



NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



Analisis *Natural Weathering* pada Komposit *Recycled Polypropylene* dan Serat Bambu

Arianti Ramadhani^{1a)}, Indah Widiastuti^{1b)}

¹*Department of Mechanical Engineering Education, Universitas Sebelas Maret*

Jl Ir. Sutarmi No 36A, Kentingan, Surakarta, Indonesia

Corresponding author : ariantiramadhani7@student.uns.ac.id
indahwidiastuti@staff.uns.ac.id

Abstrak. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh *Natural Weathering* terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro komposit *recycled polypropylene* (rPP) dengan penguat serat bambu. Spesimen komposit rPP-bambu dibuat dengan menggunakan mesin *extrusion molding* dan *injection molding*. Fraksi berat yang digunakan dalam pembuatan spesimen adalah 10% serat bambu dan 90% rPP. Sampel rPP-bambu diuji dengan 3 variasi waktu pemaparan, 0 bulan (tanpa pemaparan), 1 bulan dan 2 bulan sesuai standard ASTM D1435-05. Dari 3 variasi pemaparan tersebut dilakukan pengujian tarik dengan standard ASTM D638 tipe V untuk mengevaluasi nilai kekuatan tarik, elastisitas modulus dan elongation. Selanjutnya dilakukan SEM (*Scanning Microscopy Electrone*) untuk melihat struktur mikro komposit. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik pada waktu pemaparan 0 bulan, 1 bulan dan 2 bulan berturut-turut sebesar 18,1 MPa dengan elongasi 5%, 19,5 MPa dengan elongasi 6,4% dan 19,3 MPa dengan elongasi 6.6%. Nilai young Modulus menunjukkan penurunan dengan bertambahnya waktu pemaparan, mulai dari 222 MPa pada sampel tanpa pemaparan sampai 141 MPa pada waktu pemaparan 2 bulan. Dengan SEM diketahui bahwa, struktur mikro komposit pada awal pemaparan menunjukkan ikatan antara matriks-serat yang kokoh walaupun terdapat beberapa *void* pada spesimen. Pada 2 bulan pemaparan, terlihat adanya gap antara matriks dan bambu yang disebabkan sifat hidrofilik serat bambu, Dari penelitian ini dapat disimpulkan perlunya perhatian dalam pemanfaatan komposit rPP-bambu untuk aplikasi di luar ruangan karena adanya penurunan sifat fisik dan mekanik dengan adanya pengaruh lingkungan.

Kata kunci : *Natural Weathering, Recycle Polypropylene, Serat Bambu, Kekuatan Tarik, Scanning Electrone Microschophy*

INTRODUCTION

Polypropylene (PP) memiliki ketahanan terhadap reaksi kimia, sehingga karena sifat unggul tersebut, *Polypropylene* menjadi jenis plastik yang paling sering digunakan di kehidupan sehari-hari [1]. Mendaur ulang atau mengolah kembali sampah plastik menjadi salah satu cara untuk mengurangi jumlah sampah plastik. Salah satu cara untuk mendaur ulang sampah plastik yakni dengan mengolahnya menjadi material baru. Dengan menambahkan atau mencampur bahan lain seperti serat sebagai penguat dapat menghasilkan nilai tambah pada material baru tersebut, material baru tersebut dikenal dengan nama Komposit. Penerapan komposit serat alam tidak hanya ditemukan pada sektor bangunan dan konstruksi tetapi juga pada sektor struktur otomotif dan pesawat terbang [2]. Kekakuan spesifik yang tinggi, biaya yang rendah, ramah lingkungan dan terbarukan menjadikan serat alami ini sangat populer dalam aplikasi industri sebagai pengisi atau penguat plastik [3].

Serat bambu dibudidayakan secara luas di kawasan Asia-Pasifik [4], bambu memiliki produksi global yang melimpah sebesar 30.000 kilo ton setiap tahun. Kekuatan dan kekakuan serat bambu sebanding dengan serat kaca [5] atau serat kayu [6], tetapi serat bambu memiliki kepadatan yang jauh lebih rendah dan lebih murah dibandingkan dengan serat kaca dan serat kayu [7]. Kekuatan serat bambu paling tinggi berada di bagian bawah batang dan bagian terluar diameter [8]. Selain itu, serat bambu dapat menyerap radiasi Ultraviolet dan CO₂ [9] dan menimbulkan ancaman kecil bagi para pengolah selama proses pengolahan bambu [10].

Pada salah satu penelitian oleh [11] mengenai *natural weathering* pada komposit polimer PP dan serat yang dilakukan di luar ruangan selama 10 bulan. Morfologi permukaan dan perubahan warna komposit sebelum dan sesudah pemaparan diamati dengan menggunakan *environmental scanning electron microscopy* (ESEM) dan *Fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR), *X-ray photoelectron spectroscopy* (XPS). *Natural Weathering* terbukti menyebabkan lebih banyak perubahan warna dan kerusakan permukaan, sedangkan sifat fisika-mekanik, perilaku reologi, dan stabilitas termal kurang berpengaruh negatif untuk komposit dengan jumlah serat bambu yang lebih tinggi berkisar antara 0 hingga 35% berat.

Umar dkk, (2012) meneliti pengaruh pemaparan cuaca pada sifat mekanik komposit Kenah-rHDPE. Dalam penelitiannya ditemukan bahwa pemaparan cuaca yang dipercepat (*accelerated weathering*) menyebabkan penurunan kekuatan tarik setelah pemaparan 400 jam, kemudian warna dari komposit juga berubah memutih (*chalking*) kemudian menjadi putih total setelah 600 jam.

Penelitian mengenai *natural weathering* pada komposit *recycle polypropylene* yang diperkuat serat bambu harus dilakukan lagi untuk memperkaya referensi. Dengan jumlah yang melimpah, serat bambu dan limbah plastik PP terbilang masih kurang pemanfaatannya. Kekuatan mekanik dan perubahan morfologi komposit rPP dan serat bambu yang terpapar sinar UV, hujan, dan angin perlu dipelajari agar dapat mengaplikasikan penggunaannya secara luas, di dalam maupun di luar ruanga

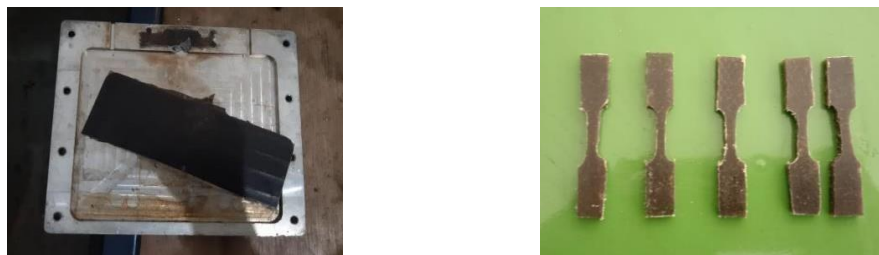
METHODOLOGY

Komposit rPP dan serat bambu dibuat dengan perbandingan komposisi rPP : serat bambu sebesar 90 : 10. Spesimen dibuat sebanyak 5 buah di setiap variasi waktu 0, 1, 2 bulan, sehingga total spesimen yang dibuat adalah 15 buah. Matriks rPP dan penguat serat bambu yang telah disiapkan kemudian dicampur sesuai dengan jumlah perbandingan komposisi. Setelah tercampur, matriks rPP dan penguat serat bambu dimasukkan ke dalam mesin *ekstrusion molding* melalui *hooper*. Mesin memiliki *heating system* berupa empat *heater* yang dipasang pada *barrel*. Suhu yang digunakan pada *heater* pertama adalah 170° C, kedua 180° C, ketiga 180° C dan keempat 170° C. Dengan kecepatan *screw* sebesar kurang lebih 25 rpm, mesin menghasilkan komposit dengan bentuk *filament* yang kemudian melewati *cutting system* sehingga dihasilkanlah komposit dengan bentuk *pellets*.



Gambar 1. Filament dan Pellets komposit rPP-Bambu

Pellets yang dihasilkan oleh mesin ekstruder selanjutnya akan diproses di dalam mesin *injection molding*. Volume *barrel* maksimum yang digunakan adalah 150 cm³, spesimen dicetak pada kisaran suhu 185° C dan 90°C pada cetakan dengan tekanan injeksi sekitar 45 bar. Komposit dipotong sesuai ukuran standar masing – masing pengujian.



Gambar 2. Spesimen cetak Injection Molding dan spesimen uji tarik

Penelitian *Natural Weathering* dilakukan dengan cara meletakkan spesimen komposit pada rak dengan sudut kemiringan 45° menghadap ke timur di luar ruangan, agar komposit terpapar langsung oleh sinar matahari, hujan dan juga hembusan udara sekitar. Pengujian dilakukan dengan variasi durasi 0 bulan (tanpa pemaparan), 1 bulan dan 2 bulan. Prosedur pengujian merujuk pada standar ASTM D1435-05.

Dalam pengujian kekuatan tarik, digunakan aplikasi bawaan bernama winTestTM Analysis dengan teknologi *self-diagnosed* dengan hasil keseluruhan berupa data digital meliputi modulus young, tegangan dan regangan. Untuk mengetahui kekuatan tarik, regangan dan modulus elastisitas komposit secara manual, dapat digunakan rumus sebagai berikut:

Kekuatan Tarik

$$\sigma = \frac{A}{B}$$

Modulus Elastisitas

$$E = \frac{C}{D}$$

$$E = \frac{E - F}{G}$$

Regangan

$$H = \frac{I - J}{K}$$

Dimana σ adalah kekuatan tarik (MPa), A adalah Beban (N), B adalah Luas Spesimen (m^2), C adalah Regangan, D adalah Panjang awal (mm), E adalah Panjang akhir (mm), dan E adalah Modulus elastisitas (MPa).

Pada spesimen yang telah terpapar *natural weathering* selama 0,1 dan 2 bulan, dan dilakukan uji tarik maka akan dilakukan pemindaian elektron secara mikroskop pada permukaan yang terjadi retakan [13]. Pengujian SEM terdiri dari sistem optik elektron, sistem vakum, sistem elektronik, komputer dan perangkat lunak. Penyelidikan morfologi, struktur, kimia, sifat, dan aplikasi material komposit yang terbuat dari mikro dan nano partikel yang dibenamkan dalam matriks, dan dari antarmukanya [14]. Ketiga variasi sampel berbeda yang sudah melalui uji tarik akan melalui proses *coating* dengan *gold palladium* kemudian diamati menggunakan pemindaian mikroskop elektron. Adapun hal yang akan diamati adalah keadaan matriks rPP, ikatan antara matriks-serat penguat dan juga bentuk serat bambu.

RESULTS AND DISCUSSION

Tabel 1. Rata – rata Suhu Udara

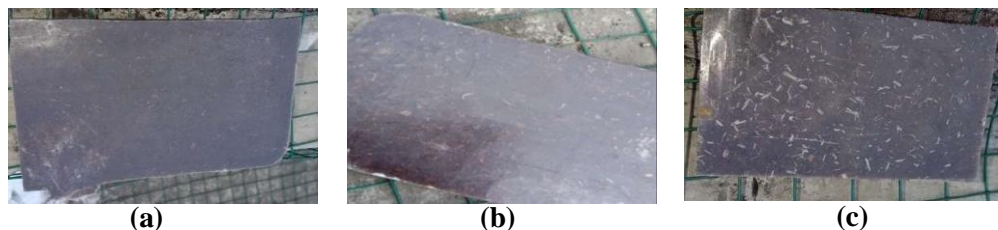
Bulan	Suhu Udara (°C) Rata – rata	Kelembaban Udara (%)	Curah Hujan P(mm)	Penyinaran (%) Rata - rata
-------	-----------------------------------	-------------------------	----------------------	-------------------------------

April 2021	27,7	85,5	240	71,7
Mei 2021	27,9	85,3	108	74,6
Juni 2021	27,6	85,6	116	62,7

Tabel 2. Rata – rata Penguapan

Bulan	Tinggi Air	Penguapan (mm)	Suhu Air (°C) Rata – rata	Angin: 0,5 m Rata - rata
April 2021	57,3	4,4	28	6,8
Mei 2021	53,2	3,9	28	5
Juni 2021	59,3	3,7	28	5,9

Rata-rata kelembapan tertinggi pada saat pemaparan spesimen sebesar 85,6%, terjadi pada bulan Juni. Pada bulan Juni penguapan yang terjadi hanya sebesar 3,7% lebih rendah dari bulan lainnya. Hal ini karena penyinaran pada bulan Juni rendah dan curah hujan pada bulan Juni terbilang cukup sering. Selama pemaparan cuaca pada komposit, terjadi perbedaan curah hujan yang fluktuatif. Kepala BMKG Stasiun Klimatologi Semarang, Sukasno mengatakan awal musim kemarau 2021 di wilayah Jawa Tengah jatuh pada bulan April - Juni 2021 [15].



Gambar 3. Perubahan warna pada sampel variasi pemaparan (a) 0 bulan, (b) 1 bulan dan (c) 2 bulan

Dalam penelitian [16], ditemukan bahwa terdapat lapisan putih (*chalking*) pada permukaan komposit plastik setelah dipaparkan *outdoor weathering*. Kadar lapisan putih (*chalking*) bergantung pada proses pembuatan komposit, variabel cuaca dan intensitas sinar UV. Pada sampel (a) variasi 0 bulan terlihat permukaan masih berwarna hitam, kemudian pada (b) sampel variasi 1 bulan mulai terbentuk bercak warna putih dan permukaan sampel dan pada (c) variasi 2 bulan bercak warna putih yang terbentuk semakin bertambah. Terlihat bahwa semakin lama terpapar cuaca, semakin warna keputihan (*chalking*)

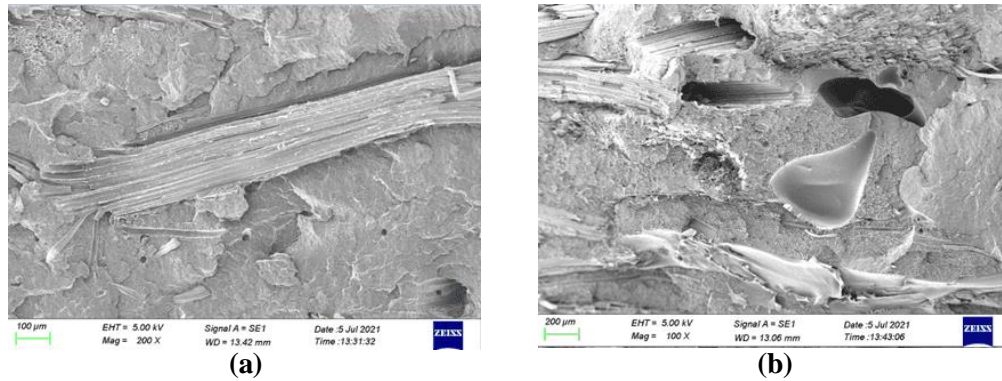
muncul pada permukaan sampel. Perubahan tersebut mengindikasikan adanya degradasi akibat sinar UV.

Tabel 3. Kekuatan Tarik Komposit

Variasi Spesimen	Modulus Young (Mpa)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Elongation (%)
0 bulan	222	18,1	5,0
Standar deviasi	16,3	2,22	0,46
1 bulan	206	19,5	6,4
Standar deviasi	48,0	4,19	1,4
2 bulan	141	19,3	6,6
Standar deviasi	33,8	2,11	1,1

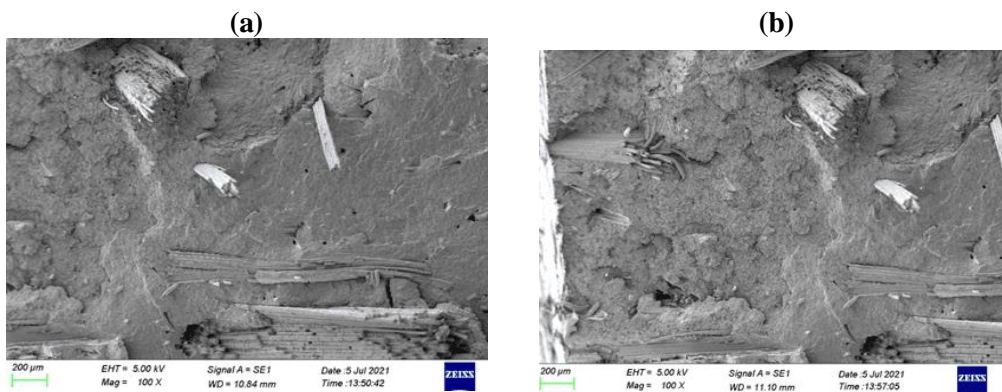
Pada komposit variasi 0 bulan (tanpa pemaparan) memiliki nilai kekuatan tarik yang paling rendah yakni sebesar 18,1 MPa. Kemudian pada komposit variasi 1 bulan mulai mengalami kenaikan pada nilai kekuatan tariknya menjadi 19,5 MPa, hal ini disebabkan tingginya derajat polimer pada rantai panjang polimer yang dimiliki oleh *Polypropylene* dapat menambah kekuatan mekanik dari komposit [17]. Adapun kecilnya nilai kekuatan tarik pada variasi sampel 0 bulan disebabkan oleh ikatan rantai polimer yang belum berada dalam keadaan sempurna. Kekuatan tarik pada komposit variasi 2 bulan mengalami penurunan yakni sebesar 19,3 MPa, penurunan tersebut didapatkan dari efek sinar UV yang menyebabkan degradasi polimer yang mengakibatkan rusaknya struktur mikro pada spesimen komposit. Namun, penurunan yang terjadi hanya sebesar 0,2 MPa dibandingkan dengan kekuatan tarik pada sampel variasi 1 bulan. Hasil dari pemaparan cuaca di bawah panas matahari menghasilkan lapisan putih (*chalking*) pada komposit yang menyebabkan rusaknya mikrostruktur komposit akibat panas matahari dan dapat mempengaruhi turunnya nilai kekuatan tarik komposit polimer.

Elongasi (*ductility*) yang terjadi pada spesimen komposit setelah diberi pemaparan cuaca besarnya terus meningkat. Dimulai dari variasi sampel 0 bulan dengan besar elongasi 5%, kemudian setelah pemaparan 1 bulan *presentase* bertambah menjadi 6,4% dan bertambah lagi menjadi 6,6% setelah pemaparan selama 2 bulan. *Elongation* sendiri merupakan keadaan pada saat spesimen komposit patah setelah mengalami perubahan panjang akibat regangan [18].



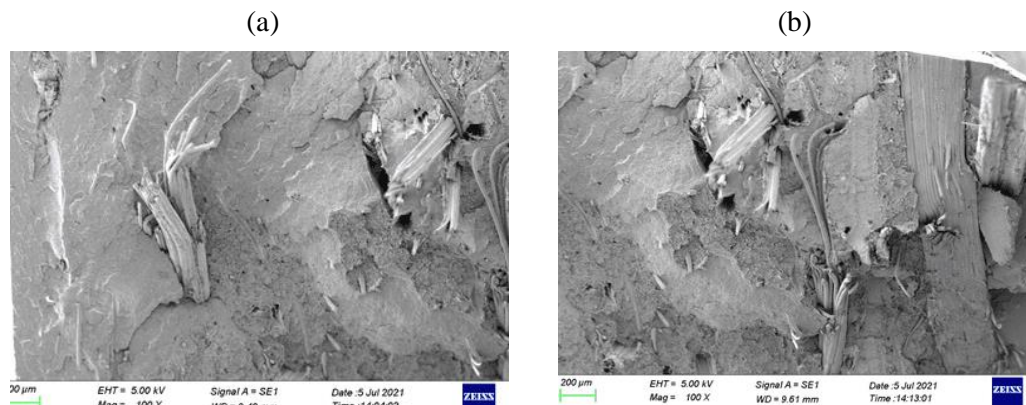
Gambar 4. SEM variasi 0 bulan

Pada sampel variasi 0 bulan, terlihat ikatan antarmuka *rPP*-bambu masih utuh, bambu belum mengalami kerusakan yang disebabkan oleh pemaparan cuaca seperti air hujan dan sinar matahari. Adapun, bentuk bambu dan permukaan *rPP* yang terlihat sedikit rusak disebabkan sampel patah saat diuji tarik. Kemudian, terdapat bagian dari matriks *rPP* yang membentuk banyak *void* yakni lubang yang terbentuk disebabkan terperangkapnya oksigen saat proses pembuatan spesimen komposit [19]. Terbentuknya *void* pada matriks polimer dapat menyebabkan penurunan kekuatan mekanik [20]



Gambar 5. SEM Variasi 1 bulan

SEM variasi 1 bulan, dapat dilihat ikatan antarmuka antara penguat dan matriks pun masih utuh. Celah antara matriks dengan serat penguat belum terlihat, menjadikan variasi sampel 1 bulan sebagai sampel dengan nilai kekuatan tarik tertinggi. Hanya saja pada bagian serat bambu sudah mulai menampakkan perubahan akibat menyerap air dan kemudian terkena sinar UV/panas matahari [19] dan menjadi sedikit rusak.



Gambar 6. SEM variasi 2 bulan

Serat bambu pada variasi 2 bulan mulai rusak karena curah hujan yang cukup sering di bulan Juni, yang menyebabkan bambu menyerap banyak air dan akhirnya seratnya benar-benar terlihat jelas sudah rusak. Kemudian gap antara bambu dan matriks rPP sudah terbentuk dan banyak pula retakan dan keropos yang terbentuk pada matriks rPP. Gap, retakan yang terjadi disebabkan oleh lepasnya ikatan interfase antara matriks dan serat penguat. Banyaknya celah yang terbentuk menyebabkan turunnya *tensile strength* [21] pada matriks rPP dan serat bambu. Terlepasnya interfase disebabkan oleh tekanan dari air hujan yang mengguyur permukaan spesimen [22]

CONCLUSION

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan *Natural Weathering*, terlihat spesimen komposit mengalami sedikit perubahan secara fisik. Dimulai dari spesimen variasi 0 bulan yang secara fisik masih berwarna hitam, kemudian pada variasi 1 bulan mulai terlihat warna putih pada permukaannya dan semakin bertambah warna putihnya pada variasi 2 bulan.
2. Kekuatan tarik pada sampel 0 bulan (tanpa pemaparan), 1 bulan dan 2 bulan berturut-turut sebesar 18,1 MPa dengan elongasi 5%, 19,5 MPa dengan elongasi 6,4% dan 19,3 MPa dengan elongasi 6.6%. Variasi 0 bulan menjadi variasi sampel dengan nilai Modulus Young tertinggi dari semua variasi sampel yakni sebesar 222 MPa, kemudian variasi 1 bulan sebesar 206 MPa dan variasi 2 bulan sebesar 141 MPa..
3. Hasil uji SEM menunjukkan bahwa pada variasi 0 bulan ternyata ikatan antara matriks-serat masih bagus, namun terdapat banyak *void* yang terbentuk yang mana hal tersebut mempengaruhi kekuatan tarik dari komposit menjadi lemah. Kemudian pada sampel variasi 1 bulan yang merupakan variasi dengan kekuatan tarik tertinggi ternyata ikatan antar

matriks-seratnya masih bagus. Dan, pada variasi 2 bulan gap antara matriks dan bambu mulai terbentuk, serat bambu sudah menyerap banyak air sehingga bentuknya sudah tidak terlalu utuh, hal tersebut menyebabkan turunnya nilai kekuatan tarik pada komposit.

REFERENCES

1. Sahwan Firman L, Djoko Heru Martono, Sri Wahyono, Lies A Wisoyodharmo. Sistem Pengelolaan Limbah Plastik di Indonesia, *J. Tek. Ling.* 2005. P3TL-BPPT.6(1) : 311-318.
2. Verma, D., & Sharma, S. Green Biocomposites: A Prospective Utilization in Automobile Industry. In M. Jawaid, M. S. Salit, & O. Y. Allothman (Eds.), *Green Biocomposites* (pp. 167–191). Springer International Publishing. (2017) https://doi.org/10.1007/978-3-319-49382-4_8
3. Pickering, K.L., Aruan Efendy, M.G., Le, T.M. A review of recent developments in naturalfibre composites and their mechanical performance. *Compos. A: Appl. Sci. Manuf.* 83, 98–112, 2016.
4. Gu, F., Zheng, Y., Zhang, W., Yao, X., Pan, D., Wong, A. S. M., Guo, J., Hall, P., & Sharmin, N. Can bamboo fibres be an alternative to flax fibres as materials for plastic reinforcement? A comparative life cycle study on polypropylene/flax/bamboo laminates. *Industrial Crops and Products*, 121, 372–387. , 2018 <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.025>.
5. Zhang, Y., Wu, H., Qiu, Y. Morphology and properties of hybrid composites based on polypropylene/polylactic acid blend and bamboofiber. *Bioresour. Technol.* 101 (20), 7944–7950, 2010.
6. Verma, C.S., Sharma, N.K., Chariar, V.M., Maheshwari, S., Hada, M.K. Comparative study of mechanical properties of bamboo laminae and their laminates with woods and wood based composites. *Compos. B: Eng.* 60, 523–530, 2014.
7. Inácio, A.L.N., Nonato, R.C., Bonse, B.C. Recycled PP/EPDM/talc reinforced with bamboofiber: assessment offiber and compatibilizer content on properties using factorial design. *Polym. Test.* 61, 214–222 , 2017.

8. Judawisastra, H., Wibowo, U.A., Putratama, A. ‘Karakteristik Sifat Tarik Serat Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*)’, in Proc.’, in Seminar Nasional Seminar Nasional Metalurgi dan Material (SENAMM) IX. Cilegon, West Java: ISSN: 2541-0725, 2016.
9. Kumar, K. K. *Handbook of Composites from Renewable Materials, PhysicoChemical*. 1st edn. New Jersey: Willey Scrivener Publishing 2017
10. La Mantia, F.P., Morreale, M., Green composites: a brief review. *Compos. A: Appl. Sci. Manuf.* 42 (6), 579–588., 2011.
11. Zhou Xiaxing, Huang Shusheng, Li Jiqing. Outdoor natural weathering of bamboo flour/polypropylene foamed composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. Vol. 33 Issue. 19 Pages. 1835-1846, 2014.
12. Umar, Zainudin, and Sapuan. *Effect of Accelerated Weathering on Tensile Properties of Kenaf Reinforced High-Density Polyethylene Composites. Journal of Mechanical Engineering and Sciences (JMES)*. Vol.2, pp. 198-205,2012.
13. Mohanty S, & Nayak, S. K., Short Bamboo Fiber-reinforced HDPE Composites: Influence of Fiber Content and Modification on Strength of the Composite. *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 29(14):2199-2210,2010.
14. Wang, Rongming; Wang, Chen; Zhang, Hongzhou; Tao, Jing; Bai, Xuedong. [*Springer Tracts in Modern Physics*] *Progress in Nanoscale Characterization and Manipulation Volume 272 // Scanning Electron Microscopy*. , 10.1007/978-981-13-0454-5(Chapter 2), 35–68. , 2018. doi:10.1007/978-981-13-0454-5_2
15. Stasiun Klimatologi Semarang. Prakiraan Awal Musim Kemarau. Diakses pada 6Juli 2021 Pkl.21.59 WIB dari <https://iklimjateng.info/2021>
16. Rowell, R.M., Lange, S.E., & Jacobson, R.E. *Weathering Performance of Plant-Fibre/Thermoplastic Composites,"Mol. Cryst and Liq. Cryst., Vol. 353,pp. 85-94,2000*
17. Setiorini, I. A. Sifat Kuat Tarik Dan Morfologi Termoplastik Elastomer Dari Komposit Polypropylene & Natural Rubber. *Teknik Putra Akademika*, 8(1), 43–53. 2017.
18. Pratiwi, N.E., Putri, E.P., Susanti, A.D. Potensi Pisang Raja (*Musa sapientum*) sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodegradable Film. Universitas Sebelas Maret. 188-194, 2018.

19. Hanif, M., Ariawan, D., & Raharjo, W. Accelerated and Natural Weathering of Wood-Polypropylene Composites Containing Pigments. *Advanced Materials Research*, 1077, 139–145, 2020. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1077.139>
20. Ubaidillah, A. & Purwandari, E. Pengaruh Fraksi Massa Terhadap Sifat Mekanik Material dan Serbuk Kayu Sengon (*Influence of Mass Fraction on Mechanical Properties of Binderless Composite Material from Bagasse and Sengon Wood Powder*). 8(2), 70-74, 2019
21. Sudirman, Aloma, K.K., Ari, H., Sugeng, B., Rukihati dan Mashuri. Analisis Kekuatan Tarik, Derajat Kristalisasi dan Struktur Mikro Komposit Polimer Polipropilena-Pasir. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 6. No.1. Hal : 1-6. ISSN : 1411-1098, 2004.
22. Asfar, M. F. Pengaruh Perendaman Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit rHDPE dengan Penguat Serat Pelepah Salak. Fakultas Tekni, Universitas Sebelas Maret. 2019