

Optimasi Pengembangan Desain Ukiran Daun Pintu Presisi dan Unik pada Industri Kayu dengan Sentuhan Artistic CAD/CAM

Baju Bawono^{1*}, Tonny Yuniarto², Paulus Wisnu Anggoro³, Wardana Wahyu Dharsono⁴

Departemen Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta^{1,2,3}, Jalan Babarsari 44, Yogyakarta 55281
Program S3 Departemen Arsitektur, Universitas Atma Jaya Yogyakarta⁴, Jalan Babarsari 43, Yogyakarta 55281
Email dan corespondent author^{1*}: baju.bawono@ujay.ac.id

Received 31 May 2024; Revised: -; Accepted for Publication 13 June 2024; Published 30 Juni 2024

Abstract — Market competition in the wood processing industry, especially furniture products, door leaves, windows, frames, and interior crafts, is getting tighter. Frames and interior crafts is getting tighter. The need for new breakthroughs in developing uniquely patterned doors leaves us with technology to continue sales in an increasingly tight market. One aspect of producing unique patterned door leaves is Indonesian Batik ornaments using Artistics CAD / CAM technology and CNC Router machines. Using this technology, this community service goal of making door leaves patterned with Indonesian Batik ornaments helps SME entrepreneurs compete with better results. The method applied is the development and explorative manufacture of uniquely patterned door leaves with the application of advanced technology software engineering, artistic technology CAD/CAM, and CNC router machines. Process selection using this technology can save 1440 to 538 minutes or 62.64%. The optimal parameter conditions are A2, B2, C3, D3, E3. The optimal simulation and machining time (TS) is 481.56 minutes, and the optimum TR is 538 minutes. Technology produces quality and precision products at a lower cost, from Rp 1.2 million/m² to Rp 500,000/m², reduced by 37.36% from the original.

Keywords — Wood processing industry, Artistic CAD/CAM, CNC Router, Quality products

Abstrak—Persaingan pasar industri pengolahan kayu khususnya produk furnitur, daun pintu, daun jendela, kusen, kerajinan interior semakin ketat. Perlunya terobosan baru dalam pengembangan daun pintu bermotif unik dengan teknologi agar tetap eksis penjualan di dalam pasar yang semakin ketat. Salah satu aspek produksi pembuatan daun pintu bermotif unik yaitu ornamen Batik Indonesia menggunakan teknologi Artistics CAD/CAM dan mesin CNC Router. Tujuan Pengabdian masyarakat ini pembuatan daun pintu bermotif ornamen Batik Indonesia menggunakan teknologi ini membantu pengusaha UKM bersaing dengan hasil yang lebih baik. Metode yang diterapkan adalah pengembangan dan eksploratif pembuatan daun pintu bermotif unik dengan penerapan teknologi maju software engineering, teknologi artistik CAD/CAM dan mesin CNC router. Pemilihan Proses penggunaan teknologi CAD/CAM dapat menghemat waktu dari 1440 menit menjadi 538 menit atau sebesar 62,64%. Kondisi parameter optimal adalah A2, B2, C3, D3, E3. Waktu simulasi dan pemesinan optimal (TS) adalah 481,56 menit dan TR optimum 538 menit. Penggunaan teknologi menghasilkan produk berkualitas dan presisi dengan biaya lebih murah dari Rp 1,2 juta/m² menjadi Rp 500.000/m², berkurang 37,36% dari semula.

Kata Kunci—Industri pengolahan kayu, Artistic CAD/CAM, CNC Router, Produk berkualitas

I. PENDAHULUAN

Bisnis kayu ukiran di Indonesia memiliki sejarah panjang dan kaya, yang menggabungkan keahlian tradisional dengan perkembangan modern. Berikut ini adalah beberapa poin utama mengenai perkembangan bisnis kayu ukiran di Indonesia:

Sejarah dan Tradisi ada 2 yaitu Akar Tradisional dan modern yaitu ukiran kayu telah menjadi bagian integral dari budaya Indonesia selama berabad-abad, terutama di daerah seperti Bali, Jepara (Jawa Tengah), dan Toraja (Sulawesi Selatan). Ukiran kayu sering digunakan dalam arsitektur tradisional, seperti rumah adat, pura, dan kerajinan tangan. Pusat-Pusat Kerajinan: Jepara dikenal sebagai pusat ukiran kayu di Indonesia, dengan gaya ukiran khas yang rumit dan detail. Produk utamanya termasuk furnitur, patung, dan panel ukiran. Bali menghasilkan ukiran kayu yang banyak dipengaruhi oleh seni dan agama Hindu. Produk ukirannya sering kali memiliki nilai artistik dan spiritual tinggi. Toraja dikenal dengan ukiran kayu yang sering menggambarkan motif-motif simbolis dan spiritual dalam budaya Toraja.

Pasar dan Ekspor Produk ukiran kayu Indonesia memiliki pasar yang luas baik di dalam negeri maupun internasional. Negara-negara seperti Amerika Serikat, Eropa, dan Asia Meningkatkan permintaan akan produk kerajinan tangan dan furnitur berkualitas tinggi mendorong pertumbuhan ekspor.

Perusahaan UKM kayu mebel *KajengJawi* dan *SRP WoodArt* berada di kabupaten Sleman dan Bantul DIY mampu menghasilkan produksi daun pintu berukir yang tidak bisa optimal dengan baik dengan mengandalkan proses produksi yang sudah ada. Sehingga diperlukan pengolahan hasil produksi ukiran kayu untuk meningkatkan model dan motif yang presisi, optimal dan produktivitas yang tinggi dengan nilai jual yang baik di *KajengJawi* dan *SRP WoodArt* dengan menciptakan sebuah inovasi. Permasalahan yang dihadapi saat ini adalah:

- UKM *KajengJawi* dan *SRP WoodArt* masih menggunakan proses konvensional dalam melakukan proses desain sehingga kualitas dan kapasitas produksi masih kecil serta menimbulkan dampak kelelahan yang cukup besar bagi operator.
- UKM *KajengJawi* usaha yang bergerak pada bidang usaha kayu olahan. UKM ini berlokasi di Jl. Raya,

Sambirejo, Selomartani, Kecamatan Kalasan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55571. Hasil usaha berupa produk daun pintu dan jendela, Meja dan , Dinding panel (*gebyok*).

- c) Permasalahan yang dihadapi pada usaha ini perusahaan sering mengalami kesulitan untuk produksi secara cepat dan kontinu, dan kualitas hasil panel kayu yg ada motif batik tidak seragam,

Perkembangan Modern Teknologi dan Inovasi: Pengenalan teknologi baru seperti mesin CNC (Computer Numerical Control) telah membantu para pengrajin untuk meningkatkan presisi dan efisiensi dalam produksi ukiran kayu.

II. METODE PENGABDIAN

Proses tahapan Pengabdian Pada Masyarakat (Abdimas) secara terperinci tentang tahapan proses desain – manufaktur – fabrikasi komersialisasi dalam pembuatan ukiran. Secara umum, riset ini terdiri dari enam tahapan, yang terdiri dari:

- a) Tahap Pembentukan Forum Group Discussion UKM: Pada tahap ini, pembentukan Forum Group Discussion (FGD) untuk semua anggota tim riset yang mulai dari kegiatan FGD untuk membahas masalah yang terjadi pada mitra dan mencari alternatif solusi pemecahan masalah.
- b) Tahap Desain: akan dilakukan proses desain yang sesuai dengan yang diinginkan oleh mitra. Output yang dihasilkan dari tahap ini berupa desain dan gambar.
- c) Tahap Pengadaan Alat dan Bahan: Desain yang sudah terpilih diteruskan dengan pengadaan alat dan bahan yang sesuai keinginan mitra dan berdasarkan desain yang ada.
- d) Tahap Pembuatan Desain Ukiran: Pada tahap ini mulai dilakukan proses pembuatan desain dengan motif batik Indonesia yang sudah ada dan dilakukan penyempurnaan desain untuk diaplikasikan pada mesin CNC Router.
- e) Tahap Pengujian Desain Pada Mesin CNC Router: dilakukan tahap pengujian desain pada mesin CNC Router dengan menggunakan standar pengujian yang diharapkan desain dapat optimal pada mesin yang digunakan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

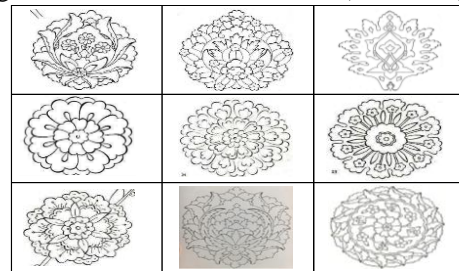
Saat merancang dan mengembangkan produk, pertama-tama Anda perlu memahami konsep dasar seperti perspektif desain dan pengembangan produk, tantangan pengembangan produk, sifat pengembangan produk, dan jenis proyek pengembangan produk. Produk adalah sesuatu yang dijual perusahaan kepada pembeli.

Perancangan dan pengembangan produk merupakan serangkaian kegiatan yang dimulai dengan pengenalan dan analisis peluang pasar dan diakhiri dengan tahap produksi, penjualan, dan pengiriman produk [1].

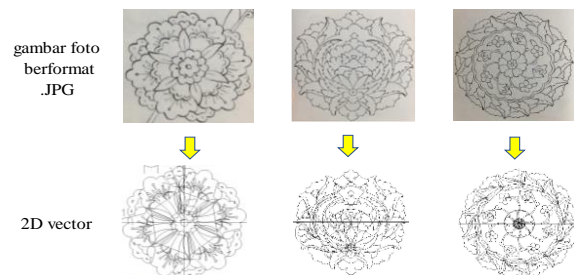
Keberhasilan produk yang sedang dikembangkan bergantung pada responsnya terhadap kebutuhan konsumen. Suatu produk yang dikembangkan dikatakan berhasil jika mendapat respon positif dari konsumen, diterima dengan baik dan diikuti dengan keinginan dan tindakan untuk mengembangkan produk tersebut. [2].

Tahapan awal Proses Desain ukiran daun pintu adalah mencari motif/gambar yang tepat dan digunakan untuk

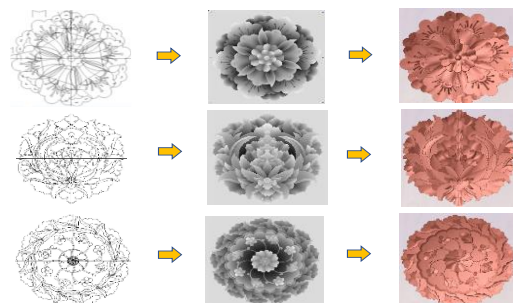
membuat desain ukiran (Gambar 1). Selanjutnya melakukan konversi gambar dengan format .jpg menjadi vector 2D (Gambar 2). Langkah ketiga adalah melakukan konversi dari gambar 2D ke 3D (gambar 3). Tahapan keempat adalah membuat gambar detail produk ukiran (Gambar 4). Setelah itu dilanjutkan dengan simulasi CAD CAM (Gambar 5), simulasi waktu pemesinan (Gambar 6), Proses Pemesinan (Gambar 7), dan menghasilkan Produk jadi yang berkualitas sesuai desain awal(Gambar 8)



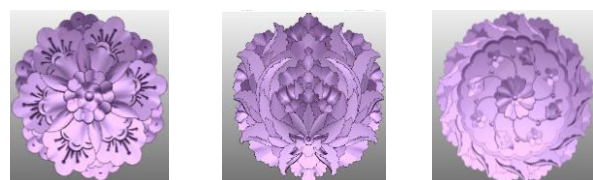
Gambar 1. Hasil pemindaian desain ukiran



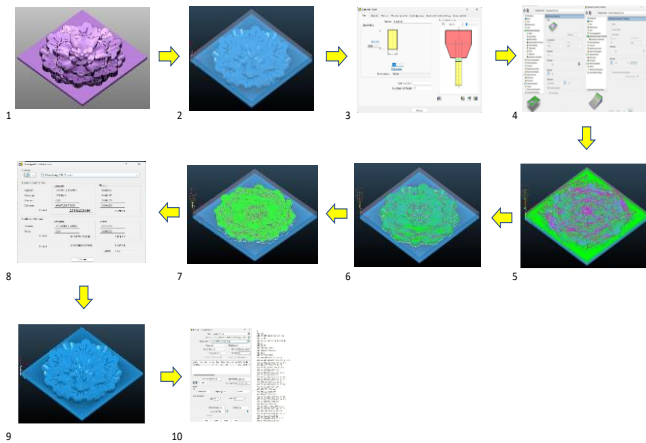
Gambar 2. Konversi gambar dari .jpg ke 2D vector



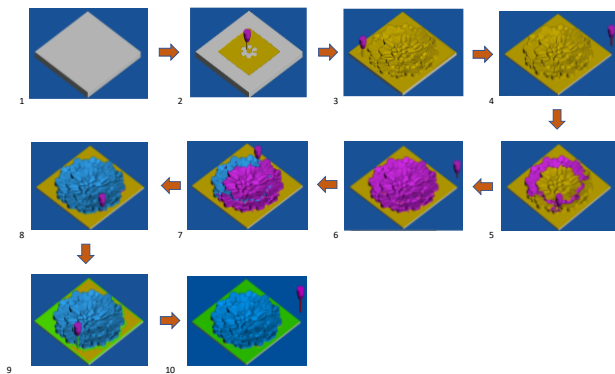
Gambar 3. Konversi format 2D vector menjadi 3D



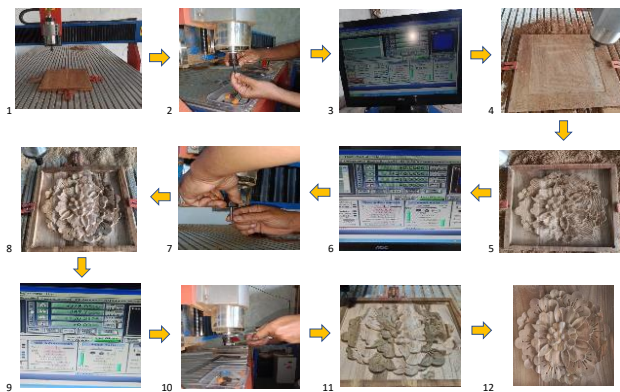
Gambar 4: Model detail desain 3D model



Gambar 5. Tahapan Persiapan Pemesinan CAD CAM



Gambar 6. Simulasi waktu Pemesinan CAD CAM



Gambar 7. Proses Pemesinan CAD CAM pada kayu



Gambar 8. Produk akhir ukiran pada pintu model 1 (A), model 2 (b) dan model 3 (c)

CAD CAM dalam konteks pemesinan kayu mengacu pada penggunaan teknologi CAD (*Computer Aided Design*) dan CAM (*Computer-Aided Manufacturing*) dalam proses pembuatan produk ukiran kayu. Berikut adalah cara penerapannya dalam industri pemesinan kayu:

- Desain Produk: Proses ini menggunakan perangkat lunak CAD, desainer dapat membuat desain produk kayu secara digital dengan tingkat presisi yang tinggi. Proses ini bisa membuat model 3D secara detail dan akurat dari produk yang akan diproduksi, seperti perabot, pintu, jendela, atau elemen dekoratif lainnya.
- Pemrograman CNC: Setelah desain produk selesai, perangkat lunak CAM digunakan untuk mengubah model CAD menjadi program perintah yang dapat dimengerti oleh mesin CNC (*Computer Numerical Control*). Program ini memerintahkan mesin CNC langkah-langkah yang diperlukan untuk memotong, membentuk, atau mengukir material kayu sesuai dengan desain yang telah ditentukan.
- Optimasi Proses Pemesinan: Teknologi CAD CAM memungkinkan untuk merencanakan dan mengoptimalkan proses pemesinan secara efisien. Hal ini mencakup pemilihan alat yang tepat, strategi pemesinan yang efisien, dan pengaturan parameter mesin yang optimal untuk mencapai hasil yang diinginkan dengan waktu dan biaya yang minimal.
- Simulasi dan Verifikasi: Sebelum memulai proses pemesinan sebenarnya, perangkat lunak CAM sering digunakan untuk melakukan simulasi dan verifikasi desain. Ini memungkinkan untuk mengidentifikasi potensi masalah atau konflik yang mungkin terjadi selama proses pemesinan, sehingga memungkinkan untuk melakukan perubahan atau penyesuaian sebelumnya.
- Pengendalian Kualitas: CAD CAM juga dapat digunakan untuk memonitor dan mengendalikan kualitas produk selama proses pemesinan. Ini mencakup pengukuran dimensi, deteksi cacat, dan pengendalian toleransi untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan [3]

Dengan demikian, Teori CAD CAM dalam pemesinan kayu melibatkan integrasi antara desain digital menggunakan CAD dengan proses pembuatan menggunakan CAM untuk menghasilkan produk kayu dengan presisi, kualitas, dan efisiensi yang tinggi.

Karakter pengembangan produk: Karakter produk pengembangan diklasifikasikan menjadi 5 jenis. Karakteristik ini mencerminkan kemampuan dan tujuan perusahaan (5), yaitu:

- Tipe umum (pergerakan pasar), pada tipe ini perusahaan memulai dengan adanya peluang pasar kemudian mengembangkan teknologi tepat guna untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.
- Tipe dorongan teknologi: Tipe di mana perusahaan mengembangkan teknologi baru dan kemudian mengembangkan pasar yang sesuai. Perbedaan dari model tarikan pasar adalah bahwa teknologi dan

kebutuhan pasar dikoordinasikan selama tahap perencanaan.

- c. Jenis platform produk. Pada tipe ini, perusahaan berasumsi bahwa produk baru akan diproduksi berdasarkan subsistem teknologi yang ada.
- d. Jenis agregasi proses. Pada jenis ini, sifat produk sangat dibatasi oleh proses pembuatannya.
- e. Proses dan produk harus dikembangkan dari awal atau proses produksi ditentukan dari awal.

Tipe yang disesuaikan. Pada tipe ini, produk baru memungkinkan adanya beberapa penyimpangan dari model yang sudah ada. [4, 5]

Pengertian Prototipe Definisi prototipe hanyalah sebuah kata benda. Dalam praktik pengembangan produk, kata ini digunakan sebagai kata benda, kata kerja, atau kata sifat. Pengertian prototipe adalah evaluasi suatu produk berdasarkan satu atau lebih dimensi yang relevan [6, 7].

Definisi Prototipe Definisi prototipe hanya sebagai sebuah kata benda, dalam praktek pengembangan produk, kata tersebut digunakan sebagai kata benda, kata kerja, ataupun kata sifat. Definisi prototipe adalah penaksiran produk melalui satu atau lebih dimensi yang jadi perhatian [6,7].

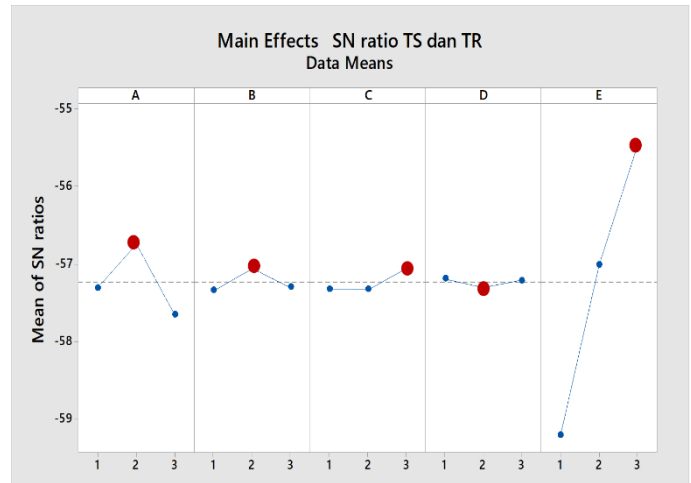
Berdasarkan definisi ini, setiap wujud yang memperlihatkan sedikitnya satu aspek produk yang menarik bagi tim pengembangan produk dapat ditampilkan sebagai sebuah prototipe [8]

Prototipe dapat diklasifikasikan menjadi dua dimensi. Dimensi pertama membagi prototipe menjadi dua yaitu prototipe fisik dan prototipe analitik. Prototipe fisik merupakan benda nyata yang dibuat untuk memperkirakan produk. Aspek-aspek dari produk yang diminati oleh tim pengembangan secara nyata dibuat menjadi suatu benda untuk pengujian dan percobaan. Prototipe analitik adalah lawan dari prototipe fisik yang hanya menampilkan produk yang tidak nyata, biasanya dalam bentuk matematis. Contoh prototipe analitik meliputi simulasi komputer, model komputer, geometrik tiga dimensi atau dua dimensi [9,10].

Pada pelaksanaan pencarian kondisi terbaik ada 5 parameter penelitian yaitu Tipe Gambar (A), Strategi jalur pemahatan=*toolpath strategy* (B), Kecepatan putaran=*spindle speed* (C), kedalaman langkah=*step over* (D) laju pemakanan=*feedrate* (E). Setiap parameter pemesinan menggunakan 3 level kecepatan (1,2,3) dengan nilai bervariasi, selengkapnya seperti tercantum pada tabel 1. Sehingga jumlah variasi eksperimen yang bisa digunakan adalah $3^5=243$ percobaan. Penggunaan model Taguchi untuk mengoptimalkan eksperimen didapat $3^3=27$ eksperimen

Tabel 1. Parameter pemesinan CNC Router

Code	Factor	Level		
		1	2	3
A	Type motif	Produk 1	Produk 2	Produk 3
B	Toolpath Strategy	Raster	Constant Z	Optimized
C	Spindle Speed rpm	16.000	18.000	20.000
D	Step Over	5%	10%	20%
E	Feed Rate cm/menit	750	1000	1250



Gambar 9. Optimasi SN Ratio (*Signal to Noise*) setiap parameter

Tabel 2. Data parameter dan response metode Taguchi

NO	Parameter dan Level Eksperimen					Response Menit	
	A	B	C	D	E	Ts	Tr
1	1	1	1	1	1	902	947
2	1	1	1	2	2	689	727
3	1	1	1	3	3	561	666
4	1	2	2	1	1	902	937
5	1	2	2	2	2	689	732
6	1	2	2	3	3	561	636
7	1	3	3	1	1	902	947
8	1	3	3	2	2	689	727
9	1	3	3	3	3	561	632
10	2	2	3	2	3	545	590
11	2	2	3	3	1	878	611
12	2	2	3	1	2	669	603
13	2	3	1	2	3	545	582
14	2	3	1	3	1	878	913
15	2	3	1	1	2	669	712
16	2	1	2	2	3	545	611
17	2	1	2	3	1	878	913
18	2	1	2	1	2	669	712
19	3	3	2	3	2	728	765
20	3	3	2	1	3	592	635
21	3	3	2	2	1	954	999
22	3	1	3	3	2	728	766
23	3	1	3	1	3	592	625
24	3	1	3	2	1	954	991
25	3	2	1	3	2	728	763
26	3	2	1	1	3	592	630
27	3	2	1	2	1	954	992

Tabel 2 menunjukkan *Orthogonal Array* (OA) Taguchi $L_{27} 3^3$ dengan angka 1, 2, 3 merupakan level (lihat Tabel 1) yang menunjukkan hasil luaran Minitab yang digunakan untuk eksperimen, lalu diuji *noise* (*SN ratio*) seperti pada gambar 9. Gambar 9 menunjukkan nilai terbaik level pada setiap parameter yaitu A₂, B₂, C₃, D₃, E₃. Artinya pada parameter motif, hasil terbaik adalah produk 3 (lihat Gambar 8),

Parameter B terbaik adalah *level toolpath strategy* tipe *constant Z* demikian untuk lainnya.

Gambar 10 menunjukkan penyajian dalam grafik Fungsi Keinginan atau *Desirability Function* (DF). Composite Desirability adalah gabungan 2 respons TS dan TR. Nilai DF yang terbaik adalah mendekati 1 (artinya memenuhi semua keinginan). Pada penelitian ini menghasilkan nilai $DF=1$ dengan kondisi yang terbaik (optimal) adalah A_2, B_2, C_3, D_3, E_3 .

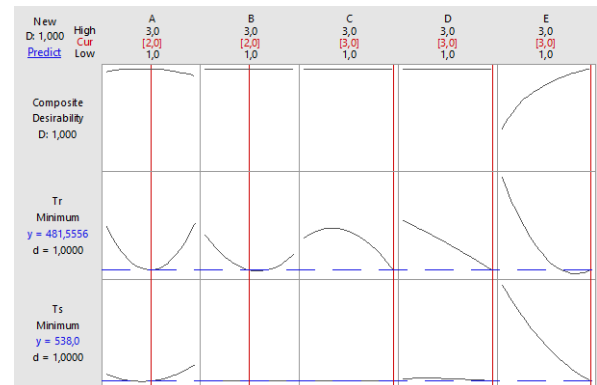
Waktu simulasi optimal diperoleh (Ts) minimum adalah 481,56 menit dan TR optimum adalah 538 menit. Perbedaan nilai TS dan TR ini terjadi karena proses pemesinan terganggu sifat kekerasan dan keuletan kayu berumur tua.

Dengan nilai korelasi $R_{sq}(R^2)$ Waktu Simulasi dan real adalah 100% dan 89,9% artinya sangat berkaitan erat.

TR	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0	100,00%	100,00%	100,00%

TS	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
45,7994	96,89%	89,90%	49,86%

Gambar 10. Response optimizer model Taguchi



UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada UKM *KajengJawi* dan *SRP WoodArt* yang masih menggunakan proses konvensional tetapi bersedia menjadi tempat kerjasama melakukan penelitian dengan teknologi modern yaitu *Artistic CAD CAM* dengan hasil penelitian yang bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Crawford, M., A. Di Benedetto, *New Product Management* (McGraw-Hill Irwin, New York, 2011)
- [2] Chen, L. (2014) *Exploration and Analysis of the Application of Wood Carving Art in Furniture Carving and Decoration. Modern Decoration (Theory)*
- [3] Ulrich, K.T., SD. Eppinger. *Product Design and Development. Sixth Edition* (McGraw-Hill Education, New York, 2016)
- [4] Chen, G.J. (2020) *Application of Minnan Ancient Cuo Wood Carving in Interior Decoration Design. Design, 33, 44-46*
- [5] Song, XL (2019) *Research on the Application of Traditional Wood Carving Art in modern Interior Design. Ju She, No. 32, 119*
- [6] Kaygisiz, F. and Y. Cevger. 2010. *Effects of marketing wood carving on enterprise income. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 34(1): 17-23.*
- [7] Chrisswantra, F. (2021). *Jepara Wood Carving And The Cultural Influences Of The Nusantara Maritime Spice Route. Serat Rupa Journal of Design, 5(2), 254-269. https://doi.org/10.28932/srjd.v5i2.3786*
- [8] Wang, X.R. (2015) *Research on the Application of Sculpture Art in Indoor Environmental Art. Hebei Normal University, Shijiazhuang.*
- [9] Luo, H.W. (2020) *Exploration on the Application of Traditional Wood Carving Art in Modern Interior Design. Modern Business Industry, 41, 214*
- [10] You, CY and Li, JS (2020) *Application of Landscape Sculpture in Interior Design—Taking Wood Carving as an Example. Open Access Library Journal, 7: e6709. https://doi.org/10.4236/oalib.1106709*

Persamaan regresi hubungan 6 parameter untuk waktu simulasi (TS) dan waktu real (TR) adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 TS &= 1295 - 135,0 A - 0,000000 B - 0,000000 C - 0,1667 D - 337,3 E + 40,33 A*A - 0,000000 B*B + 0,000000 C*C - 3,500 D*D + 46,00 E*E + 0,000000 A*B + 0,000000 A*C + 5,333 A*D - 8,333 A*E + 0,000000 B*D - 0,000000 B*E + 0,000000 C*D - 0,000000 C*E \\
 TR &= 1475 - 255,6 A - 100 B + 119,2 C - 21 D - 380,7 E + 90,2 A*A + 50,8 B*B - 44,8 C*C - 3,3 D*D + 68,8 E*E - 39,0 A*B - 3,7 A*C + 43,9 A*D - 47,8 A*E - 20,1 B*D + 5,4 B*E - 20,9 C*D + 32,7 C*E
 \end{aligned}$$

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pengabdian masyarakat ini adalah

- Pemilihan proses penggunaan teknologi CAD/CAM dapat menghemat waktu dari 16 jam kerja (1440 menit menjadi 538 menit dengan penghematan 902 menit atau sebesar 62,64% dari semula
- Kondisi yang terbaik (optimal) adalah A_2, B_2, C_3, D_3, E_3 . Hasil akhir waktu simulasi dan pemesinan optimal (TS) adalah 481,56 menit dan TR optimum 538 menit.
- Penggunaan teknologi *artistics CAD/CAM* mampu menghasilkan produk berkualitas dan presisi dengan biaya lebih murah dari Rp 1,2 juta/m² menjadi Rp 500.000/m² dengan waktu dihemat menjadi 37,36% dari semula.

PENULIS



Baju Bawono, Departemen Teknik Industri,
Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma
Jaya Yogyakarta



Tonny Yuniarto, Departemen Teknik Industri,
Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma
Jaya Yogyakarta



Paulus Wisnu Anggoro, Departemen Teknik
Industri, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta



Wardana Wahyu Dharsono, S3 Departemen
Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Atma
Jaya Yogyakarta