

UJI KELAYAKAN BAHAN PENGUAT LISPLANG DARI LIMBAH PELEPAH NANAS

Hana Wardani Puruhita¹, Dwi Ely Wardani², Ita Dwijayanti³,

^{1,2,3}Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Surakarta, Jalan Raya
Palur Km. 5 Surakarta 57772

Email: hanapuruhita23@gmail.com

ABSTRAK

Lisplang rumah selain memiliki fungsi estetis, berfungsi sebagai pelindung material atap agar tidak mudah rusak.

Sehingga dibutuhkan material lisplang yang awet dan memiliki tingkat ketahanan. Saat ini sudah banyak material lisplang rumah yang ditawarkan dan kebanyakan berbahan dasar *glass fibre reinforced plastic* (GFRP).

Namun terdapat efek samping dari GFRP ini yang bersifat polutan. Sehingga diperlukan penelitian bahan lisplang dari material serat alam. Salah satu jenis serat alam yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan penguat lisplang adalah pelepah serat nanas. Hal ini merupakan peluang karena material ini melimpah. Penelitian ini bertujuan untuk uji kelayakan serat nanas sebagai bahan penguat lisplang. Metode penelitian yang dilakukan dengan melihat pengaruh perlakuan alkali % NaOH terhadap kekuatan tarik komposit serat nanas. Prosedur yang dilakukan dalam pengambilan data menggunakan variasi perendaman NaOH 0% - 40% terhadap serat selama 2 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (serat) pelepah nanas layak dijadikan bahan penguat lisplang dengan treatment perendaman kadar NaOH 30% .

Kata kunci: Kelayakan, lisplang, pelepah nanas

PENDAHULUAN

Menurut Susanta (2007), lisplang merupakan komponen bangunan yang dipasang pada ujung genteng, fungsi lisplang sebagai penutup rongga antara genteng dan plafon serta sebagai pemanis tampilan. Lisplang umumnya terbuat dari bahan atap itu sendiri seperti genteng, asbes, dan metal; bahan kayu; bahan serta fibersemen/GRC; serta bahan betob bertulang (untuk dak beton). Bersama berkembangnya teknologi, menuntut lisplang memiliki tingkat ketahanan dan keawetan. Di pasaran sudah banyak beredar material pabrikan yang ditawarkan untuk lisplang, baik itu lisplang yang menyatu dengan talang, ataupun sebagai aksesoris penambahan saja. Salah satunya dengan bahan dasar *glass fibre reinforced plastic* (GFRP). GFRP merupakan komposit pabrikan.

GFRP sendiri merupakan material pabrik yang mulai berkembang sejak tahun 1930 an. Hingga tahun 1994, hampir 600 juta pounds bahan komposit telah digunakan oleh industri bangunan. Kini GFRP sangat banyak peminat karena bisa membuat komponen bangunan (termasuk lisplang) yang bersifat kustom sesuai permintaan pembeli. Melihat dari beberapa kelebihan dari GFRP ini tentunya ada kekurangan atau dampak negatif yang dihasilkan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa material ini menghasilkan polutan, baik dalam

proses penyusunan komposit ini, hingga residu yang dihasilkan untuk masa depan. Sehingga perlu dilakukan sebuah alternatif material komposit yang berasal dari alam yang mampu mengurangi dampak limbah yang membebani bumi. (–, 2014)

Dengan melihat adanya dampak negatif yang dihasilkan oleh GFRP, maka perlu dilakukan kajian material komposit alternatif yang bersifat alami dan tersedia melimpah di alam. Keunggulan dari serat alam yaitu tahan korosi, rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah , proses pembuatannya mudah serta mudah terurai oleh alam.

Jumlah serta alam yang berlimpah dan mudah didapatkan ini tidak kalah dengan material pabrikan. Serat alam ini mempunyai nilai perpaduan dua sifat dasar kuat dan ringan. Di samping itu serat alam juga lebih mudah diperoleh, karena berasal dari makhluk hidup seperti hewan dan tumbuhan, yang bersifat dapat terbarukan, dapat diolah secara alami, ramah terhadap lingkungan, serta mempunyai kekakuan yang lebih tinggi dan tidak menyebabkan iritasi pada kulit. Salah satu bahan serat alam yang berpotensi untuk digunakan sebagai penguat bahan komposit adalah serat nanas (*Ananas comosus L. Merr*). Tumbuhan ini termasuk dalam familia nanas-nanasan dengan ciri-ciri,

perawakan (*habitus*) tumbuhannya rendah, herba (menahun) dengan 30 helai atau lebih daun yang panjang, berujung tajam, tersusun dalam bentuk roset mengelilingi batang yang tebal. Suhu yang sesuai untuk budidaya tanaman nanas adalah 23-32 °C (sebagaimana suhu di Indonesia), sehingga menjadi peluang ekonomis ke depan apabila mampu memberdayakan tumbuhan nanas sebagai bahan komposit.

Potensi tumbuhan nanas (*Ananas c.*) ditinjau dari produksinya merupakan salah satu dari tiga buah terpenting dari daerah tropika. Indonesia termasuk produsen nanas terbesar ke-5 di dunia setelah Brazil, Thailand, Filipina dan Cina. Tetapi apabila ditinjau dari perannya dalam ekspor dunia, Indonesia masih berada pada urutan ke-19 dengan pangsa hanya 0,47%.



Gambar 1. Latar Belakang Penelitian
Sumber : diolah dari berbagai sumber, 2019

Dari segi ekonomis, pelepah nanas masih jarang yang menggunakan sebagai icon komoditi dalam perindustrian. Nilai jual pelepah nanas dapat dikatakan sebagai limbah dan hampir dikatakan tidak mempunyai nilai jual. Karena itu, dimasa mendatang setelah melalui penelitian tertentu, sangat mungkin serat dari pelepah nanas dapat digunakan sebagai bahan penguat komposit serat alam yang murah dan ramah lingkungan.

Perlunya kajian tentang sifat mekanis serat nanas dipandang sangat penting untuk dilakukan dan diperlukan penelitian kekuatan tarik serat nanas dengan matrik *unsaturated polyester* type 157 BQTN-EX. Hal ini lebih didasarkan bahwa proyeksi luaran komposit serat nanas agar mampu dibuat lisplang rumah, yang mensyaratkan kemampuan menahan beban tarik sehingga komposit serat nanas perlu diketahui kemampuan tegangan tariknya.

Tujuan penelitian ini untuk menguji kelayakan bahan penguat lisplang dari limbah pelepah nanas. Dengan cara melihat pengaruh perlakuan alkali NaOH terhadap kekuatan tarik komposit serat pelepah nanas sebagai bahan alternatif penguat lisplang rumah. Manfaat penelitian ini memberikan data kekuatan tarik komposit serat nanas, sehingga diharapkan dari hasil penelitian ini dapat memberikan masukan sebagai bahan alternatif penguat lisplang rumah.

KAJIAN PUSTAKA

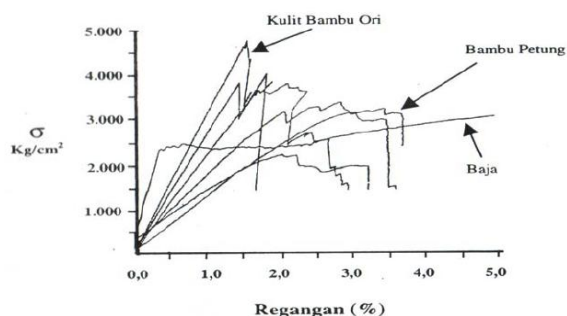
Rodiawan dkk (2016) menyebutkan, material GFRP merupakan salah satu jenis komposit. pabrikan. Komposit merupakan kombinasi antara dua atau lebih material untuk mendapatkan sifat antara kedua atau lebih material tersebut. Komposit memiliki kelebihan antara lain ringan, kaku, dan tahan lama. Unsur pembentuk komposit adalah matrik dan penguat. Matrik yang umum digunakan adalah polimer berbahan resin dan penguat serat sintesis berbahan dasar serat karbon. Namun penggunaan jenis material tersebut mengakibatkan masalah bagi lingkungan karena sulitnya terdegradasi oleh alam.

Serat dalam bentuk anyaman atau acak bertujuan untuk memberikan pilihan agar kualitas komposit sesuai dengan keinginan dan fungsi dari material. Penelitian oleh Diharjo K. & Triyono, (2002), demikian juga Pramono (2008), dilakukan pada serat enceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dan kompatibilitas serat enceng gondok pada matrik *unsaturated polyester* yukulac tipe 157 BQTN-EX. Hasil pengujian tegangan tarik terbesar pada serat tanpa perlakuan 27,397 N/mm² tetapi elongasi pada serat tanpa perlakuan tersebut menunjukkan nilai yang terendah yaitu 0,857%. Sedangkan hasil pengujian kompatibilitas menunjukkan tegangan interfacial tertinggi terdapat pada spesimen perlakuan perendaman etanol kadar 10% sebesar 0,020 N/mm² dan nilai elongasi sebesar 1,99%.

Menurut Taurista, 2006, mengemukakan bahwa serat bambu dengan data mekanis pengujian didapatkan bahwa kekuatan tarik aktual terbesar dimiliki oleh komposit dengan lebar serat 5 mm dengan nilai σ aktual sebesar 16,806 Kg/mm². Regangan tarik terbesar dimiliki komposit dengan lebar serat 5 mm dengan nilai aktual sebesar 0,012, namun modulus elastisitas tarik terbesar dimiliki komposit dengan lebar serat 5 mm dengan nilai sebesar 1421,129 kg/mm².

Penelitian Morisco (1999) menyebutkan dengan spesimen yang dibuat dari bambu yang tanpa buku dengan pembanding dipakai baja tulangan beton dengan tegangan luluh sekitar 2400 kg/cm². Pengujian yang dilakukan oleh Morisco memakai mesin UTM (*Universal Testing Machine*) merk UNITED dengan kapasitas tarik 13,6 ton. Mesin uji dilengkapi dengan computer yang dapat memberi keluaran

berupa diagram tegangan-regangan pada Gambar 2, berikut :



Gambar 2. Diagram tegangan-regangan bambu dan baja

Sumber : Morisco,1999

Dari gambar 2. dapat diketahui bahwa kekuatan tarik kulit bambu ori cukup tinggi yaitu hampir mencapai 5000 kg/cm², sedang kuat tarik rata-rata bambu petung juga lebih tinggi dari tegangan luluh baja.

Kekuatan bahan komposit dapat ditingkatkan dengan meningkatkan kekuatan bahan serat dan meningkatkan gaya ikatan *interfacial* antara matrik dan serat. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan tarik dan gaya *interfacial* pada serat alam adalah dengan *alkali treatment* atau dengan perendaman pada larutan NaOH, misalnya pada serat jute yang telah diteliti oleh Ray dkk (2001) dengan perlakuan larutan alkali 5% selama 0, 2, 4, 6, dan 8 jam, yang dilakukan dengan pencucian dan penetralan alkali dengan asam asetat, serta pengeringan pada temperatur 48 jam dan di-oven pada 100 °C selama 6 jam. Perkembangan kristanilitas serat jute meningkatkan modulus elastisitas sebesar 12%, 68%, dan 79% setelah perlakuan 4, 6, 8 jam. Tetapi, % regangan patah serat menurun 23% setelah perlakuan 8 jam.

Zhu, dkk. (1999) melakukan pengujian kompatibilitas pada material *BSS-fiber composites* dan *CSS-fiber composites* menyimpulkan bahwa rata-rata kekuatan *BSS-fiber composites* lebih besar dibandingkan *CSS-fiber composites* yaitu sebesar 11,1% dan 22,4% untuk kedalaman serat 3 mm dan 4,5 mm.

a. Analisa Tegangan

Pengujian yang digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik menggunakan ASTM D. 638. Pengujian tarik dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan komposit terhadap tegangan tarik. Tegangan didefinisikan sebagai tahanan terhadap gaya-gaya luar. Umumnya

diberikan dalam pound atau newton, dan luas yang menahan dalam inch² atau mm². Akibatnya tegangan biasanya dinyatakan dalam pound/inch² yang sering disingkat psi atau Newton/mm² (MPa). Tegangan yang dihasilkan pada keseluruhan benda tergantung dari gaya yang bekerja. Pada saat batang uji menerima beban sebesar P kg, maka batang uji akan bertambah panjang sebesar ΔL mm. Saat itu pada batang uji bekerja tegangan yang dapat dihitung dengan persamaan Smith (1986):

$$\sigma = \frac{F}{A_o} \dots\dots\dots (1)$$

Catatan :

σ = tegangan (pascal, N/m²)

F = beban yang diberikan (Newton, dyne)

Ao = luas penampang (mm²)

Tegangan sejati (*true stress*) adalah perbandingan antara beban disaat patah dengan penampang yang sebenarnya (setelah patah) dirumuskan Callister (1996):

$$\sigma = \frac{F}{A_u} \dots\dots\dots (2)$$

Catatan :

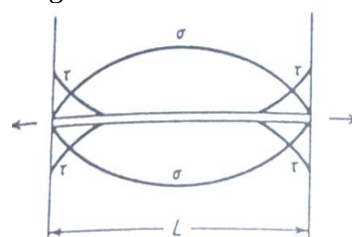
σ = tegangan (pascal, N/m²)

F = beban/gaya yang diberikan pada benda (Newton, dyne)

Au = luas penampang (m²)

b. Analisa Kekuatan Tarik

Penurunan rumus kekuatan dan modulus dari komposit yang diperkuat serat oleh kaidah campuran (pendekatan) yang dirumuskan oleh Dieter (1987). Distribusi tegangan geser τ dan tegangan tarik aksial dalam serat σ sepanjang serat seperti gambar berikut :



Gambar 3. Variasi tegangan sepanjang serat

Sumber : Dieter, 1987

Bila pada komposit bekerja gaya tarik P dalam arah serat, dapat dianggap bahwa serat dan matriks mengalami regangan yang sama yaitu $e_f = e_m = e_c$ maka gaya tarik P menurut Dieter (1987) seperti persamaan :

$$P = \sigma_f A_f + \sigma_m A_m \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

A_f = penampang serat,

A_m = penampang matriks.

Kekuatan rata-rata komposit adalah

$$\sigma_c = P / A_c \text{ dimana } A_c = A_f + A_m$$

$$\sigma_c = \frac{P}{A_c} = \frac{\sigma_f A_f}{A_c} + \frac{\sigma_m A_m}{A_c} \dots \dots \dots (4)$$

Karena menyangkut perilaku elastik,

$\sigma_f = E_f e_f$ dan $\sigma_m = E_m e_m$ maka,

$$P_c = E_f e_f A_f + E_m e_m A_m \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

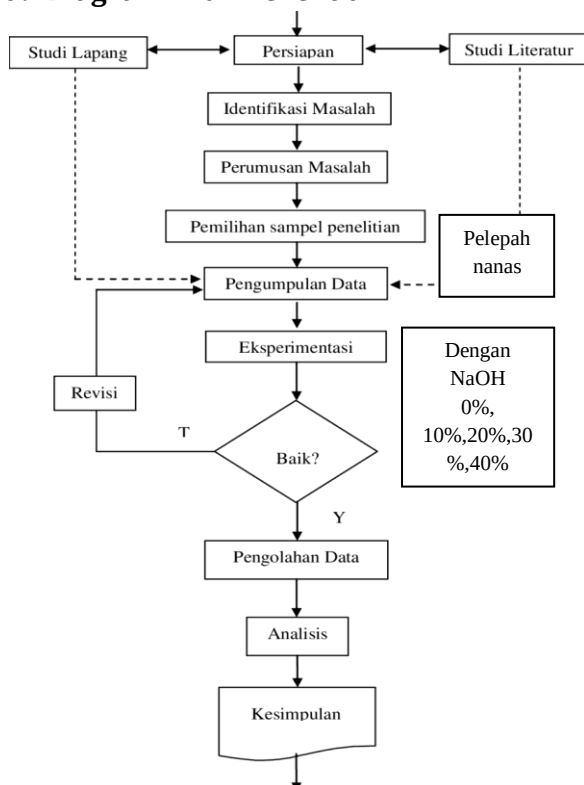
$P_c = E_c e_f A_c$, dengan permisalan $e_f = e_m = e_c$

dan setelah ditransformasikan dari perbandingan luas ke fraksi volume, diturunkan kaidah campuran sehingga didapatkan modulus komposit seperti persamaan:

$$E_c = E_f f_f + E_m f_m = E_f f_f + (1 - f_f) E_m \dots \dots \dots (6)$$

METODOLOGI

a. Diagram Alur Penelitian



Gambar 4. Diagram Alur Penelitian

Sumber: <https://www.researchgate.net/> diakses 1 November 2019

b. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan dalam pembuatan spesimen uji tarik serat dan

kompatibilitas yaitu serat nanas (*Ananas comosus L. Merr*), matrik *Unsaturated Polyester* type 157 BQTN, *hardener Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO), larutan alkali (NaOH) dan H₂O. Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin UTM (*Universal Testing Machine*) dengan model WEW-300 kelas 1 nomer seri 178 tahun 2012 mesin buatan China.

c. Teknik Pengolahan Serat Pelepah Nanas (*Ananas comosus L. Merr*)



Pelepah serat nanas --> dicuci --> dikeringkan selama ±10 hari --> Pengambilan serat dari pelepah serat nanas dengan menggunakan bantuan sikat kawat, dengan cara menyikat membujur searah dengan sikat kawat tersebut, lalu serat tersebut akan memisah dari daging pelepah tersebut.

Gambar 5. Proses Pengolahan Serat Pelepah Nanas
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2019

Pelepah serat nanas (*Ananas comosus L. Merr*) dicuci pada bak pencuci hingga bersih kemudian dikeringkan selama ±10 hari. Pengambilan serat dari pelepah serat nanas dengan menggunakan bantuan sikat kawat. Teknik pengambilan serat nanas setelah kering disikat dengan cara membujur searah dengan sikat kawat tersebut, lalu serat tersebut akan memisah dari daging pelepah tersebut. Serat kemudian direndam dengan larutan alkali (NaOH 0%, 10%, 20%, 30%, 40%) dengan waktu perendaman 2 jam. Pengangkatan serat dilakukan dengan menggunakan kawat strimin, lalu serat dikeringkan secara alami pada suhu kamar.

d. Pembuatan Spesimen Uji



Gambar 6. Proses Pembuatan Spesimen Uji

Sumber : Dokumentasi Penulis, 2019

HASIL DAN ANALISIS

a. Serat Pelepeh Nanas Perlakuan NaOH Selama 2 Jam

Tujuannya untuk mengetahui kelayakan dengan menguji kekuatan tarik pada serat pelepeh nanas dengan pengujian tarik mulur. Alkali serat pelepeh nanas dilakukan dengan perendaman selama 2 jam pada larutan NaOH kadar 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%. Berikut hasil dari pengujian serat nanas perlakuan alkali selama 2 jam dengan variasi kadar NaOH beserta analisa.

b. Tegangan Tarik

Karakteristik dari sifat mekanik sangat ditentukan oleh kekuatan tarik. Hasil pengujian tarik mulur serat pelepeh nanas dengan alkali NaOH kadar 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dengan lama perendaman 2 jam berakibat memberikan nilai tegangan tarik yang bervariasi. Adanya perlakuan alkali serat pelepeh nanas mampu meningkatkan sifat mekanis serat terutama sifat tarik. Karakteristik kekuatan tarik serat pelepeh nanas tanpa perlakuan dan perlakuan NaOH dengan perendaman 2 jam ditunjukkan sesuai tabel 1.

Tabel 1. Tegangan tarik serat pelepeh nanas alkali NaOH 2 jam

No.	Variasi NaOH (%)	Tegangan Tarik (MPa)		
		Minimal	Maksimal	Rata-Rata
1	0%	627,002	702,209	669,606
2	10%	431,599	773,156	607,378
3	20%	857,921	963,889	915,905
4	30%	971,352	1120,292	1050,822
5	40%	568,529	1086,963	832,746

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

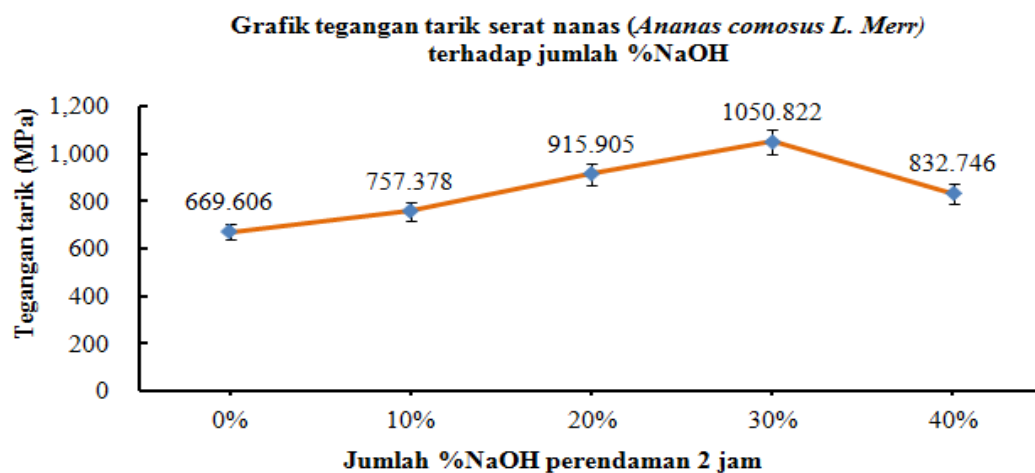
Hasil pengujian tarik serat nanas menunjukkan bahwa nilai tegangan tarik rata-rata serat nanas tanpa perlakuan (0%) **sebesar 669,606 MPa**, sedangkan serat nanas dengan

perlakuan alkali dengan perendaman NaOH kadar 10%, 20%, 30%, 40% selama 2 jam menunjukkan tegangan tarik rata-rata berturut-

turut 607,378 MPa, 915,905 MPa, 1050,822 MPa dan 832,746 MPa.

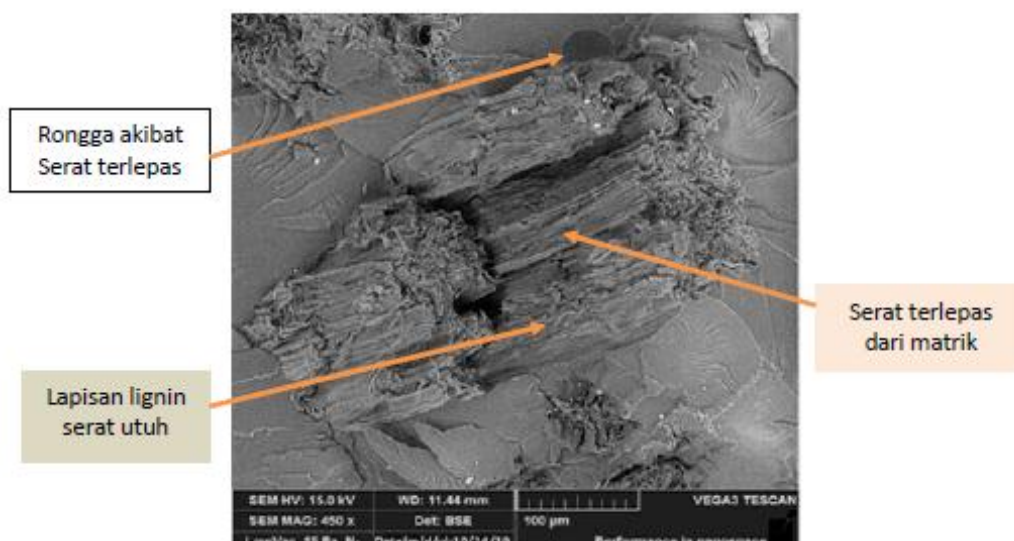
Dari hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa sifat mekanis tegangan tarik dapat ditingkatkan dengan perlakuan NaOH kadar 30% selama 2 jam yaitu sebesar 69,47 MPa. Nilai ini didapatkan dari hasil selisih tegangan rata-rata NaOH 30% (1050,822 Mpa) dan nilai tegangan maksimal NaOH 30% (1120,292 Mpa). Peningkatan kekuatan tarik selama 2 jam, lebih disebabkan karena serat belum mengalami penambahan diameter yang signifikan, sebagaimana hasil penelitian Eichorn (2001).

Tetapi, akibat semakin tingginya kadar NaOH menunjukkan trend penurunan dan sesuai dengan prinsip dasar bahwa larutan NaOH mempunyai sifat yang mampu mengubah permukaan serat menjadi kasar. Akibat serat yang semakin kasar, maka akan menyebabkan kekuatan tariknyapun semakin menurun setelah melampaui batas jenuhnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik serat dapat ditingkatkan dengan metode perlakuan %NaOH. Grafik tegangan tarik serat nanas tanpa perlakuan dan perlakuan %NaOH selama 2 jam sebagaimana pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik tegangan tarik serat pelepah nanas alkali %NaOH selama 2 jam
Sumber: Hasil Penelitian,2019

c. Pengamatan Foto SEM

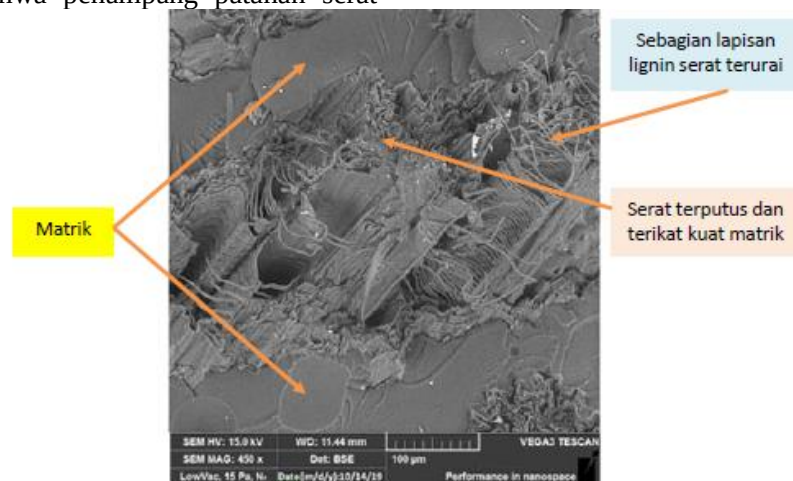


Gambar 8. Patahan komposit tanpa alkali serat (NaOH 0%)
Sumber: Hasil Penelitian,2019

Hasil pengamatan foto SEM pada gambar 8, menunjukkan penampang patahan komposit serat pelepah nanas (*Ananas Comosus L. Merr*) tanpa alkali NaOH, dimana tampak adanya serat masih terlapisi utuh oleh lignin, selulosa dan hemiselulosa. Akibatnya serat dengan mudah terlepas ikatan matrik atau matrik tidak mampu mengikat serat secara optimal (*fiber pull out*). Terlepasnya serat (mengalami *debonding*) dari matrik menyebabkan nilai kekuatan tarik komposit kecil.

Pengamatan foto SEM pada gambar 9, menunjukkan bahwa penampang patahan serat

pelepah nanas (*Ananas Comosus L. Merr*) akibat pengujian tarik menunjukkan adanya penurunan besarnya diameter serat. Penampang hasil dari pengamatan patahan pada daerah yang mengalami penurunan ukuran diameter serat (daerah *necking*), menunjukkan bahwa serat nanas alkali serat 30% NaOH mengalami patahan dan terjadi murni akibat mulai terkelupasnya lapisan permukaan serat (lignin, selulosa dan hemiselulosa). Akibatnya terjadi ikatan kuat antar serat dan matrik, sehingga mengakibatkan nilai kekuatan tarik optimal.

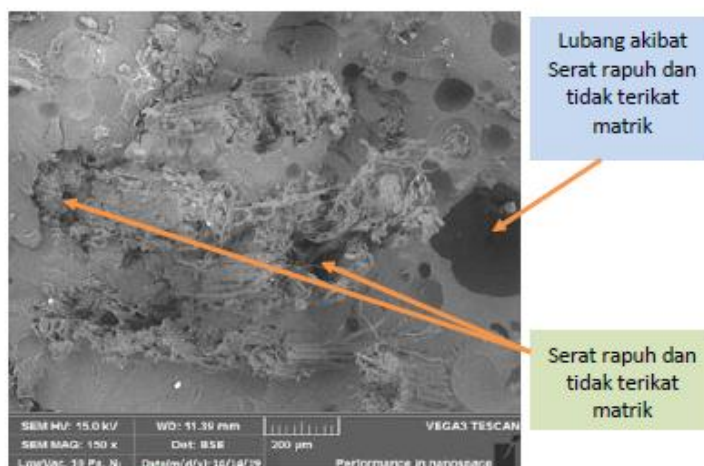


Gambar 9. Patahan komposit alkali NaOH 30% selama 2 jam

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Pada hasil pengamatan foto SEM gambar 10, menunjukkan alkali serat 40% NaOH telah kehilangan lapisan permukaan serat (lignin, selulosa dan hemiselulosa). Akibatnya serat mengalami rapuh dan adanya tegangan tarik akan terlepas dari matrik dengan kata lain matrik tidak mampu mengikat serat karena rapuh. Sependapat

dengan (M. Budi Nur Rahman, dkk., 2011), sel-sel serat yang rusak sehingga menjadi rapuh, keropos dan kekuatannya berkurang diakibatkan dari terlalu lamanya perendaman atau konsentrasi larutan terlalu tinggi. Terlepasnya serat dari matrik akibat serat rapuh, akan menyebabkan nilai kekuatan tarik komposit semakin kecil.



Gambar 10. Patahan komposit alkali NaOH 40% selama 2 jam

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alkali serat 30% NaOH paling optimal kekuatan tariknya, sehingga dapat diindikasikan dengan adanya uji kelayakan dengan treatment khusus dengan larutan NaOH dengan kadar 30% selama 2 jam berpotensi / layak sebagai alternatif penguat komposit bahan lisplang rumah.

CATATAN KHUSUS

Materi ini pernah dipresentasikan di Politeknik Indonusa Surakarta pada tanggal 16 November 2019 dengan judul : “Pengaruh Perlakuan Alkali % NaOH terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Nanas sebagai Bahan Alternatif Penguat Listplank Rumah”.

DAFTAR PUSTAKA

- Callister, D.W., 1996. *Materials Science And Engineering*. John Willey & Sons, Univ of Utah.
- Dieter, G. E., 1987. *Mechanical Metallurgy*, 2nd Edition. McGraw Hills Company. Tokyo.
- Diharjo K. dan Triyono, 2002. Rancang Bangun Dinding Kereta Api dengan Komposit Sandwich Serat gelas, Surakarta.
- Eicorn, S.J. 2001. *Review Current International Research into Cellulosic Fibers and Composites*. Journal Of Material Science. Vol 36. Pp. 2107-2131.
- Morisco. 1999. *Rekayasa Bambu*, Nafiri Offset, Yogyakarta
- Pramono, C. 2008. *Pengaruh Larutan Alkali dan Etanol Terhadap Kekuatan Tarik Serat Enceng Gondok dan Kompatibilitas Serat Enceng Gondok pada Matrik Unsaturated Polyester Yukalac tipe 157 BQTN-EX*. Skripsi, Jurusan Teknik Mesin UNDIP, Semarang.
- Ray, dkk. 2001. *Effect of alkali Treated Jute Fiber on Composites Properties*. Bulletin of Material Science, vol 24, No.2, pp.129-134, Indian Academy of Science.
- Rodiawan, Suhdi, dan Rosa, Firlya. 2016, *Analisa Sifat-Sifat Serat Alam Sebagai Penguat Komposit Ditinjau dari Kekuatan Mekanik, Turbo : Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, Lampung.
- Smith. 1986. *Principles of Materials Science and Engineering*. Mc. Graw-Hill, Univ. Of Central Florida.
- Susanta, Gatut. 2007, *Panduan Lengkap Membangun Rumah*, Penbar Swadaya, Jakarta.
- Taurista, dkk. 2006. *Komposit Laminat Bambu Serat Woven Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Fiber Glass Pada Kulit Kapal*, Jurusan Teknik Material, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Zhu a, Y.T., dkk. 1999. *Mechanical Properties of Bone-Shaped-Short-Fiber Reinforced Composites*. *Acta Materialia Inc. : Journal Elsevier Volume 47*. Diakses <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359645499000713?via%3Dihub> tanggal 1 November 2019.
- , 2014, *Architecture Fiberglass*, the Stromberg Group, Greenville. diakses https://www.strombergarchitectural.com/files/GFRP_brochure.pdf tanggal 1 November 2019