

FINISHING PERMUKAAN: KEUNGGULAN DAN KEKURANGAN *OPTIMISED CONSTANT Z* DAN RASTER DENGAN SIMULASI POWERMILL UNTUK MESIN *CNC ROUTER*

Wardhana Wahyu Dhrasono¹, Ali Waromi², Eliasar Margoadi Pamungkas³

^{1,2})Program Studi Teknik Industri, Universitas Satya Wiyata Mandala,

³)Program Studi Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

email :

¹ wardhana.wd@gmail.com, ²aliwaromi.uswim@gmail.com, ³eliazarmargoadi95@gmail.com

Abstrak

Proses Finishing permukaan adalah proses penting dalam pembuatan produk kayu untuk meningkatkan kualitas estetika dan fungsionalitasnya. Dua teknik finishing yang umum digunakan adalah optimised constant Z dan raster, yang keduanya dapat diimplementasikan menggunakan mesin CNC router dengan bantuan program PowerMill. Penelitian ini membandingkan kedua metode tersebut dalam hal efisiensi, kualitas permukaan, dan ketahanan. Hasil menunjukkan bahwa metode optimised constant Z menghasilkan permukaan yang lebih konsisten dan halus, sementara metode raster menawarkan fleksibilitas dan kesederhanaan. Studi ini memberikan wawasan tentang keunggulan dan kekurangan masing-masing teknik untuk membantu industri memilih metode finishing yang sesuai dengan kebutuhan spesifik mereka.

Kata Kunci : *Powermill, Finishing Permukaan, Otimised Constant Z, Raster, CNC Router*

Abstract

Surface finishing is an important process in the manufacturing of wood products to enhance their aesthetic quality and functionality. Two commonly used finishing techniques are optimized constant Z and raster, both of which can be implemented using a CNC router machine with the help of the PowerMill program. This research compares the two methods in terms of efficiency, surface quality, and durability. Results show that the optimized constant Z method produces a more consistent and smooth surface, while the raster method offers flexibility and simplicity. This study provides insight into the advantages and disadvantages of each technique to help industries choose a finishing method that suits their specific needs.

Keywords: *Powermill, Surface Finishing, Otimized Constant Z, Raster, CNC Route*

PENDAHULUAN

Finishing permukaan adalah langkah kritis dalam proses manufaktur produk kayu, yang mempengaruhi baik kualitas estetika maupun ketahanan produk. Dengan berkembangnya teknologi CNC (Computer Numerical Control) router, teknik finishing seperti optimised constant Z dan raster menjadi lebih umum digunakan. Meskipun kedua teknik bertujuan untuk menghasilkan permukaan yang berkualitas tinggi, ada perbedaan signifikan dalam cara kerja dan hasil akhir yang dihasilkan oleh masing-masing metode. Artikel ini bertujuan untuk mengevaluasi keunggulan dan kelemahan dari kedua metode ini ketika diterapkan pada produk kayu.

Proses pemesinan mekanis sudah digunakan sejak lama, ketika spesimen dibuat dari berbagai bahan di waktu lalu [1,2]. Bahan kayu juga dapat dikerjakan dengan mesin, selain logam. menjadi pertimbangan para ilmuwan dalam beberapa tahun terakhir. Karena kayu dapat digunakan, pengolahan kayu dianggap sebagai industri tua dengan sebagai kayu sebagai benda kerjanya. Penggunaan bahan kayu banyak digunakan sejumlah industri, termasuk struktur, alat musik, mebel, dan juga makan. Para ilmuwan dan praktisi di industri kayu menjadi kekuatan ekonomi dengan bekerja pada wawasan dan pendekatan mereka dalam aktivitas pemesinan [3-5]. Dalam industri permesinan saat ini, proses *computer numerical control* (CNC) merupakan operasi yang umum dilakukan. Mesin CNC umumnya digunakan dalam siklus perakitan yang berbeda, misalnya, pemesinan baja, pemotongan plastik, dan pembuatan kayu. Pengoperasian mesin CNC diatur secara ketat oleh perangkat lunak dan hanya membutuhkan sedikit campur tangan manusia selain pengaturan awal dan penanganan informasi. Selain itu, proses pemesinan semacam ini membutuhkan lebih sedikit pendidikan dan potensi kesalahan manusia juga berkurang [6-11]. Selain itu, pemesinan biasa membutuhkan tenaga kerja manual, sehingga tidak cocok untuk aplikasi berskala besar dan presisi tinggi. Fakta bahwa mesin-mesin ini dapat bekerja untuk kecepatan dan kontrol lokasi yang tepat dan pengaturan terbaik di kelasnya dapat menghasilkan perhitungan yang kompleks dengan menggunakan berbagai bahan [12-14]. Kriteria yang berbeda digunakan untuk memperbaiki kondisi pemesinan CNC. seperti gaya pemesinan, presisi, waktu pengoperasian, dan kualitas permukaan dapat dicermati. Salah satu persyaratan yang luar biasa dan krusial untuk benar-benar mencermati kualitas benda dalam eksplorasi terdahulu, yaitu, mengurangi kekerasan permukaan contoh mesin. Prosedur finishing seperti pengecatan, pernis, dan pelapisan semuanya bergantung pada kriteria ini [15]. Selain itu, produk mebel dan pertukangan memiliki estetika yang luar biasa dalam bisnis kayu. Penampilan produk, yang dipengaruhi oleh estetika, secara signifikan dipengaruhi oleh kualitas permukaannya. Proses penentuan kekasaran permukaan produk kayu sangat rumit. karena dampak dari konstruksi fisik kayu, proses pemotongan dan kondisi untuk pemesinan [16,17]. Beberapa eksplorasi telah dilakukan di bidang kayu-CNC proses pemesinan tugas-tugas pemrosesan CNC berusaha untuk memperluas kualitas produk permukaan dengan kekasaran yang lebih sedikit pada permukaan. Kedua Ohuchi Murase [18] melakukan penelitian tentang proses milling berbasis kayu dan berbasis kayu. bahan menggunakan router terkomputerisasi yang dikontrol secara numerik IV. Sesuai kasus mereka, adalah layak untuk mengukur atribut dari penggunaan mata potong bit tanpa menghentikan router CNC dan sistem yang dibangun Krimpenis dkk. [19] melakukan optimasi CNC proses pemesinan kayu yang memanfaatkan perhitungan secara turunan-temurun pada pemrograman CAM. Dalam eksplorasi mereka, model desain berbantuan komputer 3D kustom yang cerdas dari bodi gitar elektrik dianggap sebagai studi kasus. Dampak dari batas siklus dalam aktivitas pemesinan kayu Pecan pada daya potong dan

kualitas permukaan telah dikonsentrasikan oleh Jiang, dkk. [20]. Dalam studi mereka, model matematika disajikan untuk menetapkan faktor hubungan yang mengatur proses dan batas-batas titik. Pada penggilingan, Wang dkk. [21] menyelidiki proses untuk bahan yang terbuat dari kayu dan komposit. Temuan penelitian mereka mengungkapkan bahwa cacat mayor dan minor, seperti debonding partikel, Under cutting, cacat seperti patahan pada matriks serat kayu terjadi. kedalaman 0,5 mm dan 1,5 mm, secara individual.

METODE PENELITIAN

Surface finishing adalah proses akhir dalam pembuatan produk menggunakan mesin CNC router. Teknik ini sangat penting karena menentukan kualitas akhir dari permukaan produk, termasuk kehalusan, akurasi dimensi, dan estetika. Dengan bantuan aplikasi powermill, dari model gambar 3D, dapat di simulasikan dengan 2 optimasi pada proses finishingnya yaitu ;

Optimised Constant Z Finishing:

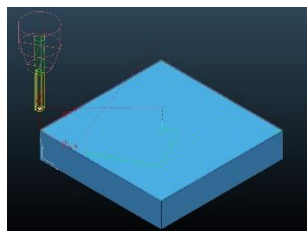
Proses mesin CNC router diatur untuk mempertahankan ketinggian alat pemotong (Z-axis) secara konstan selama proses finishing. Algoritma optimisasi digunakan untuk menentukan jalur pemotongan yang efisien. Fokus pada pengurangan variasi ketinggian untuk menghasilkan permukaan yang lebih halus. Keunggulan menghasilkan permukaan yang konsisten dan halus. Mengurangi kebutuhan akan pengamplasan manual setelah pemrosesan. Kelemahan pada memerlukan perencanaan dan pemrograman yang lebih kompleks. Waktu pemrosesan bisa lebih lama jika tidak dioptimalkan dengan baik.

Raster Finishing:

Proses mesin CNC router melakukan gerakan bolak-balik (raster) pada permukaan kayu. Proses ini menyerupai gerakan mesin cetak raster, menghasilkan pola garis-garis pada permukaan. Keunggulan proses yang lebih sederhana dan mudah diprogram. Lebih fleksibel dalam mengatasi permukaan dengan bentuk yang kompleks. Kelemahan meninggalkan pola garis-garis yang mungkin memerlukan pengamplasan tambahan. Kualitas permukaan mungkin kurang konsisten dibandingkan metode optimised constant Z.

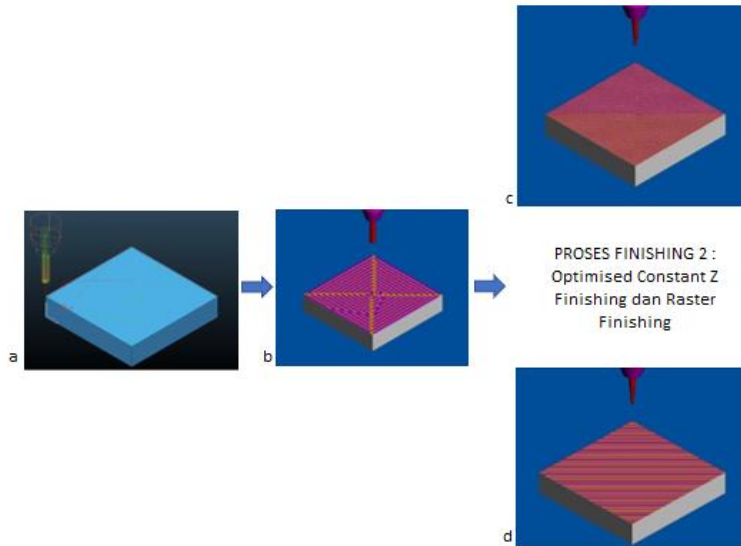
PEMBAHASAN

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, tujuan utama penelitian saat ini adalah untuk menyelidiki berbagai strategi pemesinan dan pengaruhnya terhadap kekasaran permukaan produk dengan simulasi dengan powermill. Strategi tersebut adalah Optimised Constant Z Finishing dan Raster Finishing: Beberapa parameter mempengaruhi kualitas spesimen yang dikerjakan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, pengaruh perubahan laju umpan, kecepatan spindel, step-over, dan parameter diameter pahat dalam berbagai strategi pemesinan terhadap kualitas permukaan produk akhir telah dipelajari dimana *feedrate* pada 1250, Rpm 16000. Pada proses simulasi ini produk yang di smulasikan seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Model Produk yang disimulasikan

Pada proses simulasi di buat dengan 2 Finishing pada produknya, alur proses dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. a.Produk Awal, b.Roughing, c. Finishing Z, d. Finishing Raster

Efisiensi Proses:

Metode optimised constant Z umumnya lebih efisien dalam menghasilkan permukaan yang halus tanpa perlu banyak pengamplasan tambahan. Namun, metode ini membutuhkan waktu dan keahlian dalam pemrograman jalur pemotongan yang optimal. Di sisi lain, metode raster lebih mudah diprogram dan fleksibel, tetapi mungkin memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai hasil akhir yang diinginkan karena kebutuhan akan pengamplasan tambahan. Hasil Akhir Permukaan yang Lebih Baik: Strategi pemesinan Constant Z cocok untuk mencapai hasil akhir permukaan yang baik pada permukaan vertikal atau miring dan rongga yang dalam [22]

Dari data simulasi permesinan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Toolpath Statistics			
Entity: 1 Roughing EM 6 mm			
Leads and Links			
	Length	Time	
Rapid	200,350018	0:00:04	
Plunge	5,69999	0:00:02	
Ramp	0,0	0:00:00	
Others	0,0	0:00:00	
Total	206,050008	0:00:06	
Cutting Moves			
	Length	Time	
Linear	2147,651043	0:01:43	
Arcs	213,618738	0:00:10	
Total	2361,269781	0:01:53	
Total	2567,319789	0:02:00	
		Lifts	1

Gambar 3. Hasil simulasi proses roughing

Toolpath Statistics			
Entity: 2 Finishing Raster TB 2 mm			
Leads and Links			
	Length	Time	
Rapid	126,984909	0:00:02	
Plunge	5,0	0:00:02	
Ramp	0,0	0:00:00	
Others	293,147139	0:00:14	
Total	425,132048	0:00:19	
Cutting Moves			
	Length	Time	
Linear	49999,920175	0:39:59	
Arcs	0,0	0:00:00	
Total	49999,920175	0:39:59	
Total	50425,052223	0:40:19	
		Lifts	1

Gambar 4. Hasil simulasi finishing optimised constant Z

Toolpath Statistics			
Entity: 1			
Leads and Links			
	Length	Time	
Rapid	197,849858	0:00:03	
Plunge	5,0	0:00:02	
Ramp	0,0	0:00:00	
Others	126,222322	0:00:06	
Total	329,07218	0:00:12	
Cutting Moves			
	Length	Time	
Linear	50115,554326	0:40:05	
Arcs	0,0	0:00:00	
Total	50115,554326	0:40:05	
Total	50444,626506	0:40:17	
		Lifts	1

Gambar 5. Hasil simulasi finishing Raster

Kualitas Permukaan:

Finishing optimised constant Z menghasilkan permukaan yang lebih halus dan konsisten karena ketinggian alat pemotong yang tetap. Metode raster, meskipun lebih fleksibel, cenderung menghasilkan pola garis-garis yang dapat mempengaruhi kualitas estetika permukaan kayu [22].

Ketahanan Produk:

Permukaan yang lebih halus dari metode optimised constant Z cenderung lebih tahan lama karena lebih sedikit titik lemah yang dapat menyebabkan kerusakan. Metode raster, dengan pola garis-garisnya, mungkin memiliki titik-titik yang lebih rentan terhadap aus dan kerusakan [22].

KESIMPULAN

Kedua metode finishing memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing. Metode optimised constant Z unggul dalam menghasilkan permukaan yang halus dan konsisten, menjadikannya ideal untuk aplikasi yang memerlukan kualitas permukaan tinggi.

Sementara itu, metode raster menawarkan fleksibilitas dan kesederhanaan dalam proses pemrogramannya, meskipun mungkin memerlukan pengamplasan tambahan untuk mencapai hasil akhir yang diinginkan. Pemilihan metode yang tepat tergantung pada kebutuhan spesifik produk dan kemampuan teknis yang tersedia. Pilihan antara Optimized Constant Z dan Raster sangat tergantung pada jenis permukaan yang akan dikerjakan dan persyaratan kualitas akhir. Optimized Constant Z lebih cocok untuk permukaan dengan kurva kompleks, sementara Raster lebih efisien untuk permukaan datar atau dengan variasi ketinggian minimal. Simulasi dengan PowerMill memberikan keuntungan besar dalam mengoptimalkan proses dan memastikan hasil akhir sesuai dengan harapan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N.K. Jain, V.K. Jain, Modeling of material removal in mechanical type advanced machining processes: a state-of-art review, *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 41 (2001) 1573–1635.
- [2] G. Zhao, B. Zhao, W. Ding, L. Xin, Z. Nian, J. Peng, N. He, J. Xu, Nontraditional energy assisted mechanical machining of difficult-to-cut materials and components in aerospace community: a comparative analysis, *Int. J. Extrem. Manuf.* 6 (2024) 022007
- [3] P. Koch, Wood Machining Abstracts, 1966 and 1967, Southern Forest Experiment Station, 1968.
- [4] P. Koch, Wood machining processes, Wood machining processes., DOI (1964).
- [5] E. Csan´ady, E. Magoss, *Mechanics of wood machining*, Springer, 2013.
- [6] A. Malkoçoglu, ~ Machining properties and surface roughness of various wood species planed in different conditions, *Build. Environ.* 42 (2007) 2562–2567.
- [7] E.O. ÇAKIROGLU, ~ A. DEMIR, ~ I. ~ AYDIN, Determination of the optimum feed rate and spindle speed depending on the surface roughness of some wood species processed with CNC machine, *J. Anatol. Environ. Anim. Sci.* 4 (2019) 598–601.
- [8] A. Festas, S. Carvalho, A. Horovistiz, A. Ramos, J. Davim, Comparative study of titanium alloys machinability used for medical applications, *Proc. Inst. Mech. Eng., Part E: J. Process Mech. Eng.* 236 (2022) 1845–1856.
- [9] J.M. Wambua, F.M. Mwema, T.-C. Jen, E.T. Akinlabi, S.A. Akinlabi, Temperature analysis in computer numerical control milling of medical-grade poly (methyl methacrylate), *Proc. Inst. Mech. Eng., Part E: J. Process Mech. Eng.* (2022), 09544089221110747.
- [10] K. Bousnina, A. Hamza, N.B. Yahia, An integration of PSO-ANN and ANFIS hybrid models to predict surface quality, cost, and energy (QCE) during milling of alloy 2017A, *J. Eng. Res.* (2023).
- [11] V. Nasir, J. Cool, A review on wood machining: characterization, optimization, and monitoring of the sawing process, *Wood Mater. Sci. Eng.* 15 (2020) 1–16.

- [12] R.L. Lemaster, L. Lu, S. Jackson, The use of process monitoring techniques on a CNC wood router. Part 1. sensor selection, *For. Prod. J.* 50 (2000).
- [13] U. Karagoz, M.H. Akyildiz, O. Isleyen, Effect of heat treatment on surface roughness of thermal wood machined by CNC, *Pro Ligno* 7 (2011).
- [14] T. Gawronski, ' Optimisation of CNC routing operations of wooden furniture parts, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 67 (2013) 2259–2267.
- [15] N. Fountasa, J. Kechagiasb, N. Vaxevanidisa, Statistical Modeling and Optimization of Surface Roughness for PLA and PLA/Wood FDM Fabricated Items, DOI (2023).
- [16] A. Sütçü, Investigation of Parameters Affecting Surface Roughness in CNC Routing Operation on Wooden EGP, *BioResources* 8 (2013).
- [17] A. Sütçü, Ü. Karagoz, " The influence of process parameters on the surface roughness in aesthetic machining of wooden edge-glued panels (EGPs), *BioResources* 8 (2013) 5435–5448.
- [18] T. Ohuchi, Y. Murase, Milling of wood and wood-based materials with a computerized numerically controlled router IV: development of automatic measurement system for cutting edge profile of throw-away type straight bit, *J. wood Sci.* 51 (2005) 278–281.
- [19] A. Krimpenis, N. Fountas, T. Mantziouras, N. Vaxevanidis, Optimizing CNC wood milling operations with the use of genetic algorithms on CAM software, *Wood Mater. Sci. Eng.* 11 (2016) 102–115.
- [20] S. Jiang, D. Buck, Q. Tang, J. Guan, Z. Wu, X. Guo, Z. Zhu, X. Wang, Cutting force and surface roughness during straight-tooth milling of Walnut wood, *Forests* 13 (2022) 2126.
- [21] J. Wang, R. Jiang, Z. Wu, Z. Zhu, L. Yang, P. Cao, Investigation of surface integrity up-milling magnesium oxide particle reinforced wood-based composite (DOI), *Int J. Precis. Eng. Manuf.* (2023) 1–10
- [22] Bey, Mohamed, Bey M. Cherfi, Abdelhak , Finishing of freeform surfaces with an optimized Z-Constant machining strategy 8th CIRP Conference on High Performance Cutting, 27 June 2018 Code 141997 DOI 10.1016/j.procir.2018.09.013