

PENGARUH PERLAKUAN ALKALI SERAT RUMPUT PAYUNG (*Cyperus Alternifolius*) TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT DENGAN Matrik EPOXY

Benedictus Sonny Yoedono, Sunik, dan Cristina Ade Inanta

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Karya Malang
Jln. Bondowoso No 2, Malang, Jawa Timur

e-mail: sonny_ft@widyakarya.ac.id, ssunik@widyakarya.ac.id, cristinaadeinanta@gmail.com

Abstrak: Material komposit polimer dengan serat alam telah banyak digunakan di berbagai bidang kehidupan. Beberapa serat alam seperti serat lenan, hemp, kelapa sawit, dan bambu yang dikombinasikan dengan matrik polimer digunakan untuk industri otomotif, komponen struktur bangunan, pengemasan, dan konstruksi. Dalam penelitian ini dianalisis pengaruh perlakuan alkali serat rumput payung (*cyperus alternifolius*) terhadap kekuatan tarik komposit dengan matrik epoxy. Pengujian kuat tarik komposit dilakukan dengan mengacu pada ASTM D638- 02a. Komposisi komposit serat rumput payung terdiri dari 80% serat dan 20% matrik epoxy. Serat diberikan perlakuan alkalisasi (5% NaOH) dengan variasi lama perendaman 0 jam (tanpa perendaman), 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Dari data pengujian diperoleh hasil Nilai P_{rerata} maksimum dan σ_{rerata} maksimum, masing-masing sebesar 6690 N dan 73,52 N/mm² terdapat pada spesimen dengan durasi perendaman 1 jam, sedangkan nilai P_{rerata} minimum dan σ_{rerata} minimum masing-masing sebesar 4385 N dan 56,22 N/mm² terdapat pada spesimen tanpa perendaman.

Kata kunci: rumput payung, alkali, kekuatan tarik, komposit, epoxy

LATAR BELAKANG

Kemajuan teknologi yang pesat di segala bidang sangat bermanfaat bagi peningkatan kesejahteraan hidup manusia. Namun perkembangan teknologi juga menimbulkan dampak negatif serius khususnya bagi lingkungan dan kehidupan manusia. Penggunaan serat sintesis (aramid, karbon, dan kaca) sebagai bagian dari inovasi teknologi telah banyak digunakan sebagai material komposit polimer karena memiliki sifat kekuatan yang tinggi. Di sisi lain, dampak negatif yang dihasilkan dari serta sintesis antara lain dalam hal biodegradabilitas, konsumsi energi, abrasi mesin serta membahayakan bagi kesehatan (Bledzki, A.K., Mamun, A.A., Lucka-Gabor, M., & Gutowski, 2008).

Tingkat kesadaran manusia di dunia yang semakin meningkat akan pentingnya kelestarian lingkungan serta regulasi pemerintah yang mengatur upaya pelestarian lingkungan menimbulkan pemikiran untuk menggunakan bahan yang ramah lingkungan seperti serat alami. Serat alami merupakan sumber daya terbarukan yang dapat digunakan sebagai penguat (*reinforcement*) dalam komposit

polimer (Kabir, Wang, Aravinthan, Cardona, & Lau, 2011). Bambu yang dibentuk menjadi serat, menjadi penguat yang sangat baik di dalam bahan komposit dengan matrik polimer. Kombinasi ini menjadikan bahan yang ekonomis dan memiliki kemudahan dalam pengaplikasiannya (Abdul Khalil et al., 2012).

Peningkatan kekuatan mekanik komposit serat alam dapat dilakukan dengan memberikan perlakuan secara kimia pada serat alam sehingga dapat mengurangi penyerapan kelembapan serat, yang berdampak pada peningkatan kompatibilitas lekatan antara serat dan matrik polimer (Ray & Bousmina, 2005).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan alkali pada serat rumput payung (*cyperus alternifolius*) terhadap kekuatan tarik komposit dengan matrik epoxy.

TINJAUAN PUSTAKA

Karakter komposit polimer dengan serat alam

Komposit polimer dengan serat alam (*natural fiber polymer composites-NFPCs*) adalah

material komposit yang terdiri dari polimer sebagai matrik dan serat alami mutu tinggi sebagai penguat (*reinforcement*). Serat alam yang dimaksud antara lain serat lenan, kelapa sawit, sisal, dan kenaf (Ku, Wang, Pattarachaiyakoop, & Trada, 2011). Polimer dapat dikategorikan menjadi 2 (dua) yaitu *thermoplastics* dan *thermosets*. Struktur matrik *thermoplastics* terdiri dari satu atau dua molekul dimensional, sehingga polimer ini memiliki kecenderungan untuk menjadi lebih lunak saat peningkatan pemanasan dan akan kembali ke sifat asalnya ketika proses pendinginan. Di sisi lain polimer *thermoset* adalah polimer yang saling terkait dengan kuat melalui proses pemanasan, atau pemanasan dan tekanan, dan atau penyinaran. Sehingga polimer *thermosets* memiliki sifat fleksibilitas dan kekuatan yang tinggi (Ticoalu, Aravinthan, & Cardona, 2010). Material komposit polimer dengan serat alam telah banyak digunakan di berbagai bidang keteknikan. Beberapa serat alam seperti serat lenan, hemp, kelapa sawit, dan bambu yang dikombinasikan dengan matrik polimer digunakan untuk industri otomotif, komponen struktur bangunan, pengemasan, dan konstruksi (E. Sassoni, S. Manzi, A. Motori, M. Montecchi, 2014).

Kekuatan lekatan antara serat dan matrik polimer di dalam komposit adalah faktor utama yang harus dipertimbangan untuk memperoleh karakteristik yang tinggi komposit polimer dengan penguat serat alam. Selain itu antara serat alam dan polimer memiliki sifat dan struktur kimia yang berbeda, sehingga menyebabkan transfer tegangan yang kurang efektif di dalam menghasilkan produk komposit yang baik (Ray & Bousmina, 2005).

Komposit serat rumput payung (*Cyperus alternifolius*)

Rumput payung (*Cyperus alternifolius*) adalah tanaman yang sangat mudah dan cepat berkembang biak. Tanaman ini dapat hidup di darat maupun air (Prianggoro, 2009). Selain sebagai tanaman hias, rumput payung dimanfaatkan sebagai tanaman pengolah air limbah domestik dengan lahan basah (Anggraeni, 2011). Tanaman ini juga memiliki batang yang sangat liat, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai penguat (*reinforcement*) alam pada bahan komposit.



Gambar 1. Tanaman rumput payung (*Cyperus alternifolius*)
("Rumput Payung (*Cyperus alternifolius*)," n.d.)

Penelitian untuk mengetahui karakter mekanik komposit berbahan dasar serat rumput payung (*Cyperus alternifolius*) dengan matrik epoxy, PVAc, dan semen telah dilakukan oleh Yoedono dan Redationo (2016). Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sifat masing-masing matrik sangat memengaruhi metode pembuatan komposit serat, selain itu juga dapat disimpulkan bahwa matrik epoxy, PVAc, dan semen dapat berinteraksi dengan baik bersama serat rumput payung (Yoedono & Redationo, 2016). Selain itu dari hasil penelitian yang dilakukan Yoedono et al. (2017) dapat diperoleh nilai MOR tertinggi sebesar 3,2 N/mm² terdapat pada spesimen dengan ketebalan 5 mm dengan pengujian beban searah serat dan sebesar 4,1 N/mm² dengan pengujian beban berlawanan arah serat. Sedangkan nilai MOE tertinggi sebesar 53,9 N/mm² terdapat pada spesimen dengan ketebalan 7 mm dengan pengujian beban searah serat dan sebesar 35,3 N/mm² pada spesimen dengan ketebalan 5 mm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa serat rumput payung (*Cyperus alternifolius*) dan matrik epoxy dapat berinteraksi dengan baik dalam mendukung kekuatan lentur plafon komposit (Yoedono, Santjojo, & Martino, 2017).

Alkalisasi serat komposit

Struktur serat alam terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin, pectin dan substansi perekat. Pendant hydroxyl dan gugus polar (polar groups) di dalam serat mengakibatkan kemampuan penyerapan kelembapan yang tinggi oleh serat sehingga berdampak pada lemahnya ikatan antar-muka antara serat dan polimer matrik yang bersifat hydrophobic. Upaya untuk meningkatkan karakteristik mekanik komposit dapat dilakukan dengan cara memberikan modi-

fikasi secara kimia kepada serat untuk mereduksi perilaku hydrophilic serat dan penyerapan kelembapan (M. George, P.G.Mussone, Z.Abboud, 2014).

Kencanawati et al (2018) menganalisis pengaruh perlakuan alkali dan tanpa perlakuan alkali terhadap karakteristik fisik, morfologi dan sifat mekanik serat kulit buah pinang (*areca Catechu L.*). Pemanfaatan limbah pertanian yang belum dilakukan secara maksimal, menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Serat kulit buah pinang (*Areca Husk Fiber/AHF*) selama ini hanya dipergunakan sebagai bahan bakar biomassa dan media tanam sedangkan untuk pemanfaatan lain belum ada sama sekali. AHF diberi perlakuan NaOH 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dengan waktu perendaman 2 jam pada temperatur kamar. Densitas AHF menurun dengan meningkatkan prosentase NaOH bila dibandingkan dengan AHF tanpa perlakuan NaOH. Kekuatan tarik bervariasi dengan adanya perlakuan alkali. Kekuatan tarik AHF tertinggi pada serat yang mengalami perlakuan NaOH 5% yaitu sebesar 165 Mpa dan kekuatan tarik terendah pada AHF dengan perlakuan Alkali 10% yaitu sebesar 137 MPa (Kencanawati, Sugita, Suardana, & Budiasa, 2018).

Venkateshwaran et al (2013) melakukan penelitian terhadap pengaruh perlakuan alkali (NaOH) dengan beberapa variasi konsentrasi (0.5%, 1%, 2%, 5%, 10%, 15%, dan 20%) terhadap karakteristik mekanik serat pisang/epoxy komposit. Hasilnya, serat dengan perlakuan alkali (NaOH) 1% memiliki karakteristik mekanik yang lebih baik jika dibandingkan dengan tanpa perlakuan maupun dengan perlakuan variasi konsentrasi yang lain. Selain itu, disimpulkan juga bahwa semakin meningkatnya kadar konsentrasi alkali akan mengakibatkan kerusakan pada penampang serat yang berdampak pada menurunnya karakter mekanik serat (Venkateshwaran, N., Elaya Perumal & Arunsundaranayagam, 2013).

Kuncoro Diharjo (2013) melakukan penelitian terhadap pengaruh perlakuan alkali terhadap

sifat tarik komposit berpenguat serat rami kontinyu dengan matrik poliester. Serat rami di-

rendam di dalam larutan alkali (5% NaOH) selama 0, 2, 4, dan 6 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan dan regangan tarik komposit memiliki harga optimum untuk perlakuan serat 2 jam yaitu 190,27 MPa dan 0,44% (Kuncoro Diharjo, 2006).

METODOLOGI PENELITIAN

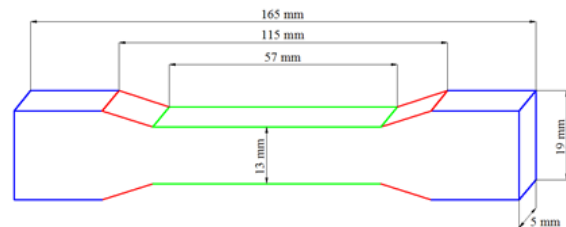
Pengujian kuat tarik komposit dilakukan dengan mengacu pada ASTM D638-02a (*Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*). Komposisi komposit serat rumput payung terdiri dari 80% serat dan 20% matrik epoxy. Serat diberikan perlakuan alkalisasi (5% NaOH) dengan variasi lama perendaman 0 jam (tanpa perendaman), 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Di mana setiap variasi terdiri dari 5 spesimen uji.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1) serat rumput payung (*cyperus alternifolius*), 2) epoxy merk Avian yang terdiri dari resin dan hardener, 3) thinner, 4) Lem. Sedangkan alat yang digunakan adalah: 1) Timbangan digital, 2) gelas ukur, 3) alat pemipih dan pembuat serat, 4) alat penjemur serat, 5) alat pengepres lamina, 6) gerinda, 7) Universal Testing Machine (UTM), 8) LVDT, 9) Load Cell.

Bentuk dan dimensi spesimen

Dimensi dan jumlah spesimen uji tarik plafon serat rumput payung dengan matrix epoxy mengacu pada ASTM D638-02a, dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 1.



Gambar 2. Dimensi spesimen pengujian tarik (ASTM D 638 -02a, 2003)

Tabel 1. Jumlah dan variasi specimen

Kode spesimen	Variasi Perendaman (jam)	Jumlah (buah)
---------------	--------------------------	---------------

A	0 (tanpa perendaman)	5
B	1	5
C	2	5
D	3	5

Pembuatan serat

Pembuatan serat dilakukan dengan tahapan: 1) memotong batang rumput payung sepanjang 60 cm, 2) menyiapkan mesin pemipih untuk batang rumput payung, 3) memipihkan batang rumput payung supaya membentuk serat, 4) menjemur serat rumput payung



Gambar 3. Serat yang telah dijemur

Perlakuan alkalisasi serat

Perlakuan alkalisasi serat dilakukan dengan tahapan: 1) melarutkan alkali (NaOH) ke dalam suatu wadah dengan perbandingan 5% pada 100 ml air, 2) merendam serat dengan variasi waktu 1 jam, 2 jam dan 3 jam, 3) mencuci serat dengan menggunakan air bersih hingga air cucian benar-benar bersih, 4) menyusun serat pada kayu penjepit dan dilengkapi kayu pengaku, 5) menjemur serat hingga kering.



Gambar 4. Serat yang telah dialkalisasi dipersiapkan untuk dijemur

Proses pembuatan spesimen

Proses pembuatan spesimen dilakukan dengan tahapan: 1) menyiapkan resin dan hardener dengan perbandingan 1:1, lalu dicampur dengan thinner agar mudah pengaplikasiannya, dan usahakan hingga campuran lem berwarna bening/ transparan, 2) menyiapkan 2 lembar plastik berukuran 50 x 50 cm (untuk lapisan terluar pada pengepressan) dan dilapisi minyak secukupnya, 3) Serat yang sudah kering disusun diatas meja press menjadi lamina, 4) mengoleskan lem epoxy pada lapisan serat dengan kuas hingga merata, 5) mengulangi hal yang sama untuk membuat lamina hingga 5 lapisan dengan menyusun berlawanan arah serat, 6) mengepress serat selama 2 x 24 jam hingga serat terkunci dan lepas kayu penjepit agar tidak menghalangi proses pengepressan.



Gambar 5. Pengepresan lamina dengan alat press

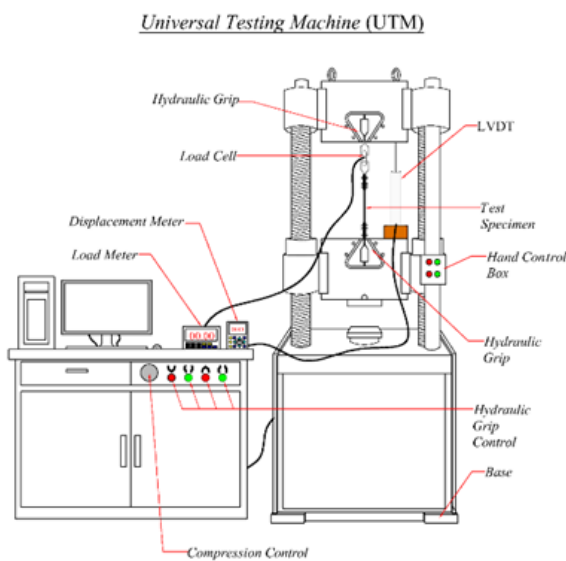
Pemotongan Spesimen

Lamina yang telah kering, dilepas dari meja press dan dibentuk/ dipotong menggunakan gerinda tangan sesuai dengan ASTM D638-02a. Di ujung spesimen dilekatkan amplas agar tidak selip saat dilakukan uji tarik.



Gambar 6. Spesimen uji tarik
Pengujian tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan tahapan: 1) mempersiapkan alat uji sesuai dengan ASTM D638-02a, 2) memasang penjepit baja pada spesimen sebelum dipasang di UTM, 3) memasang load cell yang dihubungkan ke load meter untuk melihat pertambahan beban, 4) memasang LVDT yang dihubungkan ke displacement meter untuk melihat pembacaan nilai perpanjangan/ perpindahan.



Gambar 7. Set up pengujian tarik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tebal Spesimen

Dalam penelitian ini, tebal spesimen direncanakan sebesar 5 mm, namun dalam pelaksanaannya ketebalan untuk setiap variasi perendaman berbeda-beda. Perbandingan tebal rencana dan tebal hasil dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa semakin lama durasi perendaman serat di dalam alkali, maka ketebalan hasil semakin besar. Hal ini diakibatkan karena semakin lama proses perendaman, kondisi serat menjadi semakin kaku dan cenderung keriting, sehingga dengan kondisi alat pres yang tersedia, tidak memungkinkan untuk membentuk ketebalan lamina yang sama. Serat yang kaku dan keriting cenderung sulit untuk dibentuk dan dipres. Sehingga diperlukan perbaikan/penyempurnaan alat pengekan dan alat pres yang dapat memberikan tekanan yang lebih baik untuk memperoleh ketebalan yang seragam.

Beban tarik rerata (P_{rerata}) dan tegangan tarik rerata (σ_{rerata})

Nilai beban tarik rerata (P_{rerata}), tegangan tarik rerata (σ_{rerata}), dan perbandingan luas penampang (A) dapat dilihat pada Tabel 3, Grafik 1, Grafik 2, dan Grafik 3.

Tabel 2. Perbandingan tebal rencana dan tebal hasil

Kode spesimen	Variasi Perendaman (jam)	Jumlah (buah)	Tebal rencana (mm)	Tebal hasil rerata (mm)
A	0 (tanpa perendaman)	5	5	6
B	1	5	5	7
C	2	5	5	7
D	3	5	5	10

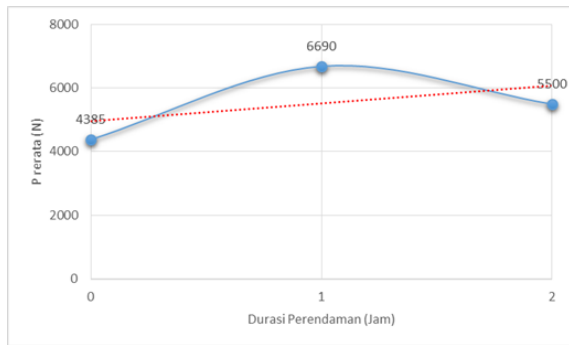
Tabel 3. Perbandingan nilai P_{rerata} , σ_{rerata} , dan A

Kode Spesimen	Variasi Perendaman (jam)	P_{rerata} (N)	b (mm)	h (mm)	A (mm ²)	σ_{rerata} (N/mm ²)
A	0	4385	13	6	78	56.22
B	1	6690	13	7	91	73.52
C	2	5500	13	7	91	60.44
D	3	7015	13	10	130	53.96

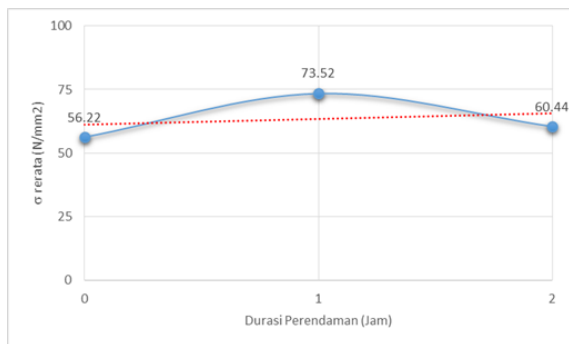
Pada grafik 1 dan grafik 2 nilai P_{rerata} dan σ_{rerata} spesimen D (variasi perendaman 3 jam)

tidak dimasukkan, hal ini karena selisih nilai luasan spesimen yang terlalu jauh sehingga

tidak dapat dipergunakan sebagai data pembanding.



Grafik 1. Hubungan P_{rerata} (N) dan durasi perendaman (jam)



Grafik 2. Hubungan tegangan tarik rerata (N/mm²) dan durasi perendaman (jam)

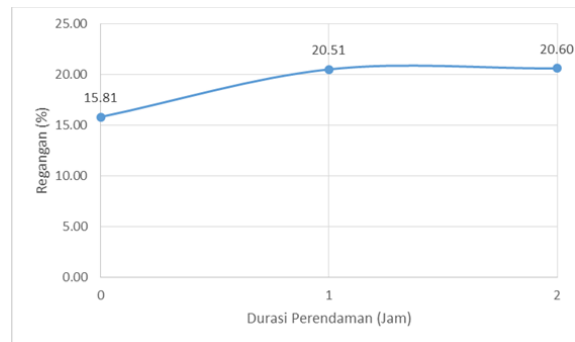
Nilai P_{rerata} maksimum dan σ_{rerata} maksimum, masing-masing sebesar 6690 N dan 73,52 N/mm² terdapat pada spesimen dengan durasi perendaman 1 jam, sedangkan nilai P_{rerata} minimum dan σ_{rerata} minimum masing-masing sebesar 4385 N dan 56,22 N/mm² terdapat pada spesimen tanpa perendaman. Peningkatan nilai P_{rerata} dan σ_{rerata} pada spesimen dengan durasi perendaman 1 jam, diakibatkan karena proses alkalisasi pada serat selama 1 jam telah mampu memperbaiki daya ikat antara matrik dan serat sehingga memiliki kemampuan mekanik yang lebih baik di dalam menahan gaya tarik. Sedangkan penurunan nilai P_{rerata} dan σ_{rerata} pada spesimen dengan durasi perendaman 2 jam, diakibatkan karena proses alkalisasi pada serat selama 2 jam telah mulai merusak serat (deliginisasi) sehingga kontribusi serat di dalam menahan beban tarik bersama matrik menurun.

Regangan maksimum (%)

Nilai regangan maksimum untuk setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 4 dan Grafik 3.

Tabel 4. Perbandingan nilai regangan maksimum (%)

Kode Spesimen	Variasi Perendaman (jam)	Regangan maksimum (%)
A	0	15.81
B	1	20.51
C	2	20.60
D	3	26.53



Grafik 3. Hubungan regangan (%) dan durasi perendaman (jam)

Berdasarkan Tabel 4 dan Grafik 3 dapat disimpulkan bahwa semakin lama durasi perendaman, maka regangan yang terjadi semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan alkali pada serat akan menambah kelenturan komposit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

- Proses alkalisasi pada serat rumput payung (*cyperus alternifolius*) berpengaruh pada kekuatan tarik komposit dengan matrik epoxy
- Nilai P_{rerata} maksimum dan σ_{rerata} maksimum, masing-masing sebesar 6690 N dan 73,52 N/mm² terdapat pada spesimen dengan durasi perendaman 1 jam, sedangkan nilai P_{rerata} minimum dan σ_{rerata} minimum masing-masing sebesar 4385 N

dan 56,22 N/mm² terdapat pada spesimen tanpa perendaman.

- c) Peningkatan nilai P_{rerata} dan σ_{rerata} pada spesimen dengan durasi perendaman 1 jam, diakibatkan karena proses alkalisasi pada serat selama 1 jam telah mampu memperbaiki daya ikat antara matrik dan serat sehingga memiliki kemampuan mekanik yang lebih baik di dalam menahan gaya tarik. Sedangkan penurunan nilai P_{rerata} dan σ_{rerata} pada spesimen dengan durasi perendaman 2 jam, diakibatkan karena proses alkalisasi pada serat selama 2 jam telah mulai merusak serat (deliginisasi) sehingga kontribusi serat di dalam menahan beban tarik bersama matrik menurun.
- d) Semakin lama durasi perendaman, maka regangan yang terjadi semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan alkali pada serat akan menambah kelenturan komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Khalil, H. P. S., Bhat, I. U. H., Jawaid, M., Zaidon, A., Hermawan, D., & Hadi, Y. S. (2012). "Bamboo fibre reinforced bio-composites: A review". *Materials & Design*, 42, 353–368. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.06.015>
- Anggraeni, D. (2011). "Pengolahan air limbah domestik dengan lahan basah buatan menggunakan rumput payung (*Cyperus alternifolius*)".
- ASTM D 638 -02a. Standard test method for tensile properties of plastics, 08 ASTM D 638 -02a § (2003). Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Standard+Test+Method+for+Tensile+Properties+of+Plastics#0>
- Bledzki, A.K., Mamun, A.A., Lucka-Gabor, M., & Gutowski, V. (2008). "The effects of acetylation on properties of flax fibre and its polypropylene composites". *EXPRESS Polymer Letters*, 2 No 6, 413–422. <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2008.50>
- E. Sassoni, S. Manzi, A. Motori, M. Montecchi, and M. C. (2014). "Novel sustainable hemp-based composites for application in the building industry: Physical, thermal and mechanical characterization". *Energy and Buildings*, 77, 219–226. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuid.2014.03.033>
- Kabir, M., Wang, H., Aravinthan, T., Cardona, F., & Lau, K.-T. (2011). "Effects of natural fibre surface on composite properties: a review". In *edBE2011 Proceedings* (pp. 94–99). Toowoomba, Australia: Centre of Excellence in Engineered Fibre Composite (CEEFC), Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland, Toowoomba, Australia.
- Kencanawati, C., Sugita, I. K. G., Suardana, N. P. G., & Budiasa, I. W. (2018). "Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat fisik dan mekanik serat kulit buah pinang". *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 11(April), 6–10. <https://doi.org/10.24843/JEM.2018.v11.i01.p02>
- Ku, H., Wang, H., Pattarachaiyakoop, N., & Trada, M. (2011). *A Review on the tensile properties of natural fibre reinforced polymer composites*. Composites Part B: Engineering, 42 No 4(ISSN 1359-8368), 856–873.
- Kuncoro Diharjo. (2006). "Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester". *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1), 8–13. Retrieved from <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/view/16474>
- M. George, P.G.Mussone, Z.Abboud, and D. C. B. (2014). "Characterization of chemically and enzymatically treated hemp fibres using atomic force microscopy and spectroscopy". *Applied Surface Science*, 314, 1019–1025.
- Prianggoro, H. (2009). "Rumput payung si bandel yang fleksibel" - Kompas.pdf. Kompas Tekno. Retrieved from <http://tekno.kompas.com/read/2009/08/11/06464188/rumput.payung.si.bandel.yang.fleksibel>
- Ray, S. S., & Bousmina, M. (2005). "Biodegradable polymers and their layered silicate nanocomposites: In greening the 21st century materials world", 50, 962–1079. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2005.05.002>
- Rumput Payung (*Cyperus alternifolius*). (n.d.). Retrieved from

http://www.agraria.org/piantedavaso/cyperus_involucratus.JPG

- Ticoalu, A., Aravinthan, T., & Cardona, F. (2010). "A review of current development in natural fiber composites for structural and infrastructure applications". In *Southern Region Engineering Conference* (pp. 1–5). Toowoomba, Australia: University of Southern Queensland.
- Venkateshwaran, N., Elaya Perumal, A., & Arunsundaranayagam, D. (2013). "Fiber surface treatment and its effect on mechanical and visco-elastic behaviour of banana/epoxy composite". *Materials & Design*, 47, 151–159.
- Yoedono, B. S., & Redationo, T. (2016). Young Lecture Research Grant Reports - DIRJEN DIKTI "Pengaruh Matriks Pada Bahan Komposit Serat Rumput Payung (*Cyperus alternifolius*) Untuk Aplikasi Bahan Bangunan." Malang.
- Yoedono, B. S., Santjojo, D. J. D. H., & Martino, B. (2017). "Analisis kekuatan lentur plafon komposit serat rumput payung (*Cyperus alternifolius*) dengan matrik epoxy". In *Senaspro 2017* (Vol. 2, pp. 213–219). Malang: Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Muhammadiyah Malang. Retrieved from <http://research-report.umm.ac.id/index.php/research-report/article/view/1215>