

Membangun dan Mereka Bentuk Meja Putar bagi Menghasilkan Potongan Kayu Bulat dengan Gergaji Pita

Design and Development of a Rotating Table for Circular Wood Cutting with a Band Saw

Abdullah Wagiman^{1,2*}, Muhammad Ruzaini Md Rodzi², Muhammad Saiful
Safwan Mat Farzi², Muhammad Nur Izwan Zulkifli², Hafsa Mohammad
Noor^{1,2}, Suhairi Ismail^{1,2}

¹ Sustainable Product Development (S-ProuD), Center for Diploma Studies,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Pagoh Higher Education Hub, 84600, Pagoh, Johor, MALAYSIA

² Department of Mechanical Engineering, Center for Diploma Studies,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Pagoh Higher Education Hub, 84600, Pagoh, Johor, MALAYSIA

*Pengarang Utama: abdulla@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/mari.2024.05.02.024>

Maklumat Artikel

Diserah: 01 Disember 2023

Diterima: 30 April 2024

Diterbitkan: 30 Jun 2024

Kata Kunci

Gergaji Pita, Aksesori Meja Putar,
Blok Kayu, Pemotongan Bulat

Abstrak

Pada masa ini tiada mesin di pasaran yang direkabentuk khusus untuk pemotongan blok kayu tebal berbentuk segi empat kepada bentuk bulat. Kebiasaannya ia dilakukan secara manual dimana pemotongan dilaksana menggunakan mesin gergaji linear yang memerlukan masa lama dan tidak selamat untuk pengukir. Oleh itu, sistem pemotongan tunggal direkabentuk dan dibangunkan untuk diguna bagi menghasilkan blok kayu bulat. Kerja fabrikasi telah dilaksanakan dan berjaya menghasilkan sebuah prototaip. Ujilari pada prototaip mendapati ia tidak boleh menghasilkan potongan bulat berdiameter 12 inci dan kurang. Manakala pemotongan blok kayu berjejari 13, 14 dan 15 inci memerlukan masa pemotongan selama 25 saat atau lebih bagi mendapatkan pemotongan bulat berkualiti. Masa pemotongan kurang 25 saat akan menghasilkan pemotongan yang kasar serta bentuk yang tidak bulat. Secara umumnya, keputusan ini menunjukkan aksesori meja putar yang direkabentuk dan dibangunkan dalam projek ini berupaya menghasilkan potongan kayu bulat dalam masa yang singkat.

Keywords

Band Saw, Rotary Table Accessor,
Wood Block, Round Cutting

Abstract

Current, there are no machines on the market specifically designed for cutting thick rectangular wood blocks into round shapes. Typically, this is done manually, where multiple cuts are made using a linear saw machine which time consuming and posing safety risks for the operator. Therefore, a single cutting system was designed and developed for use in producing round wood blocks. Fabrication work has been carried out, resulting in a successful prototype. Testing on the prototype found that it cannot produce round pieces with a diameter of 12 inches or less.

Meanwhile, cutting rectangular wood blocks with diameters of 13, 14, and 15 inches requires a cutting time of 25 seconds or more to achieve quality round cuts. Cutting times less than 25 seconds will result in rough cuts and shapes that are not perfectly round. Overall, these findings indicate that the designed and developed rotating table accessory in this project is capable of producing round wood pieces in a short amount of time.

1. Pengenalan

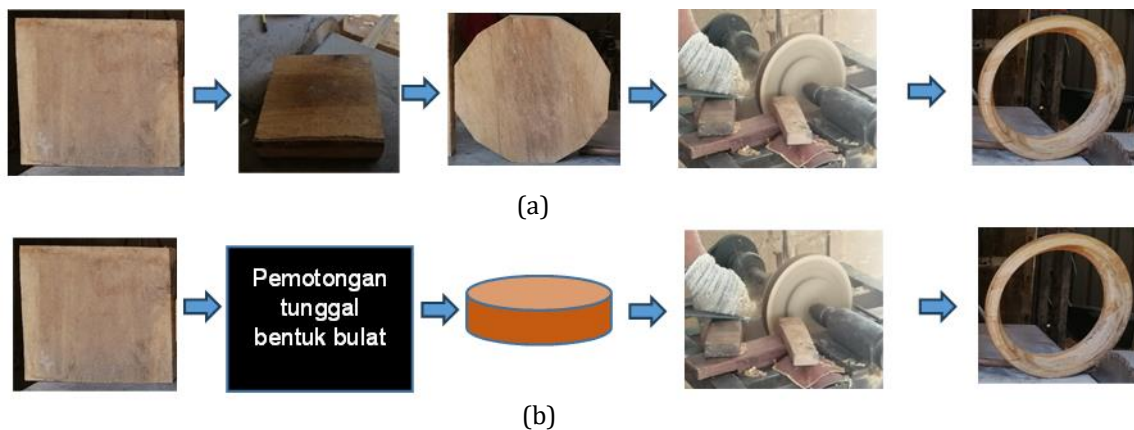
Pada masa ini, kayu merupakan antara bahan mentah yang sering digunakan dalam pelbagai produk dan keperluan pengguna [1]. Kayu menjadi pilihan kerana ia mudah dibentuk serta mempunyai nilai estetika yang menarik [2]. Selain itu, bahan yang diperbuat dari kayu juga mudah dilupuskan dan tidak memberi sebarang kesan pada alam sekitar. Bahan kayu juga mempunyai sifat kekuatan yang baik dan sesuai dengan kebanyakan keperluan dan produk pengguna [3]. Ketersediaan bahan kayu dipasaran serta kos yang berpatutan juga menyumbang kepada kekerapan penggunaan kayu.

Sifat kekuatan yang baik serta proses membentuk yang mudah menyebabkan kayu menjadi bahan pilihan bagi membina rumah, samada berasaskan kayu sepenuhnya dan rumah berasaskan konkrit [4]. Bagi rumah berasaskan konkrit, ia diguna sebagai bahan struktur bumbung, pintu dan juga formwork sementara untuk mencetak rasuk dan lantai konkrit. Sementara itu, nilai estetika kayu yang unik dan menarik membolehkan ia sering diguna untuk bahan perabot, hiasan dalaman rumah serta alatan dapur.

Kayu juga kerap digunakan sebagai rangka alatan muzik tradisional seperti gendang, gambus, rebana, jidor dan kompang [5]. Rangka kayu alatan-alatan muzik dihasilkan dari jenis kayu yang pelbagai. Sebagai contoh, rangka kompang yang juga dikenali sebagai baluh dihasilkan dari kayu pokok leban [6]. Kayu pokok leban kebiasaannya diambil dari hutan. Untuk memindah kayu dari hutan, pembekal-pembekal kayu akan menggunakan kenderaan kecil kerana jalan hutan yang sempit dan tidak berturap. Bagi memudahkan pemindahan kayu dari hutan, kayu-kayu leban akan dipotong kepada blok-blok segi empat sama berketebalan 4 inci.

Pada masa ini proses memotong blok kayu segi empat secara tunggal kepada bentuk bulat adalah kerja yang sukar dilaksanakan [2]. Ini kerana tiada peralatan khusus tersedia dipasaran. Amalan pada masa ini, blok kayu akan dipotong dengan kaedah berbilang menggunakan mesin gergaji bulat (*circular saw*) secara linear hingga hampir bulat [7]. Setelah itu mesin larik akan digunakan untuk melarik blok kayu hampir bulat hingga menjadi bulat sepenuhnya. Proses ini dilaksanakan secara manual sepenuhnya, termasuklah mata alat pelarik yang dipegang oleh pengukir kayu. Selain itu, proses ini juga amat berbahaya kepada pelarik. Ini kerana blok kayu berbucu yang diputar berada dalam keadaan agihan beban pada paksi putaran tidak seimbang. Keadaan ini menyebabkan mesin bergetar dengan kuat dan menyukarkan pengukir untuk melarik blok kayu [8].

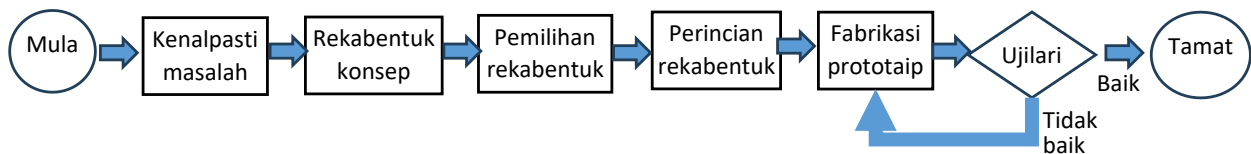
Bagi mempercepatkan proses pemotongan dan meningkatkan keselamatan pengukir, proses pemotongan blok kayu segi empat kepada blok kayu bulat sepenuhnya boleh diperbaiki lagi dengan menggunakan kaedah lain. Ini termasuklah dengan menggunakan kaedah pemotongan tunggal. Dalam kaedah ini kayu blok segi empat akan dipotong secara tunggal tanpa ulang menggunakan gergaji pita berserta aksesori meja putar semi auto [9]. Namun begitu, peralatan ini masih tiada ditawarkan dipasaran. Oleh itu, pembangunan alat aksesori ini amat penting bagi membantu proses pemotongan kayu blok segi empat secara tunggal bagi kegunaan pengusaha kraf kayu seperti perusahaan kompang dan perkakasan lain. Rajah 1 menunjukkan perbandingan antara proses pemotongan blok kayu berbilang dan pemotongan blok kayu bulat secara tunggal.



Rajah 1 Perbezaan keadah pemotongan blok kayu segi empat (a) Kaedah berbilang; (b) Kaedah tunggal

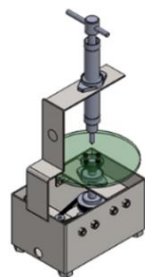
2. Metodologi

Proses pembangunan teknik pemotongan tunggal dalam projek ini melalui beberapa fasa seperti ditunjukkan dalam Rajah 2. Ia bermula dengan mengenal pasti masalah produk. Dalam fasa ini, masalah dan teknik pemotongan blok kayu sedia ada akan difahami dan diperincikan. Berdasarkan masalah sedia ada, beberapa-konsep rekabentuk dihasilkan. Setiap konsep rekabentuk dinilai dan dibincangkan bersama pengusaha kraf kayu bagi mendapatkan kaedah penyelesaian terbaik. Penilaian dilaksanakan berdasarkan faktor-faktor seperti kos memiliki dan penyelenggaraan, masa pemotongan dan ketersediaan alat ganti dipasaran. Setelah konsep dipilih, perincian konsep rekabentuk seperti pemodelan 3-dimensi bagi setiap komponen, lukisan pemasangan dan lukisan tercerai dihasilkan dengan menggunakan perisian SolidWorks. Fabrikasi prototaip dijalankan setelah kesemua rekabentuk diuji menggunakan simulasi pengesanan pelanggaran yang ada dalam perisian SolidWorks. Prototaip yang telah siap difabrikasi seterusnya diuji dengan pemotongan sebenar blok kayu untuk menilai keupayaan rekabentuk dan membuat penambahbaikan.

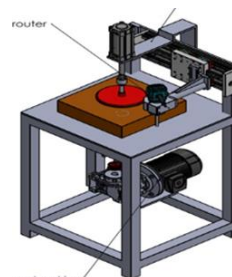


Rajah 2 Carta alir kajian

Beberapa konsep pemotongan yang terdiri dari gabungan pelbagai kaedah pemotongan dan meja putar telah dikaji. Antaranya adalah gabungan mesin kisar dan meja putar, gabungan mesin router dan meja putar, gabungan gergaji pita dan meja putar. Rajah 3(a), (b) dan (c) menunjukkan konsep-konsep yang telah dikaji. Berdasarkan penilaian yang dijalankan, gabungan mesin kisar dan meja putar memerlukan kos permulaan dan penyelenggaraan yang tinggi. Manakala gabungan mesin router dan meja putar memerlukan pemotongan dilaksanakan secara turutan langkah. Ini menyebabkan kaedah ini memerlukan masa yang lama menghampiri kaedah pemotongan sedia ada. Oleh itu, gabungan mesin gergaji pita dan meja putar dipilih bagi menghasilkan pemotongan tunggal kerana ia dapat menghasilkan masa pemotongan yang singkat iaitu tidak melebihi 2 minit. Selain itu ia juga memerlukan kos permulaan dan penyelenggaraan yang rendah dan alat ganti yang mudah didapati dipasaran.



(a)



(b)



(c)



(d)

Rajah 3 Konsep rekabentuk pemotongan tunggal dan prototaip (a) Konsep 1 gabungan mesin kisar dan meja putar; (b) Konsep 2 gabungan mesin router dan meja putar; (c) Konsep 3 gabungan gergaji pita dan meja putar (d) Prototaip mesin gergaji pita dengan aksesori meja putar

Prototaip sistem pemotongan tunggal menggunakan gabungan gergaji pita dan aksesori meja putar ditunjukkan dalam Rajah 3(d). Maksimum ketebalan kayu yang boleh dipotong dengan protaip ini adalah dua inci. Blok kayu perlu diletak pada cakera besi putar yang disambung pada motor menggunakan aci. Meja putar yang direkabentuk mengandungi 2 komponen utama iaitu motor dan meja. Komponen motor diguna untuk memusing blok kayu semasa proses pemotongan agar kayu dipotong berbentuk bulat. Manakala komponen meja berfungsi sebagai tempat meletak komponen motor. Komponen meja dan komponen motor disambung secara sementara dengan menggunakan screw bagi membolehkan pelarasan jarak antara pusat komponen motor dan gergaji. Pelarasan jarak ini bergantung pada diameter baluh yang hendak dihasilkan. Untuk prototaip yang dihasilkan, pelarasan jarak hanya untuk kayu berdiameter 13, 14 dan 15 inci. Pengubahsuaian pada meja putar perlu dilakukan sekiranya ingin memotong kayu selain berdiameter ini.

Komponen motor terdiri dari motor DC, cakera besi, aci berulir skrew, pemutar Tee, lengan pengikat dan suis. Motor yang digunakan mampu menampung beban maksimum 30 kg. Motor dikawal oleh 3 suis utama iaitu suis kecemasan, suis pelaras halaju pemotongan dan suis arah pemotongan. Suis kecemasan ini berfungsi sebagai pemutus sumber tenaga elektrik apabila berlaku kecemasan. Suis laju pemotongan diguna untuk melaras halaju pemotongan mengikut kesesuaian saiz kayu yang hendak dipotong dan juga masa yang diperlukan. Manakala suis arah pemotongan diguna untuk mengeluarkan mata gergaji sekiranya pemotongan tersangkut ketika proses pemotongan sedang berjalan. Komponen motor juga mengandungi pengikat yang berfungsi untuk memegang blok kayu pada cakera besi agar blok kayu turut sama berputar sewaktu cakera besi berputar. Pengikat dihasilkan menggunakan aci berulir skrew yang dihubungnya bersambung dengan pemutar Tee. Ulir skrew yang diguna menghasilkan gerakan sebanyak 1 cm bagi satu putaran.

Komponen meja dibuat berasingan dari gergaji pita supaya gergaji pita masih boleh berfungsi seperti ia diciptakan. Meja putar dihasilkan adalah untuk menambah fungsi sedia ada gergaji pita iaitu untuk pemotongan tunggal kayu berbentuk bulat. Komponen meja mempunyai empat kaki tanpa roda. Roda tidak digunakan agar komponen meja berada tetap pada lokasi yang diletakkan. Komponen meja juga berfungsi untuk melaras jarak antara motor dan gergaji. Walau bagaimanapun ia terhad pada jarak lengan pengikat. Keseluruhan binaan komponen meja dihasilkan menggunakan bar besi sudut bersaiz 50 milimeter x 50 milimeter x 6 milimeter. Bar bersaiz ini dipilih kerana ia telah memadai untuk menampung beban blok kayu dan beban komponen motor. Berdasarkan maklumbalas dari pengusaha kompong, berat blok kayu adalah sekitar 10 hingga 15 kilogram. Manakala berat komponen motor adalah 6 kilogram. Setiap bar besi sudut disambung dengan menggunakan proses kimpalan arka logam gas lengai bagi mendapat binaan yang kukuh.

Prototaip diuji dengan membuat pemotongan tunggal berbentuk bulat berdiameter 14 inci keatas kayu *plywood* berketebalan $\frac{1}{2}$ inci. Ujian dilaksanakan untuk melihat kesan halaju huluran pemotongan terhadap bentuk pemotongan serta kekasaran permukaan pemotongan. Di dalam ujikaji ini, dua parameter masukan telah dikawal iaitu halaju putaran dan diameter bulatan. Manakala hasil pemotongan dibanding dengan template kayu berbentuk bulat berdiameter sama untuk menentukan kualiti kebulatan potongan kayu. Keputusan dinilai secara kualitatif mengikut kategori bulat penuh, bulat berbucu dan bulat separa. Manakala kekasaran permukaan pada setiap hasil pemotongan dicerap dan dibuat perbandingan mengikut kualiti rata, kasar, kasar dan bergerigis.

3. Keputusan dan Perbincangan

Pemerhatian yang dilaksanakan ke atas ujian pemotongan kayu tunggal bentuk bulat mendapati sistem yang dibangunkan mampu memotong bentuk bulat kayu dengan baik. Selain itu, dapat diperhatikan juga perubahan nilai parameter halaju putaran meja dan diameter bulatan kayu yang berbeza akan mempengaruhi kualiti permukaan potong kayu.

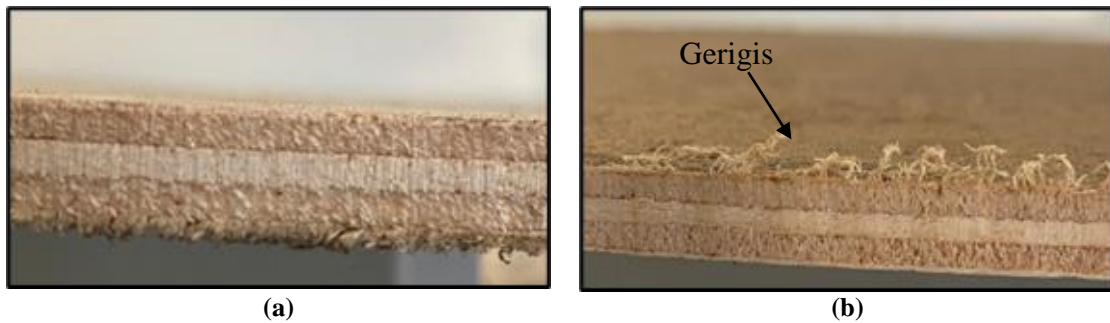
Jadual 1 Kualiti kekasaran permukaan potongan kayu

Halaju putaran meja (RPM)	Diameter pemotongan kayu (Inci)		
	13	14	15
3	Halus	Halus	Halus
5	Kasar	Kasar	Kasar
7	Kasar dan Bergerigis	Kasar dan Bergerigis	Kasar dan Bergerigis

Jadual 1 memaparkan kualiti permukaan kayu yang dipotong dengan halaju putaran meja dan diameter berbeza. Didapati, peningkatan halaju putaran meja akan menghasilkan kualiti permukaan potong yang lebih kasar berbanding dengan pemotongan menggunakan halaju putaran meja pada tahap rendah. Keadaan ini adalah disebabkan halaju putaran meja pada tahap kelajuan tinggi akan menyebabkan lebih banyak serat kayu tidak sempat dipotong oleh mata gergaji dan akibatnya lebih banyak serat kayu ditarik oleh mata gergaji dari dipotong dan seterusnya menyebabkan permukaan bergerigis [10]. Selain itu, keputusan juga menunjukkan diameter

berbeza tidak memberikan kesan ketara pada kualiti permukaan potong kayu. Ini kerana julat diameter pemotongan kayu yang diuji masih sesuai dengan kelajuan mata gergaji pita dan halaju putaran meja.

Rajah 4 menunjukkan permukaan kayu yang dipotong dengan halaju yang berbeza. Rajah 4(a) menunjukkan tiada serat kayu terkeluar yang menyebabkan permukaan kayu bergerigis. Namun begitu, serat kayu yang ditarik jelas kelihatan pada Rajah 4(b). Serat ini akan menyebabkan permukaan kayu bergerigis dan kasar. Permukaan potong yang bergerigis perlu di buang pada proses akhir pembuatan bagi mengekalkan rupa estetika dan tarikan pengguna.



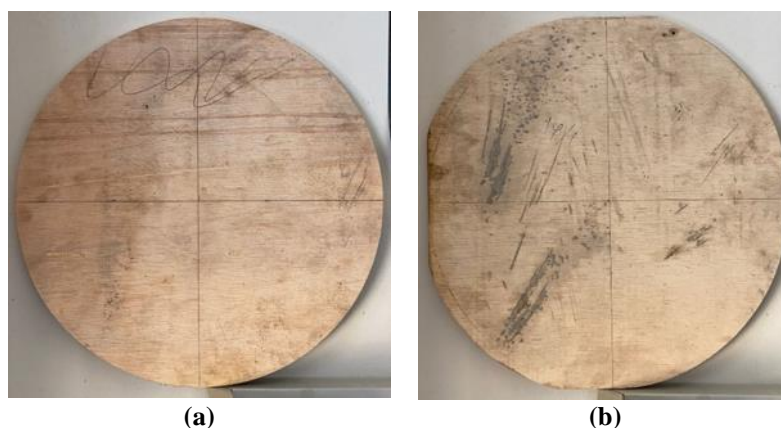
Rajah 4 Kualiti permukaan kayu (a) Kasar; (b) kasar dan bergerigis

Jadual 2 memaparkan kualiti kebulatan kayu yang dipotong dengan halaju putaran meja dan diameter berbeza. Didapati, peningkatan halaju putaran meja akan menghasilkan kualiti kebulatan potong yang lebih buruk berbanding dengan pemotongan menggunakan halaju putaran meja pada tahap rendah. Keadaan ini adalah disebabkan halaju putaran meja pada tahap kelajuan tinggi akan menyebabkan kayu tidak sempat dipotong oleh mata gergaji dan akibatnya mata gergaji tidak berada pada kedudukan tangen pada kebulatan kayu. Mata gergaji akan terbiuh dari kedudukan asal dan seterusnya menyebabkan pemotongan tidak menghasilkan kebulatan penuh [11]. Selain itu, keputusan juga menunjukkan diameter berbeza tidak memberikan kesan ketara pada kualiti kebulatan potong kayu. Ini kerana julat diameter pemotongan kayu masih sesuai dengan kelajuan mata gergaji pita dan halaju putaran meja.

Jadual 2 Kualiti kebulatan potongan kaayu

Halaju putaran meja (RPM)	Diameter pemotongan kayu (Inci)		
	13	14	15
3	Bulat penuh	Bulat penuh	Bulat penuh
5	Bulat berbucu	Bulat berbucu	Bulat penuh
7	Bulat separa	Bulat separa	Bulat separa

Rajah 5 menunjukkan hasil pemotongan kayu yang dipotong dengan halaju putaran meja yang berbeza dan diameter berbeza. Tiada tanda kebulatan kayu terbiuh pada Rajah 5(a) yang dipotong pada kelajuan rendah. Namun begitu, potongan kayu jelas kelihatan terbiuh dari bentuk bulat pada Rajah 5(b) yang dipotong pada kelajuan tinggi. Potongan kayu yang bulat teruk akan memerlukan penambahan proses akhir pembuatan atau sekiranya tidak boleh diperbaiki ia akan menyebabkan pembaziran bahan mentah dan perlu dielakkan.



Rajah 5 Imej kualiti kebulatan kayu (a) bulat penuh; (b) bulat separa

4. Kesimpulan

Kaedah pemotongan tunggal dengan menggunakan gergaji pita berserta aksesori meja putar yang direkabentuk ini dapat meningkatkan masa memotong kayu tanpa ada lagi segi pada hasil pemotongan seperti yang dihasilkan oleh kaedah pemotongan berbilang. Keadaan ini membolehkan proses selanjutnya iaitu pengukiran kayu dengan mesin larik dapat diputar dengan lebih laju dan tiada gegaran khususnya diawal permulaan proses. Namun begitu, penggunaan aksesori ini juga mempunyai keterbatasan keupayaannya. Untuk menghasilkan pemotongan kayu yang mempunyai kualiti kebulatan serta hasil pemurkaan potong yang baik, proses pemotongan perlu dilaksanakan pada aras halaju putaran yang sesuai. Halaju putaran meja putar yang tinggi akan menyebabkan bentuk bulat terherot serta permukaan potong yang bergerigis. Kualiti ini akan menjadi lebih baik dengan menggunakan halaju dibawah 4 PPM. Secara umumnya, aksesori meja putar yang dihasilkan dapat membantu dalam proses pemotongan tunggal kayu dari bentuk segi empat kepada bentuk bulat sepenuhnya.

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Pusat Pengajian Diploma, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongannya.

Konflik Kepentingan

Penulis mengumumkan bahawa tidak ada konflik kepentingan yang berkaitan dengan penerbitan makalah ini.

Sumbangan Penulis

Penulis mengesahkan sumbangan kepada kertas ini seperti berikut: **konsepsi dan reka bentuk kajian:** Abdullah Wagiman; **pengumpulan data:** Muhammad Ruzaini Md Rodzi, Muhammad Saiful Safwan Mat Farzi, Muhammad Nur Izwan Zulkifli; **analisis dan interpretasi hasil:** Abdullah Wagiman, Muhammad Ruzaini Md Rodzi, Muhammad Saiful Safwan Mat Farzi, Muhammad Nur Izwan Zulkifli; **penyediaan draf manuskrip:** Abdullah Wagiman, Muhammad Ruzaini Md Rodzi, Muhammad Saiful Safwan Mat Farzi, Muhammad Nur Izwan Zulkifli, Hafsa Mohammad Noor, Suhairi Ismail. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip.

Rujukan

- [1] M. E. Zulkifli, Z. Zulkefli, M. Afif, D. Azeli, and A. A. Kadir, "Physical and Mechanical Properties of Particle Board Produced by Sawdust and Straw Rice," *Multidiscip. Appl. Res. Innov.*, vol. 5, no. 1, pp. 133–140, 2024.
- [2] S. Awuni, "Traditional Wood Carving and Contemporary Wood Sculpture in Ghana," *J. African Art Educ.*, vol. 3, no. 2, pp. 21–48, 2023, doi: 10.59739/jaae.v3i2.082302.
- [3] M. Noor, N. Kassim, M. A. Ibrahim, T. H. Yao, M. Aliff, and A. Wan, "Papan Dobi Selaju," *Multidiscip. Appl. Res. Innov.*, vol. 2, no. 1, pp. 312–322, 2021.
- [4] M. Salzberger, "Shape-Changing Wood Joints in Crafts and Industry and Their Potential for Building Construction and Wood Culture," *Int. J. Wood Cult.*, no. March, pp. 1–37, 2024, doi: 10.1163/27723194-bja10031.
- [5] W. A. Siswanto and M. Syiddiq, "Demonstration of comparison between goat skin and X-ray film membranes on traditional musical instrument kompong," *Pertanika J. Sci. Technol.*, vol. 26, no. 2, pp. 585–598, 2018.
- [6] A. E. Ismail, K. A. Arif, M. N. Yahya, W. A. Siswanto, and I. Nawi, "Analysis of Sound Produced by a Traditional Malay Musical Instrument 'Kompang,'" *Appl. Mech. Mater.*, vol. 773–774, no. July, pp. 53–57, 2015, doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.773-774.53.
- [7] J. Krilek *et al.*, "Analysis of Cutting Forces in Cross-Sawing of Wood: A Study of Sintered Carbide and High-Speed Steel Blades," *Forests*, vol. 14, no. 7, 2023, doi: 10.3390/f14071395.
- [8] H. M. Hassim *et al.*, "Automated Lathe Machine," vol. 2, no. 1, pp. 302–311, 2021.
- [9] B. Thibaut *et al.*, "Wood machining with a focus on French research in the last 50 years," *Ann. For. Sci.*, vol. 73, no. 1, pp. 163–184, 2016, doi: 10.1007/s13595-015-0460-2.
- [10] R. Kr and K. Pu, "The stress state of the wood bandsaws in working conditions," no. February, 2023.
- [11] A. Gudkov, "Solving the problem of optimizing the cutting of wood whips with curvature," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 875, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/875/1/012009.