

Sifat Mekanik Kulit Batang Sagu Pada Berbagai Kondisi

Idawati Supu^{1*}, Eka Pratiwi Tenriawaru², Sunarti Cambaba²

¹Program Studi Fisika, Fakultas Sains, Universitas Cokroaminoto Palopo

²Program Studi Biologi, Fakultas Sains, Universitas Cokroaminoto Palopo

Abstrak

Produksi sagu menghasilkan limbah kulit batang sagu yang berpotensi sebagai alternatif bahan baku pengganti kayu. Untuk pemanfaatan tersebut, sifat mekanik kulit batang sagu pada berbagai kondisi perlu diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kuat tekan dan *Modulus of Rupture* (MOR) kulit batang sagu pada berbagai kondisi dengan standar JIS A 5908-2003 dan SNI 01-0608-89 serta untuk mengetahui perlakuan terbaik untuk kulit batang sagu. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 3 perlakuan, yaitu kondisi basah, kering angin, dan kering oven. Setiap perlakuan diuji kuat tekan dan MOR. Hasil uji kuat tekan kulit batang sagu dengan pengujian sejajar serat pada kondisi basah, kering angin, dan kering oven berturut-turut adalah 143,28 N/mm², 64,09 N/mm², dan 42,59 N/mm². Sedangkan untuk MOR berturut-turut adalah 81,96 N/mm², 87,29 N/mm², dan 59,72 N/mm². Hasil tersebut menunjukkan bahwa kuat tekan dan MOR kulit batang sagu pada berbagai kondisi memenuhi standar JIS A 5908-2003 dan SNI 01-0608-89. Perlakuan terbaik terhadap kuat tekan adalah pada kondisi basah, sedangkan untuk MOR adalah pada kondisi kering angin.

Kata kunci: kulit batang sagu, kuat tekan, *modulus of rupture*, kondisi kulit batang sagu

Abstract

Sago production produce sago bark that potential as alternative of wood substitute war material. For such utilization, the mechanical properties of sago bark in various conditions need to be known. This study aimed to compare the compression strength and *modulus of rupture* (MOR) of sago bark in various conditions with JIS A 5908-2003 and SNI 01-0608-89 standards and the best conditions of sago bark. This was an experimental research and used completely randomized design (CRD) with three treatments: wet, dried by wind, and dried by oven. Each treatment was tested for compression strength and MOR. The compression strength parallel to the grain of sago bark in wet, dried by wind, and dried by oven was 143,28 N/mm², 64,09 N/mm², and 42,59 N/mm². While for MOR are 81,96 N/mm², 87,29 N/mm², and 59,72 N/mm². These results show that the compression strength and MOR of sago bark in various conditions matched with JIS A 5908-2003 and SNI 01-0608-89 standards, The best treatment of compression strength was in wet conditions and MOR was in dried by wind conditions.

Keywords: sago bark, compression strength, *modulus of rupture*, sago bark conditions

PENDAHULUAN

Sagu merupakan salah satu tanaman yang dibudidayakan oleh masyarakat di Indonesia, khususnya di kabupaten Luwu dan Luwu Utara Propinsi Sulawesi Selatan. Permintaan terhadap pati sagu semakin meningkat dari tahun ke tahun [1], [2]. Peningkatan produksi tersebut diprediksi akan semakin bertambah seiring dengan rencana pendirian *sago technopark* di Kota Palopo.

Produksi sagu yang pesat menimbulkan dampak positif dan dampak negatif bagi masyarakat. Dampak positif yaitu meningkatkan devisa negara dan kesejahteraan masyarakat, sedangkan dampak negatif yaitu menimbulkan produk sampingan yang apabila tidak dimanfaatkan dapat menjadi limbah bagi

lingkungan. Pati sagu diperoleh melalui serangkaian proses ekstraksi empulur batang sagu dengan bantuan air. Proses tersebut menghasilkan tepung sagu basah serta residu berupa kulit batang, ampas, dan cairan hasil ekstraksi [3].

Kulit batang sagu merupakan salah satu produk samping dari pengolahan sagu yang berpotensi menjadi sampah dan polutan bagi lingkungan apabila tidak dimanfaatkan. Sekitar 17% dari batang sagu merupakan kulit batang. Kulit batang sagu tersebut mengandung lignin yang berikatan dengan hemiselulosa. Kulit batang sagu umumnya dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai lantai pabrik sagu, jalan setapak, jembatan, material dinding, pagar, dan kayu bakar [3], serta berpotensi menghasilkan kerajinan tangan yang indah dan tahan rayap [4].

Saat ini, industri kayu dan produk kayu dihadapkan pada masalah menipisnya bahan baku sehingga diperlukan alternatif bahan baku

Alamat Korespondensi Penulis:

Idawati Supu

Email : idawatisupu20@gmail.com

Alamat : Jalan Latammacelling Nomor 19 Kota Palopo,
Propinsi Sulawesi Selatan, Indonesia, 91921

pengganti kayu [5]. Melihat pemanfaatan kulit batang sagu oleh masyarakat, maka kulit batang sagu berpotensi sebagai bahan pengganti kayu. Selain itu, bagian ampas dan pelepah telah diteliti sebagai bahan baku papan komposit [3], [6], [7], [8], [9]. Untuk menentukan pemanfaatan yang tepat, perlu diketahui sifat mekanik kulit batang sagu terlebih dahulu.

Sifat mekanik kayu salah satu sifat kayu yang penting dan perlu dipertimbangkan dalam menentukan pemanfaatannya. Sifat mekanik dapat berupa uji kuat tekan dan *Modulus of Rupture* MOR. Kuat tekan sampel merupakan gambaran mutu sampel, karena biasanya kenaikan kuat tekan sampel akan diikuti oleh perbaikan sifat sampel yang lainnya. Pada pengujian tekan akan di dapatkan nilai kekuatan tekan, modulus elastisitas, dan momen spesimen. Kekuatan tekan merupakan nilai tegangan dari benda uji [10]. Kekuatan tekan dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan komposit terhadap pembebanan pada titik lentur. MOR adalah standar untuk menentukan sifat mekanik sampel.

Kulit batang sagu pada umumnya digunakan pada kondisi terendam air (basah), tempat yang lembab, maupun pada kondisi kering. Kadar air sangat mempengaruhi kekuatan kayu, dimana peningkatan kadar air dari 5% ke 15% akan mengurangi kekuatan papan 15-25% [11]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kuat tekan dan *Modulus of Rupture* (MOR) kulit batang sagu pada berbagai kondisi dengan standar JIS A 5908-2003 dan SNI 01-0608-89 serta untuk mengetahui perlakuan terbaik untuk kulit batang sagu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang diberikan adalah kondisi basah, kering angin, dan kering oven.

Metode Pengumpulan Data

Sampel yang diperoleh selanjutnya dibersihkan dan dipreparasi sesuai perlakuan. Preparasi sampel untuk kondisi basah dilakukan dengan direndam dalam air panas suhu $70 \pm 3^\circ\text{C}$ selama 2 jam dan suhu normal selama 1 jam [12]. Preparasi sampel untuk kering angin (kondisi normal) mengacu pada SNI ISO 3129: 2011 [13], yaitu dikeringkan pada suhu kurang dari 60°C hingga kadar air mendekati keseimbangan. Perlakuan kering oven dilakukan dengan

mengeringkan sampel dengan menggunakan oven selama 2 hari.

Tabel 1. Kelas kekuatan kayu berdasarkan kuat tekan dan MOR

Kelas	Kuat Tekan Sejajar Serat (N/mm ²)	MOR (N/mm ²)
I	>65,0	>110
II	42,5-65,0	72,5-110
III	30,0-42,5	50,0-72,5
IV	21,5-30,0	30,0-50,0
V	<21,5	<30,0

Sumber: Seng, 1990 [16]

Prosedur uji kuat tekan mengacu pada SNI 03-3958-1995 [14] dan uji MOR mengacu pada ASTM C-293-02 [15]. Beban diberikan pada permukaan kulit batang sagu sejajar serat hingga sampel rusak. Hasil yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan menggunakan uji ANOVA pada taraf kepercayaan 95%. Apabila terdapat pengaruh, maka dilanjutkan dengan uji lanjut BNT. Hasil pengujian juga dibandingkan dengan SNI 01-0608-89, JIS A 5908-2003, dan diklasifikasikan berdasarkan kelas kekuatan kayu pada Tabel 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian kuat tekan sejajar serat dan *Modulus of Rupture* (MOR) kulit batang sagu disajikan pada tabel 2. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa hasil uji kuat tekan kulit batang sagu dengan pengujian sejajar serat pada kondisi basah, kering angin, dan kering oven berturut-turut adalah 143,28 N/mm², 64,09 N/mm², dan 42,59 N/mm². Untuk lebih jelasnya, perbedaan kuat tekan pada berbagai kondisi ditunjukkan pada gambar 1.

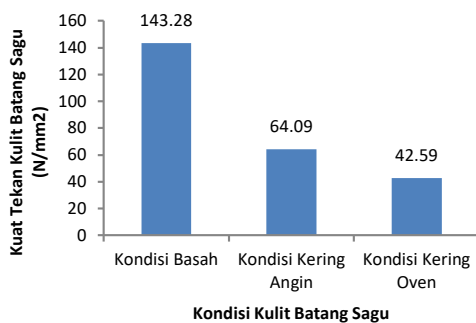
Tabel 2. Kuat tekan dan MOR kulit batang sagu pada berbagai kondisi

Perlakuan	Kuat Tekan Sejajar Serat (N/mm ²)	MOR (N/mm ²)
Kondisi basah	143,28 ^b	81,96 ^a
Kondisi kering angin	64,09 ^{a*)}	87,29 ^{a*)}
Kondisi kering oven	42,59 ^a	59,72 ^a

Sumber: *)Tenriawaru, dkk., 2017

Kuat tekan digunakan untuk mengetahui beban maksimal yang dapat menyebabkan kerusakan pada kayu. Standar JIS A 5908-2003 mensyaratkan bahwa kuat tekan kayu untuk papan partikel harus minimal 0,30 N/mm² untuk kayu kering. Apabila hasil penelitian pada tabel 2

dibandingkan standar JIS A 5908-2003, maka kuat tekan kulit batang sagu memenuhi standar tersebut.



Gambar 1. Kuat Tekan Kulit Batang Sagu pada Berbagai Kondisi.

Berdasarkan kategori kelas kuat kayu pada tabel 1 di atas, kulit batang sagu pada kondisi kering angin dan kering oven berada pada kelas II, tetapi pada kondisi basah berada pada kelas kuat I [16]. Menurut SNI 01-0608-89, kuat tekan kayu untuk kebutuhan struktur bangunan dan mebel tidak boleh kurang dari kelas kuat III. Hal tersebut menunjukkan bahwa kuat tekan kulit batang sagu memenuhi standar SNI 01-0608-89 untuk peruntukan struktur bangunan dan mebel.

Hasil uji anova terhadap kuat tekan pada taraf kepercayaan 95% menunjukkan bahwa $\alpha_{0,05} < \text{sig}$ (0,00) yang berarti bahwa kondisi kulit batang sagu berpengaruh terhadap kuat tekan kayu. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan kadar air dalam kulit batang sagu pada kondisi kering oven, kering angin, dan kondisi basah [11]. Kandungan air yang terperangkap dalam kulit batang menyebabkan ikatan antar serat menjadi lebih kuat sehingga meningkatkan kekuatan kayu. Hasil uji lanjut BNT menunjukkan bahwa perlakuan kondisi basah berbeda nyata dengan kedua perlakuan lainnya dan kondisi kering angin tidak berbeda nyata dengan perlakuan kondisi kering oven. Perlakuan kondisi basah memiliki kuat tekan terbaik.

Hasil uji kuat tekan pada tabel 2 dan gambar 1 menunjukkan bahwa kulit tekan kulit batang sagu lebih tinggi pada kondisi basah dibandingkan pada kondisi kering. Hasil tersebut berbeda dengan hasil yang diperoleh Nuryawan dkk. yang menyebutkan bahwa kekuatan papan akan berkurang sekitar 15-25% apabila terjadi peningkatan kadar air 10% [11]. Hal ini disebabkan karena kulit batang sagu tersusun atas serat-serat kayu yang kasar. Ikatan antar serat tersebut menjadi lebih kuat pada saat basah.



Gambar 2. Bentuk Kerusakan Kulit Batang Sagu Akibat Tekanan

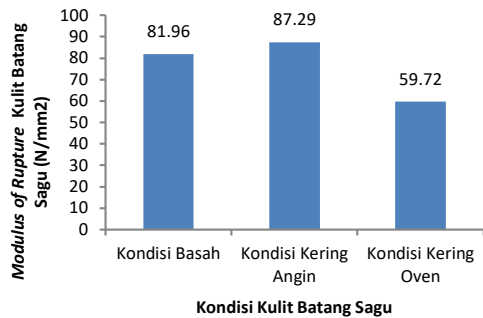
Perendaman dalam air mengakibatkan peningkatan ukuran panjang dan diameter serat. Peningkatan ukuran serat tersebut karena dinding sel tersusun atas polimer yang mengandung gugus hidrokسيل dan oksigen. Gugus tersebut bersifat menarik air melalui ikatan hidrogen [4], [8]. Air yang terkandung dalam kayu terdapat dalam bentuk bebas dan terikat [11]. Selain itu, besarnya nilai kuat tekan juga dipengaruhi oleh ukuran serat dan kerapatan serat dan banyaknya rongga udara dalam kayu [17], [18].

Bentuk kerusakan pada kulit batang sagu akibat tekanan alat adalah rusak tekan dan retak belah memanjang. Pada kondisi kering angin, retakan berupa retak belah memanjang dengan ukuran pendek dan teracak. Sedangkan pada kondisi basah, keretakan lebih panjang dan rusak tekan yang lebih lebar. Untuk lebih jelasnya, bentuk kerusakan ditunjukkan pada gambar 2.

Modulus of Rupture (MOR) digunakan untuk mengetahui tingkat ketahanan kayu terhadap usaha untuk melengkungkan kayu [19]. Hasil uji untuk MOR pada kondisi basah, kering angin, dan kering oven berturut-turut adalah 81,96 N/mm², 87,29 N/mm², dan 59,72 N/mm². Untuk lebih jelasnya, perbedaan MOR pada berbagai kondisi ditunjukkan pada gambar 2. Apabila hasil uji MOR kulit batang sagu tersebut dibandingkan dengan standar JIS A 5908-2003, maka MOR kulit batang sagu memenuhi standar tersebut, dimana standar MOR untuk papan partikel harus minimal 30,0 N/mm² untuk kondisi kering dan minimal 15,0 N/mm² untuk kondisi basah.

Kelas kuat kayu berdasarkan MOR pada tabel 1 menunjukkan bahwa kulit batang sagu pada kondisi basah dan kering angin berada pada kategori kelas II, dan pada kondisi kering oven berada pada kelas III [16]. SNI 01-0608-89 mensyaratkan bahwa kekuatan kayu untuk kebutuhan struktur bangunan dan mebel minimal kelas kuat III. Hal tersebut menunjukkan bahwa kuat tekan kulit batang sagu memenuhi

standar SNI 01-0608-89 untuk peruntukan struktur bangunan dan mebel.



Gambar 3. Grafik MOR Kulit Batang Sagu pada Berbagai Kondisi.

Hasil uji anova terhadap MOR pada taraf kepercayaan 95% menunjukkan bahwa $\alpha_{0,05} > \text{sig}$ (0,18). Hal tersebut berarti bahwa kondisi kulit batang sagu tidak berpengaruh secara statistik terhadap MOR.

Tabel 2 dan gambar 3 menunjukkan bahwa hasil uji MOR tertinggi adalah pada kondisi kering angin, sedangkan terendah pada kondisi kering oven. MOR kayu dipengaruhi oleh umur dan habitat pohon [20], ukuran serat dan kerapatan serat [17], ikatan antar fiber dan matriks [18][21], kadar air [11], suhu pengeringan [22], dan cacat pada kayu [23].

Bentuk kerusakan/ lengkungan dari uji MOR ditunjukkan oleh gambar 4. Gambar tersebut menunjukkan bahwa pada saat diberi beban, kulit batang sagu tidak langsung mengalami patahan, tetapi mengalami pelengkungan. Hal ini disebabkan karena serat pada kulit batang sagu berupa serat panjang dan tersusun teratur. Serat yang terdapat pada ikatan pembuluh tanaman monokotil melimpah di bagian dekat kulit. Semakin panjang dan lebar serat, semakin tinggi pula kualitas batangnya [4].

Mekanisme *fiber pull out* pada serat yang panjang dan tersusun teratur. Pada saat matriks mengalami kegagalan, serat masih dapat menanggung beban, beban akan terdistribusi sampai ke serat dan menyebabkan serat tertarik keluar, sehingga proses terjadinya patahan tidak berlangsung secara bersamaan. Hal ini berbeda pada serat yang pendek dan acak, ikatan antarmuka serat dengan matriks tidak mampu menahan laju kenaikan tegangan permukaan, sehingga pada saat matriks mengalami kegagalan, serat tidak mampu menahan beban, sehingga patahan terjadi bersamaan dengan kegagalan matriks [21].



Gambar 4. Kondisi Kulit Batang Sagu setelah Uji MOR

Berdasarkan hasil uji kuat tekan dan MOR menunjukkan bahwa pemanfaatan kulit batang sagu pada keadaan yang memberikan beban berat sebaiknya digunakan pada kondisi kering angin atau pada kondisi lingkungan yang lembab atau basah. Sedangkan kulit batang sagu pada kondisi kering oven sebaiknya digunakan pada peruntukan yang tidak memberikan beban yang berat. Hasil penelitian lainnya menemukan bahwa ketahanan kulit batang sagu terhadap asam dan basa memenuhi standar JIS A 5908-2003, tetapi kadar air dalam kulit batang sagu tidak memenuhi standar dalam JIS A 5908-2003 dan SNI 01-0608-89 [24].

Perendaman kayu dalam air tergenang, air mengalir, atau lumpur merupakan salah satu cara pengawetan kayu dan bambu secara tradisional. Perendaman ini dilakukan untuk mengurangi kadar pati dalam kayu atau bambu melalui proses fermentasi oleh bakteri. Air tawar, air laut, maupun air gambut dapat digunakan dalam proses ini. Perendaman dalam air ini akan mengubah warna kulit batang sagu, dimana kulit batang sagu akan berubah warna menjadi cokelat muda pada air tawar, cokelat kehitaman pada air laut, dan cokelat tua pada air gambut. Perendaman dalam air laut memberikan hasil terbaik karena menghasilkan panjang dan lebar serat yang paling tinggi bila dibandingkan dengan air tawar dan air gambut [4].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa kuat tekan dan MOR kulit batang sagu pada kondisi basah, kering angin, dan kering oven memenuhi standar JIS A 5908-2003 dan SNI 01-0608-89. Perlakuan terbaik terhadap kuat tekan adalah pada kondisi basah, sedangkan untuk MOR adalah pada kondisi kering angin.

Pemanfaatan kulit batang sagu pada kondisi basah atau kering angin perlu pengujian lebih lanjut, khususnya untuk kecepatan pelapukan, penurunan kualitas, ketahanan terhadap rayap

tanah dan rayap kayu basah, serta ketahanan terhadap jamur pelapuk kayu untuk kepentingan penggunaan dalam jangka waktu yang lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan kepercayaan dan mendanai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Rektor Universitas Cokroaminoto Palopo, Dekan Fakultas Sains UNCP dan seluruh jajaran pimpinan dalam lingkup Fakultas Sains, Laboran Laboratorium Sains yang membantu administrasi penelitian, serta Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST., MT. atas ide dan saran selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Pemerintah Kab. Luwu. 2012. *Rekapitulasi Luas Areal, Produksi, dan Jumlah Petani Tanaman Perkebunan Rakyat Tahun 2012 (Online)*. http://luwukab.go.id/?page_id=38. Diakses pada Tanggal 26 Mei 2016.
- [2]. BPS Kab. Luwu Utara. 2015. *Luwu Utara dalam Angka 2015*.
- [3]. Adeni, D.S.A., Aziz, S.A., Bujang, K., Hassan, M.A. 2010. Bioconversion of Sago Residue into Value Added Product. *African journal of Biotechnology*. 9 (14). 2016-2021.
- [4]. Riyani, T.M., Fitmawati, Iriani, D. 2014. Efektivitas Perendaman terhadap Nilai Kekuatan Ujung Sagu (*Metroxylon sago*) Asal Pulau Padang berdasarkan Karakter Serat. *JOM FMIPA*, 1 (2): 1-9.
- [5]. Kristiningrum, E., Herjanto, E. 2011. Kesiapan SNI Kayu dan Produk Kayu dalam Mengantisipasi Kerjasama Regional dan Bilateral. *Jurnal Riset Industri*. V (3). 249-257.
- [6]. Zulfiana, D., Kusumah, S.S. 2014. Ketahanan Papan Komposit dari Pelepah Sagu (*Metroxylon sago* Rottb.) terhadap Jamur Pelapuk dan Rayap Tanah. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 32 (4): 253-262.
- [7]. Mamur, L.O., Hasbi, M., Aksar, P. 2016. Kajian Eksperimental Sifat Mekanik Material Komposit Serat Tangkai Sagu Dipadukan dengan Serbuk Gergaji Kayu Jati. *Enthalpy*, 2 (2): 37-41.
- [8]. Matheus, J., Irawan, Y.S., Soenoko, R. 2013. Pengaruh Perlakuan *Silane* dan NaOH pada Permukaan Serat Kontinyu Limbah Empulur Sagu (*Metroxylon* sp.) terhadap Daya Serap Air dan Kekuatan Bending. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4 (2): 212-219.
- [9]. Umam, T., Setyawati, D., Diba, F. 2017. Kualitas Papan Komposit Serat Kulit Batang Sagu dan Plastik Polipropilena (PP) Berlapis Finir dan Bambu. *Jurnal Hutan Lestari*, 5 (4): 942-951.
- [10]. Oroh, J., Sappu, F.P., Lumintang, R. 2013. Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Dari Serat Sabut Kelapa. Prosiding. Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- [11]. Nuryawan, A., Massijaya, M.Y., Hadi, Y.S. 2008. Sifat Fisis dan Mekanis *Oriented Strands Board (OSB)* dari Akasia, Ekaliptus dan Gmelina Berdiameter Kecil: Pengaruh Jenis Kayu dan Macam Aplikasi Perekat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, 1 (2): 60-66.
- [12]. JIS A 5908-2003. *Particleboards*. Japanese Standards Association. Japan.
- [13]. SNI ISO 3129: 2011. *Kayu – Metode Pengambilan Contoh dan Persyaratan Umum untuk Uji Fisis dan Mekanis*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- [14]. SNI 01-0608-89. *Kayu untuk Mebel, Syarat Sifat Fisik dan Mekanik*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- [15]. ASTM C-293-02. *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Center-Point Loading)*. ASTM Committee on Standards. US.
- [16]. Seng, O.D. 1990. *Berat Jenis dari Jenis-jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya Kayu untuk Keperluan Praktek*. *Pengumuman No.13*. Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- [17]. Gunawan, Y., Aksar, P., Irfan, L.O. 2016. Analisa Pengaruh Ukuran Diameter Serat Tangkai Sagu terhadap Sifat Mekanik pada Material Komposit. *Enthalpy*. 2 (2). 62-67.
- [18]. Darwis, D., Astriana, Ulum, M.S. 2017. Pemanfaatan Limbah Serat Batang Sagu untuk Pembuatan Batako. *Gravitasi*. 15 (1). 1-9.
- [19]. Purwanto, D. 2009. The Influence of Natural and Artificial Drying Foword The Quality of Galam Wood (*Melaleuca cajuputi*) for Furniture Material. *J. R. Industri Hasil Hutan*. 1 (1). 1-7.
- [20]. Wahyudi, I., Priadi, T., Rahayu, I.S. 2014. Karakteristik dan Sifat-Sifat Dasar Kayu Jati

- Unggul Umur 4 dan 5 Tahun Asal Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 19 (1). 50-56.
- [21]. Leiwakabessy, A.Y., Purnowidodo, A., Sugiarto, Soenoko, R.. 2013. Perubahan Sifat Mekanis Komposit Hibrid Polyester yang Diperkuat Serat Sabut Kelapa dan Serat Ampas Empulur Sagu. *J. Rek. Mesin*. 4 (3). 235-240.
- [22]. Sulistyono, Nugroho, N., Surjokusumo, S. 2013. Teknik Rekayasa Pemasatan Kayu II: Sifat Fisik dan Mekanik Kayu Agatis (*Agathis lorantifolia* Salisb.) Terpadatkan dalam Konstruksi Bangunan Kayu. *Bul. Keteknikan Pertanian*. 17 (1). 32-45.
- [23]. Chauf, K.A. 2005. Karakteristik Mekanik Kayu Kamper sebagai Bahan Kayu Konstruksi. *Mektek*. 7 (1). 41-47.
- [24]. Tenriawaru, E.P., Supu, I., Cambaba, S. 2017. The Physical Properties of Sago Bark, dalam *IOP Conference Proceeding Series: Earth and Environmental Science*, 19-20 Oktober 2017.