesin CNC Router Cutting 3 Axis [10]. Variasi mata bor yang digunakan terdiri dari MB-01 (HSS 2 Flute), MB-02 (HSS 3 Flute), MB-03 (Cemented Carbide 2 Flute), dan MB-04 (Cemented Carbide 3 Flute). Setiap variasi diuji sebanyak tiga kali dengan ukuran desain sebesar 4 mm. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 1

Tabel 1. Hasil Pengukuran Dimensi

Mata Bor	Pengujian 1 (mm)	Pengujian 2 (mm)	Pengujian 3 (mm)	Rata-Rata (mm)	Penyimpangan (mm)
MB-01	3,88	3,91	3,90	3,90	0,10
MB-02	3,93	3,95	3,94	3,94	0,06
MB-03	3,97	3,98	3,97	3,97	0,03
MB-04	3,99	4,00	3,99	3,99	0,01

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh variasi mata bor mampu menghasilkan dimensi yang mendekati ukuran desain. Namun demikian, tingkat ketelitian masing-masing mata bor menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Mata bor MB-04 menghasilkan rata-rata ukuran sebesar 3,99 mm dengan penyimpangan hanya 0,01 mm sehingga memiliki tingkat akurasi terbaik. Sebaliknya, MB-01 menghasilkan penyimpangan terbesar yaitu 0,10 mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan material *Cemented Carbide* dengan konfigurasi 3 flute mampu meningkatkan kestabilan proses pemotongan sehingga menghasilkan dimensi yang lebih presisi dibandingkan mata bor berbahan HSS.

B. Selain Pengamatan Kualitas Permukaan

Selain ketepatan dimensi, kualitas hasil pemotongan juga diamati berdasarkan kondisi visual permukaan benda kerja. Pengamatan dilakukan terhadap tingkat kehalusan permukaan, keberadaan serabut material, dan kestabilan alur pemotongan.

Tabel 2. Hasil Observasi Kualitas Permukaan

Mata Bor	Kondisi Permukaan
MB-01	Permukaan Kasar, Terdapat Serabut Pada Tepi Potongan
MB-02	Permukaan Cukup Halus, Serabut Berkurang
MB-03	Permukaan Halus, Tepi Potongan Rapi
MB-04	Permukaan Sangat Halus, Tepi Potongan Sangat Rapi

Hasil observasi menunjukkan bahwa kualitas permukaan meningkat seiring penggunaan material yang lebih keras dan jumlah flute yang lebih banyak. Mata bor MB-04 menghasilkan permukaan paling halus dengan tepi potong yang rapi serta tidak menunjukkan gejala pembakaran maupun kerusakan material selama proses pemotongan.

C. Stabilitas Proses Pemotongan

Stabilitas proses pemotongan diamati berdasarkan tingkat getaran selama permesinan, kelancaran pembuangan geram, dan kondisi mata bor setelah digunakan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa mata bor berbahan *Cemented Carbide* memiliki kestabilan yang lebih baik dibandingkan HSS. Pada MB-01 masih ditemukan getaran yang relatif tinggi serta proses pembuangan geram yang kurang optimal. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap kualitas hasil pemotongan. MB-02 menunjukkan peningkatan kestabilan karena jumlah flute yang lebih banyak. Sementara itu, MB-03 dan MB-04 menghasilkan proses pemotongan yang lebih stabil dengan getaran yang lebih rendah dan aliran geram yang lebih lancar.

D. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi desain dan material mata bor memberikan pengaruh terhadap kualitas hasil pemotongan pada mesin CNC Router Cutting 3 Axis. Mata bor berbahan *Cemented Carbide* secara umum menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan *High Speed Steel* (HSS). Hal ini ditunjukkan oleh nilai penyimpangan dimensi yang lebih kecil, kualitas permukaan yang lebih halus, dan stabilitas proses pemotongan yang lebih baik. Pada aspek ketepatan dimensi, mata bor MB-04 menghasilkan penyimpangan paling kecil yaitu 0,01 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi material *Cemented Carbide* dan desain 3 flute mampu meningkatkan kekakuan alat potong sehingga mengurangi defleksi selama proses pemotongan. Kondisi tersebut menyebabkan lintasan pemotongan menjadi lebih akurat sesuai dengan ukuran desain.

pada aspek kualitas permukaan, penggunaan 3 flute menghasilkan distribusi gaya potong yang lebih merata dibandingkan 2 flute. Akibatnya, proses pembentukan geram menjadi lebih stabil sehingga permukaan hasil pemotongan terlihat lebih halus dan seragam. Selain itu, material *Cemented Carbide* memiliki ketahanan aus yang lebih tinggi sehingga ketajaman mata potong dapat dipertahankan selama proses permesinan berlangsung. Berdasarkan seluruh hasil pengujian, mata bor MB-04 (*Cemented Carbide 3 Flute Heliks Sedang*) merupakan variasi terbaik karena mampu menghasilkan ketepatan dimensi tertinggi, kualitas permukaan terbaik, serta stabilitas pemotongan yang paling baik. Dengan demikian, pengembangan desain mata bor menggunakan material *Cemented Carbide* dan konfigurasi 3 flute dapat direkomendasikan untuk meningkatkan kualitas pemotongan pada mesin CNC Router Cutting 3 Axis

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, desain geometri dan material mata bor berpengaruh terhadap kualitas hasil pemotongan pada mesin CNC Router Cutting 3 Axis. Mata bor berbahan *Cemented Carbide* menghasilkan kualitas pemotongan yang lebih baik dibandingkan *High Speed Steel* (HSS), ditinjau dari kehalusan permukaan dan ketepatan dimensi hasil pemotongan. Variasi MB-04 (*Cemented Carbide 3 Flute*) menunjukkan performa terbaik dengan menghasilkan permukaan yang lebih halus, dimensi yang lebih akurat, serta kualitas visual pemotongan yang lebih baik dibandingkan variasi mata bor lainnya. Oleh karena itu, mata bor tersebut

direkomendasikan untuk meningkatkan kaulitas proses pemotongan pada mesin CNC Router Cutting 3 Axis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. R. Pamenang, F. Y. Utama, A. Nataria, and F. Ganda, "Analisis Biaya Pemesinan Dalam Proses Pengeboran Menggunakan Mata Bor HSS Dan Variasi Material Benda Kerja," vol. XX, no. Xx, 2024.
- [2] M. W. Syifatillah, T. Machfuroh, A. Info, and S. Roughness, "Optimization of CNC Milling Parameters for Surface Roughness and Hardness of SS 316," vol. 3, no. 1, pp. 44–54, 2026, doi: 10.26740/vubeta.v3i1.40971.
- [3] W. Aribowo, L. Abualigah, D. Oliva, A. Aljohani, and A. Sabo, "Chaotic red-tailed hawk algorithm to optimize parameter power system stabilizer," vol. 15, no. 4, pp. 3536–3545, 2025, doi: 10.11591/ijece.v15i4.pp3536-3545.
- [4] Q. W. Liu, Y. M. Ying, J. X. Zhou, W. J. Zhang, Z. Liu, and B. B. Jia, "Human amniotic mesenchymal stem cells - derived IGFBP - 3 , DKK - 3 , and DKK - 1 attenuate liver fibrosis through inhibiting hepatic stellate cell activation by blocking Wnt / β - catenin signaling pathway in mice," *Stem Cell Res. Ther.*, pp. 1–18, 2022, doi: 10.1186/s13287-022-02906-z.
- [5] M. Afnan, N. Hailmy, M. Oktaviadri, and A. R. Yusoff, "INTERNATIONAL JOURNAL OF AUTOMOTIVE AND MECHANICAL ENGINEERING Material-adaptive kurtosis thresholding for real-time multi-parameter condition monitoring in CNC milling," vol. 23, no. 1, pp. 13237–13246, 2026.
- [6] R. Napitupulu, S. Perangin, and H. V. Sihombing, "Jurnal Dinamis (Scientific Journal of Mechanical Engineering) The Effect of Machining Parameters of Water Surface Tool Wear 6061be on 500 Watt Mini CNC Machining Using Straight Endmill Carbide Tool With The Taguchi Method," vol. 12, no. 2, pp. 64–71, 2024.
- [7] A. Manuel, S. António, J. Festas, and J. Paulo, "Multi-axis CNC milling of complex surfaces in 7075 aluminium for aerospace applications," pp. 3967–3978, 2026.
- [8] A. Sifa, M. A. Ichwan, and T. Endramawan, "PENGARUH ARUS DAN WAKTU PADA MICRO RESISTANCE SPOT WELDING TERHADAP BAJA AISI 304 DAN ALUMINIUM," vol. 14, no. 1, pp. 115–125, 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i1.1100.
- [9] K. Aslantas, "Experimental Study on the Effect of Cutting Tool Geometry in Micro-Milling of Inconel 718," 2020.
- [10] B. Pakpahan *et al.*, "UAP BERBAHAN BAKAR CANGKANG DAN SERABUT DENGAN KAPASITAS 20 TON UAP / JAM ANALYSIS OF COMPARATIVE EFFECT ANALYSIS OF STEAM FUEL WITH A CAPACITY OF 20 TONS OF STEAM / HOUR," vol. 2, no. 2, pp. 1–10, 2021.