

PENGARUH DURASI PERENDAMAN TERHADAP KEKUATAN CABUT SEKRUP PADA PAPAN PARTIKEL

Yudhi Arnandha¹, Aulya Fitriyanti² dan Anis Rakhmawati³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman No 39, Potrobangsari,
Magelang Utara, Kota Magelang, Jawa Tengah

Email: ¹yudhiarnandha@untidar.ac.id, ²aulya.fitriyanti@students.untidar.ac.id, ³anisrakhmawati@untidar.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan papan partikel tidak hanya digunakan untuk keperluan dimana papan selalu dalam keadaan kering, tetapi juga dapat dimanfaatkan untuk keperluan eksterior yang berpotensi bersinggungan dengan air secara langsung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh durasi rendaman terhadap kuat cabut sekrup papan partikel. Variasi durasi rendaman yang digunakan untuk penelitian ini yaitu 0 jam, 8 jam, 16 jam, dan 24 jam. Jenis sekrup yang digunakan yaitu sekrup kayu dengan diameter 8 mm dan panjang 30 mm. Papan partikel memiliki tebal 20 mm. Pengujian sifat fisik papan partikel mengacu pada SNI 03-2105-2006 dilakukan di Laboratorium Struktur, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, sedangkan pengujian kuat cabut sekrup mengacu pada ASTM D1761 dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada. Nilai rata-rata kuat cabut sekrup dengan variasi rendaman 0 jam, 8 jam, 16 jam, dan 24 jam berturut-turut yaitu sebesar 51,43 kg/cm², 25,94 kg/cm², 28,06 kg/cm², dan 27,84 kg/cm². Nilai kuat cabut sekrup dengan rendaman mulai dari 8 jam sampai dengan 24 jam tidak memenuhi syarat minimum sesuai SNI 03-2105-2006, nilai di bawah 31 kg/cm². Oleh karena itu, sambungan papan partikel dengan sekrup tidak disarankan untuk keperluan eksterior atau yang kontak langsung dengan air.

Kata kunci: durasi rendaman, kuat cabut sekrup, papan partikel

1. PENDAHULUAN

Potensi hutan dalam menghasilkan kayu untuk digunakan sebagai bahan bangunan atau produk berbahan kayu solid sebagai bahan baku semakin berkurang. Kebutuhan material kayu dalam negeri saat ini sebesar 6 juta m³ hingga 72 m³ per tahun. Namun ketersediaan Hutan Alam, Hutan Tanaman Rakyat dan Hutan Tanaman Industri hanya 38 juta m³ per tahun. Oleh karena itu, terjadi defisit suplai pasokan bahan kayu sekitar 34 juta m³ per tahun. Menghadapi permasalahan tersebut, pemerintah menghimbau industri pengolahan kayu untuk memproduksi kayu olahan atau material pengganti kayu solid salah satunya adalah papan partikel. Papan partikel yang dibuat dari serbuk kayu dapat menjadi alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan untuk mengurangi kebutuhan akan kayu solid. Dengan demikian, diharapkan dapat menurunkan angka defisit suplai pasokan bahan kayu dan meningkatkan kualitas lingkungan (Aminah dkk, 2018).

Furnitur kayu semakin populer dalam desain interior, terutama *kitchen set*, meja, dan pintu. Kayu merupakan sumber daya penting untuk banyak kegunaan, namun ketersediaan bahan mentah semakin berkurang dan harganya meningkat. Kayu komposit atau papan partikel dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan kayu. Papan partikel relatif ringan dan tidak mudah melengkung. Kebutuhan akan kayu dengan kualitas unggul dengan biaya lebih rendah dan berat lebih ringan dibandingkan kayu solid telah memfasilitasi pengembangan produk baru yang memenuhi kebutuhan pasar. Inovasi ini telah menghasilkan jenis kayu dengan kualitas dan kualitas yang sangat baik. Papan partikel dan jenis kayu lainnya dapat digunakan untuk mengatasi masalah ini (Safitri, E. dkk, 2024).

Menurut Owadunni, dkk (2020), papan partikel adalah bahan papan komposit alternatif pengganti kayu yang terbuat dari campuran serbuk kayu, serat kayu, atau chip kayu yang diikat bersama dengan lem sintesis, lalu dipres atau ditekan menjadi lembaran-lembaran keras. Selain dari serpihan kayu, pemanfaatan limbah seperti limbah sekam padi, tebu, dan lain-lain juga bisa dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan papan partikel agar mendapat harga yang kompetitif (Ayu & Kurniadi, 2019).

Papan partikel memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan kayu alami artinya papan partikel tidak terikat oleh simpul dan retak, terlebih lagi ukuran dan kepadatannya dapat diatur sesuai kebutuhan, serta mempunyai sifat

Corresponding Author

E-mail Address : yudhiarnandha@untidar.ac.id

isotropik yang dapat meningkatkan sifat dan kualitasnya (Onat dkk, 2023). Papan partikel sudah banyak digunakan dalam komponen non konstruksi seperti pembuatan perabotan rumah tangga seperti lemari, meja, dan rak buku. Papan partikel sudah menjadi alternatif yang populer dalam berbagai industri terutama dalam penggunaan bahan bangunan (Fauziah dkk, 2014).

Pembuatan produk dengan papan partikel atau kayu tidak terlepas dengan penggunaan sekrup atau paku sebagai alat pengencang mekanik. Sekrup tidak banyak digunakan seperti paku atau lag screw dalam konstruksi kayu, namun ulir sekrup lebih baik dalam menahan gaya getaran dan gaya cabut. Untuk mengetahui kekuatan mekanik suatu papan partikel dapat dilihat dari kesanggupan papan partikel dalam menopang sekrup yang terpasang pada papan partikel atau kuat cabut sekrup (Rizkiani, 2016).

Penggunaan papan partikel tidak hanya digunakan untuk keperluan dimana papan selalu dalam keadaan kering, tetapi juga dapat dimanfaatkan untuk keperluan eksterior yang berpotensi bersinggungan dengan air secara langsung. Mutu papan partikel dapat diuji salah satunya dengan pengujian kuat cabut sekrup. Variasi durasi rendaman papan partikel digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh durasi perendaman papan partikel terhadap kekuatan cabut sekrup. Data kekuatan cabut sekrup sebagai pengencang mekanik sangat dibutuhkan agar didapatkan kekuatan yang maksimum pada produk papan partikel. Analisis dan pengujian terhadap kekuatan cabut sekrup juga sangat penting untuk mengetahui batas kekuatan yang dapat dicapai pada produk tersebut. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui besar nilai kuat cabut sekrup terhadap durasi perendaman pada papan partikel menggunakan uji eksperimen dan hasil uji akan dibandingkan dengan syarat minimum sejalan dengan SNI 03-2105-2006.

2. METODE

Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan beberapa referensi mengenai pengujian kuat cabut sekrup papan partikel. Metode pengujian sifat fisik papan partikel mengacu pada SNI 03-2105-2006 tentang “Papan Partikel” dan pengujian kuat cabut sekrup mengacu pada ASTM D1761 *Standard Test Methods for Mechanical Fasteners in Wood*. Papan partikel yang digunakan memiliki tebal 20 mm dan sekrup yang digunakan merupakan sekrup kayu dengan panjang 30 mm dan diameter 8 mm. Variasi yang digunakan merupakan durasi rendaman yaitu durasi 0 jam, 8 jam, 16 jam, dan 24 jam. Data primer diperoleh dari hasil pengujian kadar air, kerapatan, pengembangan tebal, dan kuat cabut sekrup yang dilakukan di laboratorium. Data sekunder diperoleh dari SNI 03-2105-2006, ASTM D1761, dan penelitian terdahulu. Variasi benda uji pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Variasi Benda Uji

No	Jenis Pengujian	Kode Benda Uji	Jumlah	Ukuran (mm)	Keterangan
1	Uji kadar air	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10	10	50 x 50 x 20	
2	Uji kerapatan	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10	10	50 x 50 x 20	
3	Uji pengembangan tebal	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10	10	50 x 50 x 20	
4	Uji kuat cabut sekrup	P1, P2, P3, P4 Q1, Q2, Q3, Q4 R1, R2, R3, R4 S1, S2, S3, S4	16	100 x 50 x 20	P = durasi 0 jam Q = durasi 8 jam R = durasi 16 jam S = durasi 24 jam

Papan Partikel

Menurut Mohammed dkk (2016), papan partikel merupakan bahan berupa papan kayu yang terbuat dari kayu lunak atau limbah alami seperti sekam padi yang digiling menjadi bubuk kasar, kemudian dipres dengan mesin hingga menjadi papan. Papan partikel mudah dipotong, dibentuk, dan dibor dengan peralatan standar karena sifatnya yang cenderung stabil dan tidak mudah berubah bentuknya. Standar mutu papan partikel mengacu pada SNI 03-2105-2006 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Standar Mutu Papan Partikel

Sifat Papan Partikel	Persyaratan
Kadar air (%)	<14%
Kerapatan (gr/cm ³)	0,40 – 0,90

Pengembangan tebal (%)	<20%
Penyerapan air	-
Modulus elastisitas (kg/cm ²)	>15.000
Modulus patah (kg/cm ²)	>80
Kuat rekat internal (kg/cm ²)	>1,5
Kuat cabut sekrup (kg/cm ²)	31

Kerapatan

Kerapatan merupakan perbandingan dari massa dengan volume benda uji. Uji ini dilakukan dengan mengukur massa dengan timbangan, dan dimensi benda uji dengan jangka sorong (Hasan dkk., 2019). Menurut SNI 03-2105-2006 nilai kerapatan papan partikel dapat dihitung dengan Persamaan 2.

$$\rho = \frac{B}{I} \quad (1)$$

dengan: ρ = Kerapatan (gr/cm³), B = Berat (gr), dan I = Isi = panjang x lebar x tebal (cm³)

Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal merupakan sifat yang menunjukkan apakah papan partikel dapat digunakan di dalam atau di luar ruangan. Semakin tinggi nilai pengembangan tebal berarti papan tidak dapat digunakan untuk keperluan eksterior karena tidak akan bertahan lama (Aminah dkk, 2018). Benda uji yang digunakan pada uji pengembangan tebal sebesar 5 cm x 5 cm x 2 cm. Persamaan untuk menghitung nilai pengembangan tebal adalah sebagai berikut:

$$PT (\%) = \frac{t_b - t_a}{t_a} \times 100\% \quad (2)$$

dengan: PT = Pengembangan tebal (%), t_b = Tebal setelah perendaman (mm), dan t_a = Tebal sebelum perendaman (mm)

Kuat Cabut Sekrup

Salah satu sifat mekanika papan partikel adalah kekuatan cabut sekrup, yang menunjukkan seberapa baik papan mempertahankan sekrup terhadap gaya tarik dari luar (Souza dkk, 2014). Menurut ASTM D1761 (2012) pada saat pengujian sekrup harus dipasang ke dalam benda uji sepanjang bagian ulir atau dua pertiga dari panjang sekrup jika diulir seluruhnya. Sekrup ditarik dengan alat Universal Testing Machine dan alat akan menunjukkan batas maksimum beban yang dapat ditahan oleh papan partikel. Perhitungan kuat cabut sekrup dinyatakan pada Persamaan 1.

$$F_{tc} = \frac{P_{maks}}{A_{sekrup}} \quad (3)$$

dengan F_{tc} = kuat cabut sekrup (kg/cm²), P_{maks} = beban maksimum (kg), dan A_{sekrup} = luas penampang sekrup (cm²)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air Papan Partikel

Pengujian kadar air pada papan partikel ditentukan dengan alat ukur kelembaban pada kayu atau jumlah air yang terkandung pada papan partikel, biasa disebut sebagai *moisture meter*. Jarum pada moisture meter yang dilengkapi dengan sensor ditusukkan ke benda uji dan alat akan menampilkan hasil uji berupa angka persentase kadar air. Hasil pengujian kadar air papan partikel diperoleh nilai rata-rata sebesar 13,11%. Hal ini menunjukkan bahwa papan partikel telah memenuhi syarat yang tercantum pada pedoman SNI 03-2105-2006 dimana kadar air papan partikel harus kurang dari 14%.

Kerapatan Papan Partikel

Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar. Pengujian kerapatan papan partikel dilakukan dengan sampel benda uji sebanyak 10 buah. Berdasarkan data hasil pengujian kerapatan papan partikel diperoleh nilai rata-rata kerapatan papan partikel sebesar $0,69 \text{ gr/cm}^3$. Berdasarkan SNI 03-2105-2006, kerapatan papan partikel yang baik nilainya berada di antara $0,4-0,9 \text{ gram/cm}^3$. Papan partikel yang digunakan telah memenuhi syarat.

Pengembangan Tebal

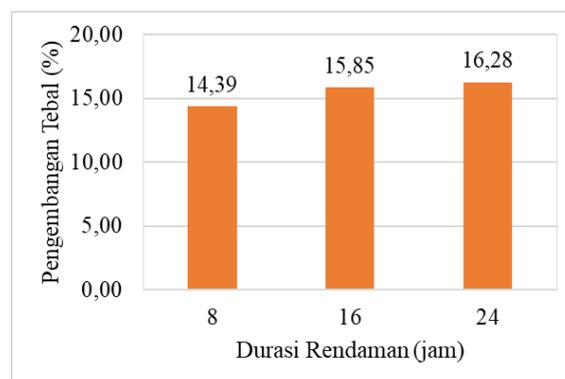
Pada penelitian ini, pengujian pengembangan tebal dilakukan dalam durasi perendaman 8 jam, 16 jam, dan 24 jam untuk mengetahui perbedaan signifikan dari pengembangan tebal dari benda uji. Pengembangan tebal semakin meningkat seiring dengan durasi rendaman. Data hasil pengujian pengembangan tebal dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Pengembangan Tebal

KODE	Ta (mm)	Tb (mm)			Pengembangan Tebal (%)		
		8 jam	16 jam	24 jam	8 jam	16 jam	24 jam
C1	20,42	23,25	23,59	23,61	13,86	15,55	15,66
C2	20,49	23,55	23,86	23,92	14,95	16,46	16,74
C3	20,32	23,22	23,56	23,61	14,26	15,97	16,18
C4	20,40	23,42	23,53	23,59	14,82	15,37	15,65
C5	20,44	23,51	23,90	23,94	15,06	16,94	17,14
C6	20,61	23,16	23,45	23,63	12,39	13,81	14,64
C7	20,47	23,58	23,85	24,02	15,18	16,51	17,37
C8	20,51	23,50	23,80	23,91	14,55	16,04	16,55
C9	20,32	23,21	23,52	23,59	14,20	15,72	16,07
C10	20,49	23,50	23,80	23,93	14,67	16,13	16,76
Rata-rata	20,44	23,39	23,69	23,77	14,39	15,85	16,28

Keterangan: ta = tebal papan sebelum direndam, tb = tebal papan setelah direndam

Berdasarkan data hasil pengujian diperoleh nilai rata-rata pengembangan tebal durasi 8 jam sebesar 14,39%, durasi 16 jam sebesar 15,85%, dan durasi 24 jam sebesar 16,28%. Papan partikel telah memenuhi syarat sesuai SNI 03-2105-2006, nilai pengembangan tebal di bawah 20%. Grafik pengembangan tebal ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Grafik Pengembangan Tebal

Kuat Cabut Sekrup

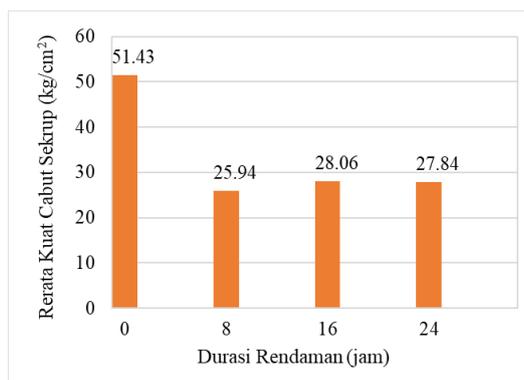
Pengujian kuat cabut sekrup ini menggunakan penetrasi kedalaman sekrup sebesar 1,9 cm. Pengujian dilakukan dengan kecepatan mesin UTM yaitu 2,5 mm/menit hingga didapat nilai beban maksimum yang dapat ditahan oleh papan partikel untuk memegang sekrup. Pada mesin UTM tertera nilai beban maksimum yang selanjutnya diolah untuk mendapatkan nilai kuat cabut sekrup dengan Persamaan 3.

Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada. Hasil pengujian kuat cabut sekrup disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Cabut Sekrup

Variasi	Kode Benda Uji	Durasi Perendaman (jam)	Luas Penampang Sekrup (cm ²)	Beban Maks (kN)	Beban Maks (kg)	Kuat Cabut Sekrup (kg/cm ²)	Kuat Cabut Sekrup Rata-Rata (kg/cm ²)
1	P1	0	2,28	1,14	116,25	50,99	51.43
	P2		2,28	1,17	119,30	52,33	
	P3		2,28	1,05	107,07	46,96	
	P4		2,28	1,24	126,44	55,46	
2	Q1	8	2,28	0,64	65,26	28,62	25.94
	Q2		2,28	0,58	59,14	25,94	
	Q3		2,28	0,53	54,04	23,70	
	Q4		2,28	0,57	58,12	25,49	
3	R1	16	2,28	0,72	73,42	32,20	28.06
	R2		2,28	0,57	58,12	25,49	
	R3		2,28	0,63	64,24	28,18	
	R4		2,28	0,59	60,16	26,39	
4	S1	24	2,28	0,67	68,32	29,96	27.84
	S2		2,28	0,57	58,12	25,49	
	S3		2,28	0,58	59,14	25,94	
	S4		2,28	0,67	68,32	29,96	

Berdasarkan data hasil pengujian kuat cabut sekrup, papan partikel dengan durasi 0 jam (tanpa perendaman) telah memenuhi syarat sesuai SNI bahwa kuat cabut sekrup minimum yaitu 31 kg/cm². Akan tetapi, papan partikel dengan perlakuan perendaman dengan durasi 8 jam sampai dengan 24 jam tidak memenuhi syarat minimum SNI, nilai di bawah 31 kg/cm². Papan partikel dengan variasi tanpa rendaman (P) memiliki nilai kuat cabut sekrup tertinggi dengan rata-rata kuat cabut sekrup sebesar 51,43 kg/cm², variasi rendaman 8 jam (Q) nilai rata-rata kuat cabut sekrup sebesar 25,94 kg/cm², variasi rendaman 16 jam (R) nilai rata-rata kuat cabut sekrup sebesar 28,06 kg/cm² dan variasi rendaman 24 jam (S) nilai rata-rata kuat cabut sekrup sebesar 27,84 kg/cm². Grafik data kuat cabut sekrup ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



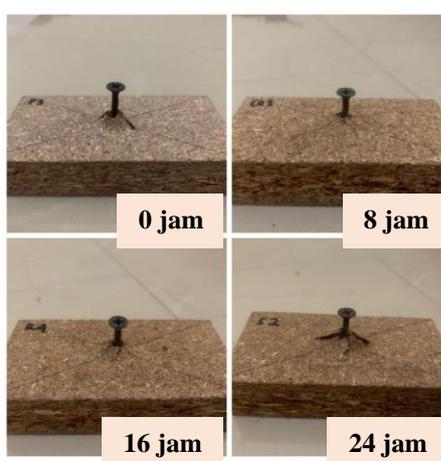
Gambar 2. Grafik Rata-Rata Kuat Cabut Sekrup

Pengembangan tebal dapat mempengaruhi nilai kuat cabut sekrup. Semakin tinggi nilai pengembangan tebal pada papan partikel, maka daerah yang menekan ulir sekrup makin besar sehingga kuat cabut sekrup lebih besar. Rata-rata kuat cabut sekrup dengan variasi rendaman 16 jam dengan durasi 24 jam terjadi penurunan disebabkan oleh pengembangan tebal tidak mengalami kenaikan secara signifikan, dan penurunan kuat cabut sekrup tidak terlalu besar. Perbandingan nilai kuat cabut sekrup papan partikel variasi rendaman dan papan partikel tanpa rendaman dapat ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Kuat Cabut Sekrup Variasi Rendaman dan Tanpa Rendaman

Variasi Durasi Rendaman	Rata-Rata Kuat Cabut Sekrup (kg/cm ²)	Kuat Cabut Sekrup Tanpa Rendaman (kg/cm ²)	Beda (%)
8 jam	25.94	51.43	49.57
16 jam	28.06	51.43	45.43
24 jam	27.84	51.43	45.87

Pengujian kuat cabut sekrup tentu menyebabkan kerusakan pada benda uji. Benda uji mengalami kehancuran di sekitar sekrup. Benda uji pecah di sekitar sekrup disebabkan oleh ulir pada sekrup ketika dicabut terhadap tegak lurus arah ulirnya. Kerusakan terjadi pada papan partikel bukan pada sekrup.



Pada benda uji variasi rendaman 24 jam terjadi pecah atau retak di sekitar sekrup yang lebih besar dibandingkan variasi yang lainnya dikarenakan kandungan air yang lebih besar sehingga papan partikel lebih mudah retak. Papan partikel yang terus menerus terkena air dapat mengalami pembusukan. Oleh karena itu, sambungan papan partikel dengan sekrup tidak disarankan untuk keperluan eksterior atau yang bersinggungan dengan air secara langsung. Jika diperlukan pembuatan produk atau sambungan papan partikel yang berpotensi dapat kontak dengan air secara

langsung, papan partikel dapat dilapisi dengan lapisan tambahan yang tahan air seperti cat atau veneer kayu pada permukaan papan partikel untuk mencegah terjadi kerusakan.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian sifat fisik papan partikel kadar air, kerapatan papan partikel, dan pengembangan tebal telah memenuhi syarat sesuai SNI 03-2105-2006. Rata-rata kadar air sebesar 13,11%, kerapatan papan partikel sebesar 0,69 gram/cm³, dan pengembangan tebal sebesar 16,28% pada durasi perendaman 24 jam. Nilai rata-rata kuat cabut sekrup dengan variasi rendaman 0 jam, 8 jam, 16 jam, dan 24 jam berturut-turut yaitu sebesar 51,43 kg/cm², 25,94 kg/cm², 28,06 kg/cm², dan 27,84 kg/cm². Nilai kuat cabut sekrup dengan variasi rendaman mulai durasi 8 jam sampai dengan 24 jam tidak memenuhi syarat minimum sesuai SNI 03-2105-2006, nilai di bawah 31 kg/cm². Oleh karena itu, sambungan papan partikel dengan sekrup tidak disarankan untuk keperluan eksterior atau yang kontak langsung dengan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminah dkk. (2018). "Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel dari Limbah Kayu Acacia Crassicarpa pada Beberapa Ukuran Partikel dan Konsentrasi Urea Formaldehida". *Jurnal Hutan Lestari*, Vol. 6, 557-568
- Ayu, D. S., & Kurniadi, E. (2019). "Ketahanan Papan Partikel Terhadap Suhu Tinggi, Serapan Air dan Perilaku Patah". *Jurnal Nasional Teknologi Terapan (JNTT)*, Vol. 2, 230-243
- Fauziah, Wahyuni, D., & Lapanporo, B. P. (2014). "Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel Berbahan Dasar Sekam Padi". *Positron*, Vol. 4, 60-63
- Hasan, H., Sahara, S., & Zelviani, S. (2019). "Pengujian Kerapatan dan Kadar Air serta Pengujian Koefisien Absorpsi untuk Mengetahui Pengaruh Variasi Ketebalan dan Frekuensi terhadap Papan Akustik Berbahan Dasar Daun Pandan Duri (Pandanus Tectorius)". *JFT : Jurnal Fisika Dan Terapannya*, Vol. 6, 113-120
- Mohammed dkk. (2016). "Physical And Mechanical Properties Of Particleboard Made From Rice Husk". *Proceedings of the Fourth International Conference on Engineering and Technology Research*, Minna, 23 – 25 February 2016, 4, 10-315
- Onat dkk. (2023). "Particle board density and surface quality". *Internasional Conference on Contemporary Academic Research ICCAR*, Konya, 4-5 November 2023, 1, 175-179
- Owadunni, A, dkk. (2020). "Adhesive application on particleboard from natural fibers". *Polymer Composites*, Vol.41, 4448-4460
- Papan Partikel. (2006). *SNI 03-2105-2006*, Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta
- Rizkiani, S. N. (2016). "Uji Eksperimental Kuat Cabut Sekrup pada Kayu". *Mekanika*, Vol. 1, 43-48
- Safitri dkk. (2024). "Karakteristik Papan Partikel Berbahan Limbah Ecofriendly". *Jurnal Teknik Sipil Universitas Negeri Padang*, Vol. 5, EISSN:2722-1032
- Souza dkk. (2014). "Screw Pullout Strength in Particleboards Manufactured with Waste of Eucalyptus grandis Wood Specie and Oat Hulls". *International Journal of Composite Materials*, Vol. 4, 162-167
- Standard Test Methods for Mechanical Fasteners in Wood. (2012). *ASTM D1761-88*, Pensylvenia