

KUAT TARIK DAN LENTUR KOMPOSIT POLIESTER-ABAKA YANG DIEKSPOSE PADA LINGKUNGAN AGRESIF *Tensile and Flexural Strength of Polyester-Abaca Composite Exposed to Aggressive Environment*

Jauhar Fajrin*, Ika Permatasari*, Hariyadi*, Miko Eniarti*, Suparjo*, Pathurahman*
*Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl. Majapahit 62 Mataram
Email : jauhar.fajrin@unram.ac.id, ikapermatasari@gmail.com, hariyadi@unram.ac.id,
mikoeniarti@unram.ac.id, suparjo2409@unram.ac.id, pathur66@unram.ac.id

Manuscript received: 24 November 2023

Accepted: 01 Maret 2023

Abstrak

Kajian mengenai komposit polimer - serat alam yang sering ditampilkan oleh para peneliti lebih banyak didasarkan pada kondisi lingkungan normal. Padahal dalam kenyataannya, penggunaan material komposit seringkali berada atau dihadapkan pada situasi yang tidak normal atau agresif seperti kelembaban dan temperatur yang selalu berubah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan evaluasi sifat mekanik komposit polimer yang diperkuat dengan serat alam – abaka - yang diekspose pada lingkungan agresif. Penelitian dilakukan secara eksperimental dimana tiga jenis lingkungan agresif; ruang terbuka, air laut dan ditanam dalam tanah menjadi variabel penelitian. Sebagai pembanding atau kontrol, komposit juga ditempatkan pada ruang tertutup dengan kondisi normal. Setelah diekspose selama 8 minggu, sampel komposit kemudian dipersiapkan untuk diuji kekuatan tarik dan lenturnya. Perkembangan proses degradasi komposit juga dievaluasi setiap minggu. Hasil analisis menunjukkan bahwa lingkungan agresif air laut memberikan pengaruh yang paling signifikan, dimana kekuatan dan modulus tariknya masing-masing 18,3% dan 21,4 % lebih kecil dari komposit yang ditempatkan pada lingkungan normal. Demikian pula hasil analisis kekuatan dan modulus lentur, komposit poliester-abaka yang direndam air laut mempunyai kuat dan modulus lentur masing-masing 22,7% dan 31,4% lebih kecil dibandingkan dengan komposit yang tidak diekspose pada lingkungan agresif. Ekspose pada lingkungan lembab, yakni ditanam dalam tanah memberikan efek yang lebih kecil, dimana kekuatan tarik dan lenturnya hanya berbeda 8,1% dan 6,3% lebih kecil dibandingkan dengan kontrolnya. Ekspose pada ruang terbuka juga mereduksi sifat mekanik komposit, dimana nilai rerata kuat tarik dan lentur masing-masing sebesar 17,2% dan 10% lebih kecil dibandingkan dengan komposit yang tidak diekspose pada lingkungan agresif. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa lingkungan agresif berpengaruh cukup signifikan dalam mereduksi kekuatan tarik dan lentur komposit poliester-abaka.

Kata kunci : Komposit, Serat abaka, Lingkungan agresif, Durabilitas.

PENDAHULUAN

Penelitian-penelitian mengenai kemungkinan penggunaan serat alam sebagai penguat polimer ini masih terus berlangsung. Beberapa penelitian mengenai upaya penggunaan serat lokal Indonesia sebagai penguat polimer juga telah dilaporkan oleh berbagai pihak. Penelitian-penelitian tersebut sejauh ini memperlihatkan bahwa serat alam mempunyai potensi yang baik sebagai pengganti serat-serat konvensional yang telah digunakan sebelumnya. Namun demikian, kesimpulan bahwa serat alam mampu menggantikan peran serat buatan sebagian besar diambil dari hasil eksperimen dan pengujian jangka pendek, yang artinya sampel-sampel pengujian disiapkan sesaat setelah produk selesai dibuat.

Analisis perilaku fisik maupun mekanik komposit polimer yang sering ditampilkan oleh para peneliti lebih banyak didasarkan pada kondisi lingkungan normal. Padahal dalam kenyataannya, penggunaan material komposit seringkali berada atau dihadapkan pada situasi yang tidak normal atau agresif seperti kelembaban dan temperatur yang selalu berubah. Beberapa jenis lingkungan agresif atau ekstrim yang

sering dihadapkan pada pengaplikasian material dalam bidang teknik sipil antara lain; kelembaban seperti yang dialami oleh komponen yang tertanam dalam tanah, perubahan temperatur yang dialami oleh komponen yang diekspose pada tempat yang tidak terlindung, dan kandungan zat kimia tertentu ketika material direndam dalam air laut atau cairan kimia lain yang bersifat agresif.

Mengingat serat alam adalah bahan alami atau bio-material yang performanya sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitarnya, kiranya perlu dilakukan evaluasi juga terhadap performa komposit setelah ditempatkan pada lingkungan yang agresif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan evaluasi terhadap sifat mekanik komposit yang diperkuat dengan serat abaka yang ditempatkan pada berbagai lingkungan yang agresif.

TINJAUAN PUSTAKA

Penggunaan serat alam sebagai penguat pada komposit polimer telah diteliti secara intensif dan hasilnya cukup menjanjikan untuk diaplikasikan dalam berbagai industri termasuk dalam bidang rekayasa infrastruktur sipil. Beberapa produk atau komponen bangunan telah dikembangkan menggunakan komposit serat alam. Dweib dkk. (2004) mengembangkan panel komposit dalam bentuk sandwich panel. Gopalan (2002) mengembangkan dinding dan pintu rumah dari bahan komposit. Suhaily dkk. (2013) mengembangkan penutup atap dari serat bambu dan matriks termoplastik. Selanjutnya Fan dan Fu (2017) mengembangkan produk komposit serat alam yang dapat digunakan secara struktural. Fajrin dkk (2017) melakukan eksperimen pengujian lentur komposit sandwich panel yang salah satu komponennya adalah komposit serat alam.

Penelitian tentang pengaruh perendaman terhadap sifat mekanik komposit polyester yang berpenguat serat buah lontar dengan pencetakan komposit menggunakan metode *hand lay up* dan perlakuan perendaman air laut serta dibiarkan pada udara terbuka selama 30 hari dan diperoleh kekuatan tarik dan bending komposit serat lontar mengalami penurunan akibat bertambahnya kadar air pada komposit karena perendaman pada air laut. Dan untuk komposit yang dibiarkan pada udara terbuka membuat berkurangnya kadar air pada suatu komposit akibat paparan sinar matahari pada siang hari dan menyebabkan berkurangnya kekuatan pada suatu komposit (Matasina dkk., 2014).

Tododjahi, dkk. (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh perendaman terhadap sifat mekanik komposit polyester berpenguat serat gelas. Hasil pengujiannya menunjukkan bahwa kekuatan dari suatu komposit erat kaitannya dengan pengaruh lingkungan terutama pada lingkungan agresif. Penelitian tersebut dilakukan dengan metode *hand lay up* dan diperoleh kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen yang direndam dalam air selama 30 hari yakni 84,47 MPa, sedangkan kekuatan tarik tertinggi diperoleh oleh spesimen tanpa perlakuan perendaman yakni 176,90 MPa. Hasil uji bending pun menunjukkan bahwa spesimen direndam dalam air selama 30 hari memiliki kekuatan bending terendah yakni sebesar 113,77 MPa, sedangkan kekuatan bending tertinggi diperoleh oleh spesimen tanpa perlakuan perendaman sebesar 279,40 MPa. Hal ini disebabkan karena lingkungan air dapat menyebabkan kekuatan tarik menurun akibat terdifusinya air ke dalam komposit sehingga ikatan *interfacial* matriks dengan serat menjadi lemah. Selain itu penurunan kekuatan serta keretakan pada suatu komposit ketika diberi beban juga dapat terjadi karena berkurangnya kadar air pada komposit tersebut akibat penempatan komposit pada udara terbuka.

Perdana (2013) pada penelitiannya tentang pengaruh moisture content terhadap sifat mekanik dan sifat fisik komposit yang dilakukan dengan perendaman komposit dalam air dengan variasi perendaman 6, 12, 18, dan 24 jam. Diperoleh penurunan kekuatan tarik akibat pengaruh perendaman untuk masing-masing variasi sebesar 6.63%, 15.60%, 22.65% dan 28,61%. Hal tersebut disebabkan karena semakin lama waktu perendaman maka semakin besar pula penurunan kekuatan tarik pada suatu komposit. Peneliti lain, Adoe, dkk (2020) mengevaluasi tentang pengaruh waktu perendaman dan media perendaman terhadap kekuatan tarik komposit. Diperoleh nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada komposit yang direndam air laut dengan nilai rata-rata beban tarik putus sebesar 1380 N dan nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada komposit tanpa perendaman dengan nilai rata-rata beban tarik putus sebesar 1733 N. Sifat garam (NaCl) pada air laut menyebabkan penurunan sifat fisik mekanik pada komposit yang diberi media perendaman air laut. Semakin lama komposit direndam maka ikatan matriks menjadi tidak rapat sehingga spesimen tidak dapat menahan gaya tarik yang diberikan.

Serat abaka merupakan salah satu bahan penguat komposit yang berasal dari serat alam non kayu dan bahan bakunya banyak ketersedian terutama di berbagai wilayah di Indonesia. Sebagai bahan penguat komposit, serat abaka memiliki kelebihan diantaranya harga yang relatif murah, berat jenis yang rendah, dapat diperbahruai atau didaur ulang dan tidak menghasilkan gas emisi yang dapat merusak lingkungan ketika dibakar (Setiawan, 2015). Serat abaka juga memiliki keunggulan yang membuatnya dikenal oleh berbagai bangsa yang ada didunia yakni pada pembuatan bahan pakaian dan kertas yakni serat pisang abaka mempunyai keuletan atau kekuatan, tidak getas, tidak mudah robek/putus dan memiliki tekstur serta sifat mengkilat yang dapat memantulkan cahaya. Tanaman pohon pisang Abaka (*Musa Textiles Nee*) banyak tumbuh di daerah tropis maupun sub-tropis di Indonesia dengan suhu normal antara 17 °C-30 °C (Haris, 2020). Tanaman pisang Abaka sangat baik dibudidayakan pada tanah-tanah vulkanik atau aluvial dengan tekstur tanah lempung, lempung berpasir, dan lempung liat berdebu. Serat abaka memiliki komposisi selulosa sebesar 79% - 90%, Lignin 9,5% - 13%, Ekstrak larutan 1%, Air 2% dan Abu 1% (Sastrosupadi, 1999).

METODE PENELITIAN

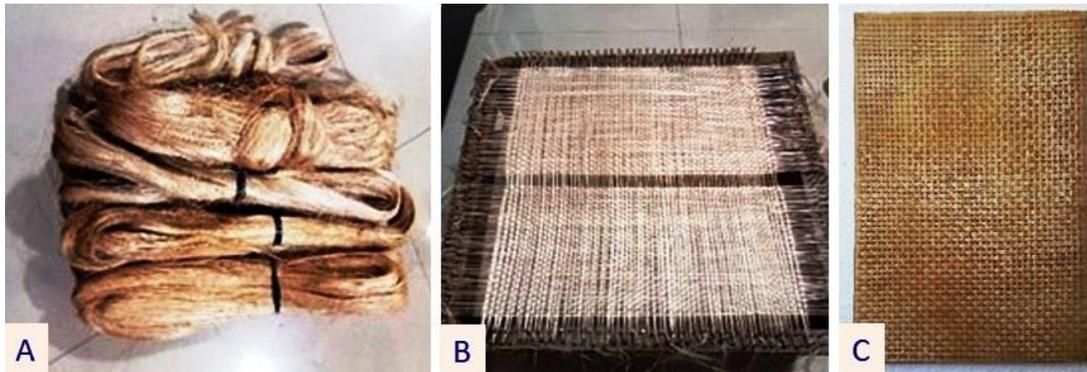
Penelitian dilakukan secara eksperimental dimana tiga jenis lingkungan agresif; ruang terbuka, air laut dan ditanam dalam tanah menjadi variabel penelitian. Sebagai pembanding atau kontrol, komposit juga ditempatkan pada ruang tertutup dengan kondisi normal. Setelah diekspose selama 8 minggu, sampel komposit kemudian dipersiapkan untuk diuji kekuatan tarik dan lenturnya. Perkembangan dari proses degradasi komposit juga dievaluasi setiap minggu. Penelitian ini berlokasi di Universitas Mataram. Semua proses persiapan sampel maupun pengujian pada penelitian ini berlokasi di Laboratorium Struktur dan Bahan dan Laboratorium MIPA Universitas Mataram.

Bahan dan Persiapan Sampel

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat Abaka, resin *polyester yukalac* BQTN 157, *mirror glaze*, dan *acetone*. Bahan serat didatangkan dari PT. Retota Sakti yang berlokasi di Magelang, Jawa Tengah. Sementara bahan lain seperti resin dan kelengkapannya akan disiapkan dari suplier lokal di Mataram. Peralatan yang digunakan untuk membuat komposit adalah cetakan, gelas

ukur, gunting, kuas, penggaris, sarung tangan, suntikan, sutil, dan timbangan digital. Adapun Peralatan yang digunakan untuk uji sifat fisik yaitu jangka sorong, timbangan digital, mikroskop digital, dan kamera handphone. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk uji sifat mekanik yaitu *Electromechanical Universal Testing Machine*.

Adapun proses pembuatan sampel komposit poliester-abaka dapat dijelaskan sebagai berikut: 1) Melapisi permukaan masing-masing cetakan kaca menggunakan *mirror glaze* agar memudahkan pelepasan komposit. 2) Menuangkan resin dan katalis yang telah dicampurkan sesuai perhitungan yang telah ditentukan kedalam gelas ukur. Mengaduk campuran tersebut hingga rata. 3) Menuangkan dan meratakan sebagian cairan resin polyester kedalam cetakan berukuran 30 cm x 20 cm, dilanjutkan dengan menempatkan serat abaka yang telah dianyam secara merata pada cetakan, kemudian menuangkan kembali sisa resin kedalam cetakan sambil diratakan menggunakan kuas dan ditutup dengan kaca. Penutupan menggunakan kaca bertujuan agar *void* dapat diminimalkan dan menjadikan permukaan komposit rata. 4) Proses *curing* dilakukan sampai komposit benar-benar mengeras, berkisar 10-24 jam. 5) Melakukan pengambilan komposit dari cetakan menggunakan sutil. 6) Pengujian komposit terhadap lingkungan agresif siap dilakukan. Proses persiapan sampel diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses pembuatan komposit poliester-abaka (A) bahan serat Abaka, (B) Proses penganyaman serat, (C) Komposit polimer epoksi-Abaka

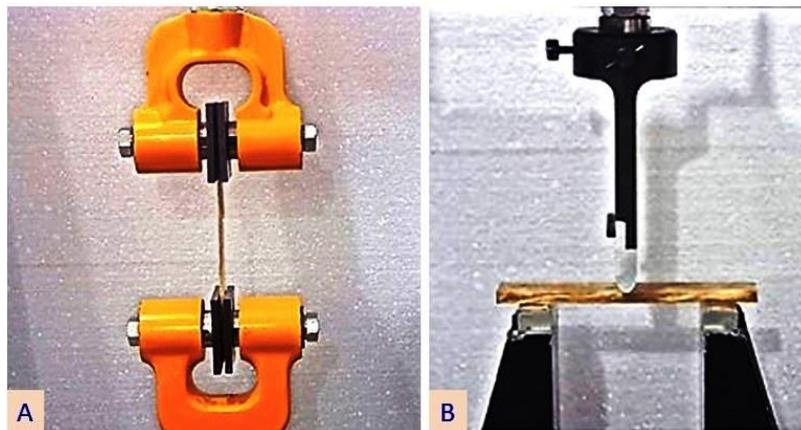
Perlakuan Komposit Terhadap Lingkungan Agresif

Setelah komposit dicetak, maka langkah selanjutnya ialah memberi perlakuan lingkungan agresif terhadap komposit selama 8 minggu, dengan cara direndam dalam air laut, penanaman komposit dalam tanah, penyimpanan komposit pada ruang tertutup dan penyimpanan komposit pada halaman terbuka. Pada perlakuan selama 2 bulan tersebut diamati perubahan fisik yang terjadi pada komposit setiap minggunya, berupa pengukuran dimensi komposit dengan jangka sorong, penimbangan komposit dengan timbangan digital, pengamatan komposit dengan mikroskop digital dan dokumentasi komposit dengan kamera handphone. Pengamatan sifat fisik komposit dilakukan setiap minggu selama 2 bulan kecuali pada komposit yang ditanam dalam tanah, pengujian sifat akan dilakukan setelah 2 bulan. Adapun untuk pengujian sifat mekanik seluruh komposit yang diberi perlakuan terhadap lingkungan agresif akan dilakukan setelah 2 bulan.

Pengujian Kuat Tarik dan Lentur

Pengujian kuat tarik dilakukan untuk menganalisa sejauh mana ketahanan komposit serat alam terhadap pembebanan statis yang diberikan. . Data yang diperoleh dari pengujian ini terdiri dari modulus elastisitas material komposit, nilai kekuatan tarik, beban maksimum yang dapat diterima komposit serta besar elongasi saat terjadi perpatahan. Prinsip pengujian ini yaitu benda uji dengan ukuran dan bentuk tertentu diberi beban tarik uniaxial (satu arah) yang bertambah secara kontinu hingga spesimen tarik mengaami putus, bersamaan dengan penarikan tersebut dilakukan pengamatan pertambahan panjang yang dialami benda uji. Benda uji disiapkan sesuai ukuran dan bentuk yang ditentukan oleh standar ASTM D 3039. Benda uji tarik diberi kode AT (Abaka Tarik) yang diikuti huruf A, B, C dan D untuk membedakan perlakuan lingkungan agresifnya. Sementara benda uji lentur diberi kode AL (Abaka Lentur) yang juga diikuti huruf A sampai D.

Pengujian bending dilakukan unuk mengetahui sejauh mana ketahanan komposit terhadap beban lentur. Kekuatan lentur pada komposit sangat dipengaruhi oleh ikatan molekul antar material penyusunnya. Pengujian bending dilakukan mengguakan metode three-point bending yang memiliki tiga titik pembebanan, yaitu dua titik tumpuan pada pinggir benda uji dan satu titik pembebanan pada bagian tengah benda uji. Pengujian bending menggunakan mesin kuat uji lentur flexural testing machine (FTM) dengan acuan standar ASTM D790 yang mengatur mengenai pengujian kelenturan material plastik. Proses pengujian tarik dan lentur komposit diperlihatkan pada Gambar 2.

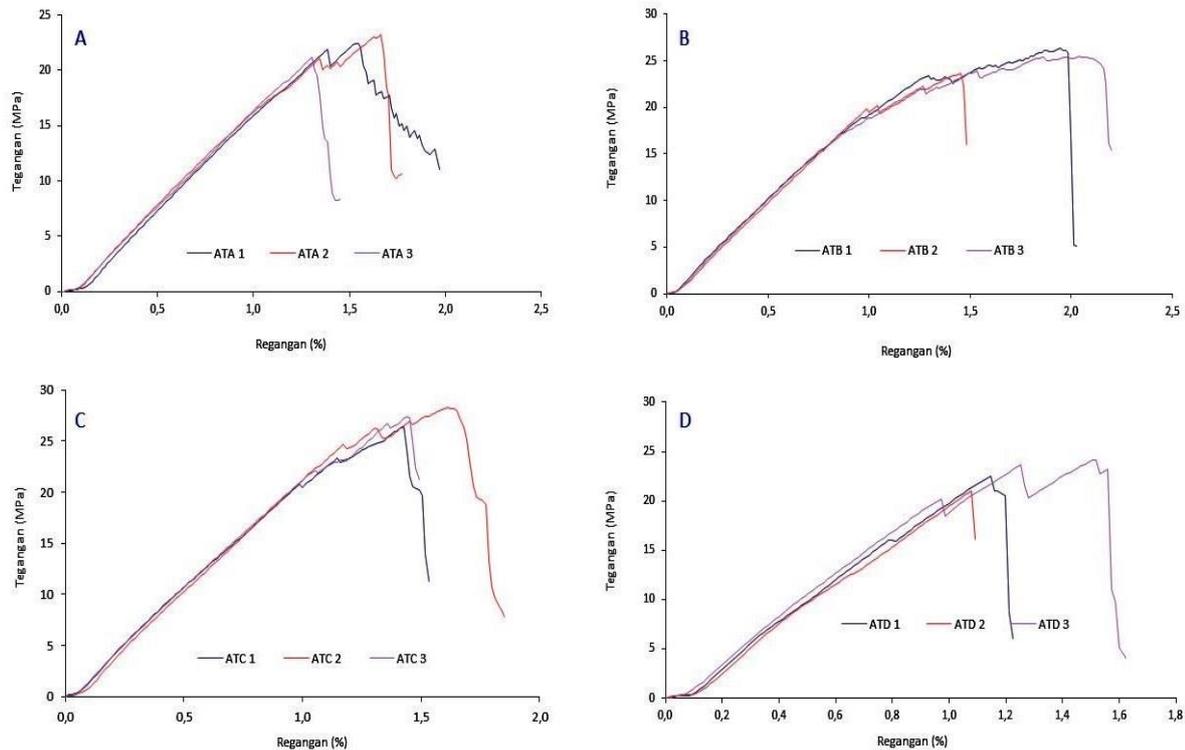


Gambar 2. Pengujian komposit poliester-abaka (A) Proses uji tarik, (B) Proses uji lentur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kekuatan Tarik Komposit

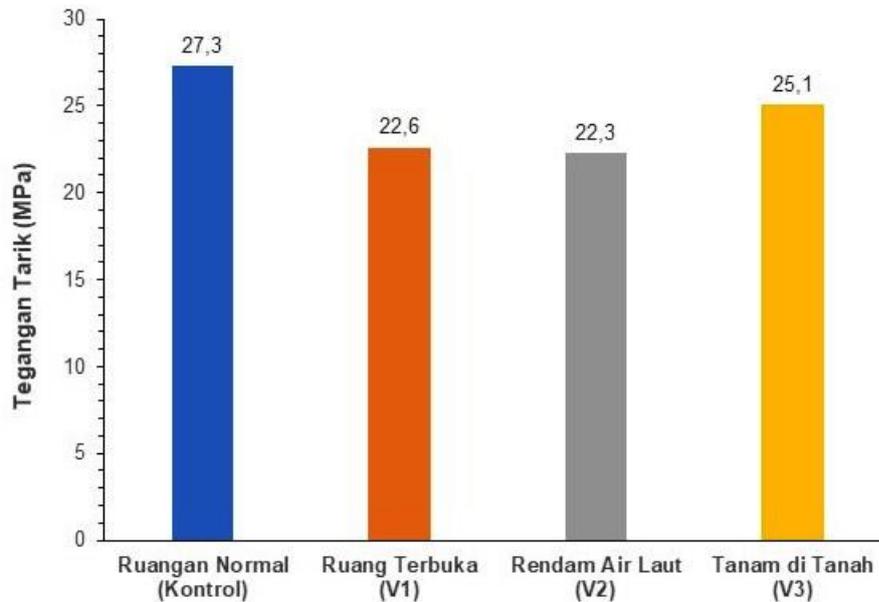
Setelah dilakukan proses ekspose sampel pada lingkungan agresif dan non-agresif sebagai kontrol, selanjutnya panel komposit dipotong menjadi sampel untuk diuji kekuatannya. Pengujian komposit mengacu pada ASTM D-3039. Hasil pengujian kemudian diplotkan dalam bentuk grafik tegangan-regangan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan diagram tegangan-regangan hasil pengujian tarik komposit poliester-abaka pada berbagai kondisi lingkungan agresif. (A) Komposit direndam air laut, (B) Komposit ditanam dalam tanah, (C) Komposit ditempatkan pada ruangan tertutup, dan (D) Komposit yang diletakan pada ruangan terbuka.

Seperti yang dapat diamati dari diagram tegangan dan regangan yang ditunjukkan oleh Gambar 3, terlihat bahwa semua panel komposit mempunyai pola kurva yang hampir sama, yakni tipikal material yang getas atau brittle. Kurva berbentuk lurus dari awal sampai kemudian mengalami kegagalan atau putus secara tiba-tiba tanpa memperlihatkan peralihan bagian elastis dan plastis yang jelas. Indikasi lain yang menunjukkan bahwa komposit bersifat getas adalah semua variasi komposit mengalami kerusakan pada kondisi regangan dibawah 5%.

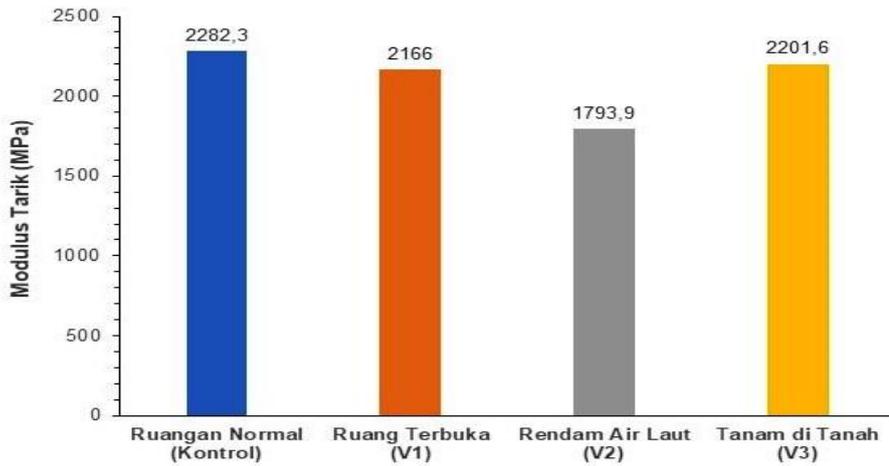
Selanjutnya dilakukan perbandingan antara kemampuan memikul beban tarik antar perlakuan dan dibandingkan dengan kontrol. Gambar 4 memperlihatkan rerata kekuatan atau tegangan tarik komposit poliester-abaka yang diekspose pada lingkungan agresif yang berbeda. Terlihat dengan jelas bahwa lingkungan agresif memberikan pengaruh dalam menurunkan kemampuan komposit dalam memikul beban tarik. Semua komposit yang diekspose pada lingkungan agresif mempunyai rerata kuat tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan komposit pada lingkungan normal. Kuat tarik tertinggi dimiliki oleh komposit yang tidak diekspose (ATC) dengan nilai rerata sebesar 27,3 MPa. Selanjutnya diikuti oleh komposit yang ditanam dalam tanah (ATB), disimpan pada ruang terbuka (ATD) dan direndam air laut (ATA) dengan nilai berturut-turut sebesar 25,1 MPa, 22,6 MPa dan 22,3 MPa. Terlihat disini bahwa ekspose pada lingkungan garam atau yang direndam dalam air laut memberikan pengaruh paling besar, dimana kuat tariknya 18,3% lebih kecil dibandingkan dengan kuat tarik komposit pada lingkungan normal. Ekspose pada ruang terbuka juga memberikan efek yang hampir setara, dimana kuat tarik kompositnya 17,2% lebih kecil dari kontrol. Sementara kuat tarik komposit yang ditanam dalam tanah hanya 8,1% lebih kecil dari komposit yang tidak diekspose pada lingkungan agresif.



Gambar 4. Perbandingan tegangan tarik komposit poliester-abaka pada berbagai kondisi lingkungan agresif

Selain membandingkan performa kekuatan tarik, juga dilakukan analisis perbandingan terhadap modulus elastisitas tarik komposit yang diekspose pada lingkungan yang berbeda. Nilai rerata modulus elastisitas tarik komposit untuk masing-masing jenis perlakuan diperlihatkan pada Gambar 5. Terlihat bahwa polanya hampir mirip dengan grafik perbandingan kekuatan tarik, dimana modulus elastisitas tarik tertinggi dimiliki oleh komposit yang tidak diekspose pada lingkungan agresif (ATC), dengan nilai rerata sebesar 2282,3 MPa. Selanjutnya disusul oleh komposit yang diekspose dengan cara ditanam dalam tanah (ATB) dengan nilai modulus tarik rerata sebesar 2201,6 MPa. Komposit yang diekspose pada ruang terbuka (ATD) menempati urutan ketiga dengan nilai rerata sebesar 2166 MPa, disusul pada urutan paling akhir adalah komposit yang diekspose pada air laut (ATA) dengan nilai rerata sebesar 1793,9 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa lingkungan agresif berpengaruh dalam mengurangi modulus elastisitas tarik komposit poliester-abaka. Seperti yang diindikasikan oleh nilai-nilai tersebut, terlihat disini bahwa ekspose dengan cara direndam dalam air laut memberikan pengaruh paling besar, dimana modulus tariknya 21,4% lebih kecil dibandingkan dengan modulus tarik komposit pada lingkungan normal. Ekspose pada ruang terbuka memberikan pengaruh yang lebih kecil, dimana modulus tarik kompositnya 5,1% lebih kecil dari kontrol. Modulus tarik komposit yang ditanam dalam tanah juga hanya berbeda 3,51% lebih kecil dibandingkan dengan komposit yang tidak diekspose pada lingkungan agresif.

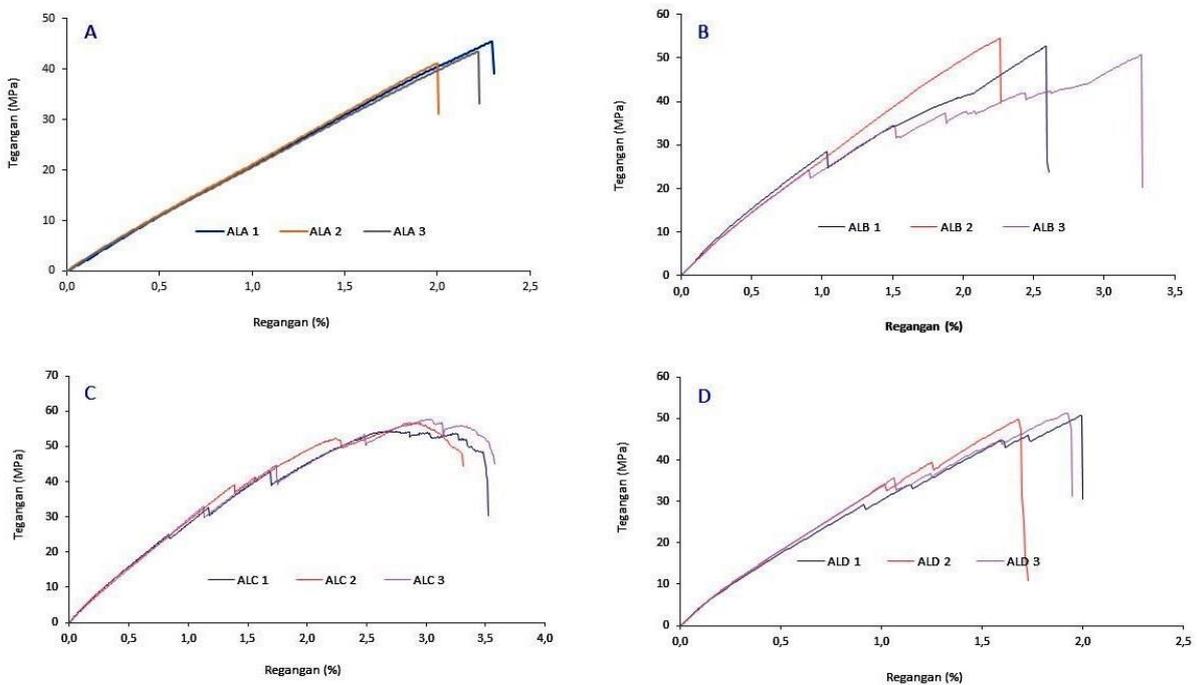
Pada komposit yang direndam didalam air laut (ATA), adanya air laut yang terdifusi ke dalam komposit akibat adanya void pada permukaan komposit menyebabkan ikatan interfacial serat dan matriks menjadi lemah. Sementara pada komposit yang diekspose pada ruang terbuka (ATD), nilai tegangan tarik dan modulus tarik dipengaruhi oleh proses dehidrasi atau berkurangnya kadar air atau minyak yang terkandung dalam spesimen akibat panas matahari pada siang hari.



Gambar 5. Perbandingan modulus elastisitas tarik komposit poliester-abaka pada berbagai kondisi lingkungan agresif

Pengujian kekuatan Lentur Komposit

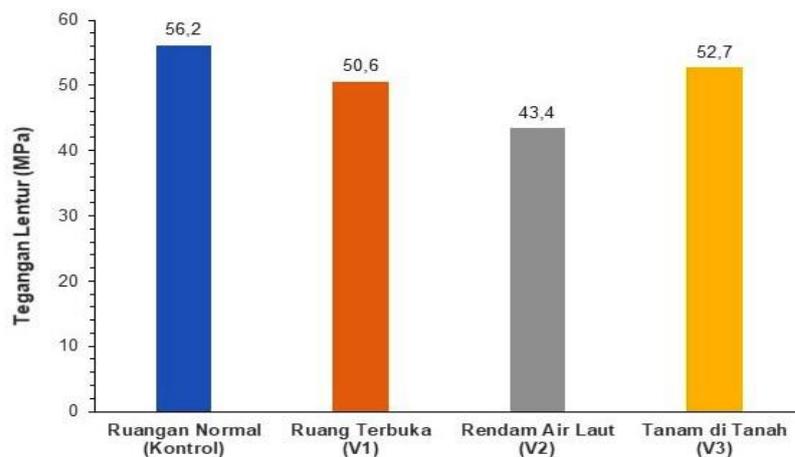
Hasil pengujian lentur komposit yang mengacu pada ASTM D790 diplotkan dalam bentuk grafik tegangan-regangan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6. Senada dengan perilaku tegangan regangan pada pengujian tarik, diagram tegangan regangan pada pengujian lentur juga mengindikasikan bahwa komposit poliester-abaka bersifat getas untuk semua perlakuan, baik pada lingkungan agresif maupun lingkungan normal. Kurva berbentuk lurus dari awal sampai kemudian mengalami kegagalan atau putus secara tiba-tiba tanpa memperlihatkan peralihan bagian elastis dan plastis yang jelas. Semua variasi komposit mengalami kerusakan pada kondisi regangan dibawah 5%, yang menjadi pertanda bahwa komposit yang dibentuk bersifat getas.



Gambar 6. Perbandingan diagram tegangan-regangan hasil pengujian lentur komposit poliester-abaka pada berbagai kondisi lingkungan agresif. (A) Komposit direndam air laut, (B) Komposit ditanam dalam tanah, (C) Komposit ditempatkan pada ruangan tertutup, dan (D) Komposit yang diletakan pada ruangan terbuka.

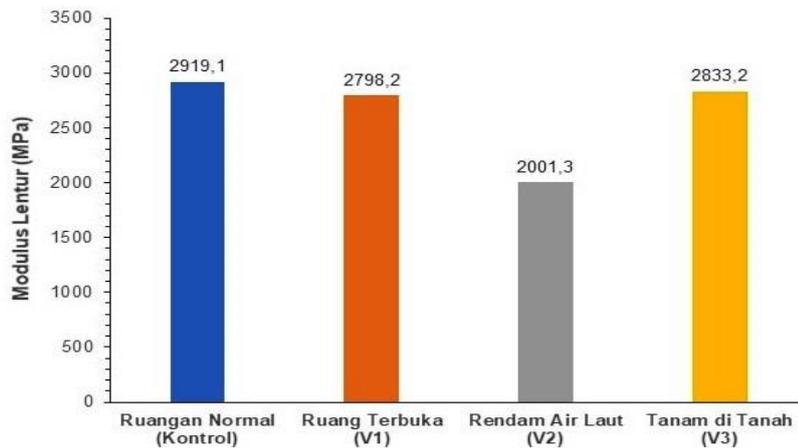
Selanjutnya dilakukan analisis perbandingan performa kekuatan lentur komposit yang diekspose pada lingkungan yang berbeda. Nilai rerata kuat lentur komposit poliester-abaka untuk masing-masing jenis perlakuan diperlihatkan pada Gambar 7. Terlihat bahwa kekuatan lentur tertinggi dimiliki oleh komposit yang tidak diekspose pada lingkungan agresif (ALC), dengan nilai rerata sebesar 56,2 MPa. Selanjutnya disusul oleh komposit yang diekspose dengan cara ditanam dalam tanah (ALB) dengan nilai kuat lentur rerata sebesar 52,7 MPa. Komposit yang diekspose pada ruang terbuka (ALD) menempati urutan ketiga dengan nilai rerata sebesar 50,6 MPa, disusul pada urutan paling akhir adalah komposit yang diekspose pada air laut (ALA) dengan nilai rerata sebesar 43,4 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa lingkungan agresif berpengaruh signifikan terhadap performa kekuatan lentur komposit poliester-abaka.

Angka-angka yang ditunjukkan diatas mengindikasikan bahwa ekspose pada lingkungan garam atau yang direndam dalam air laut memberikan pengaruh paling besar, dimana kuat lenturnya 22,7% lebih kecil dibandingkan dengan kuat tarik komposit pada lingkungan normal. Sementara ekspose pada ruang terbuka memberikan efek yang lebih kecil, dimana kuat lentur kompositnya hanya 9,9% lebih kecil dibandingkan dengan kuat lentur komposit yang diletakan pada lingkungan normal. Komposit yang ditanam dalam tanah mempunyai perbedaan yang paling kecil dibandingkan dengan dua jenis ekspose pada lingkungan agresif sebelumnya, yakni hanya 6,3% lebih kecil dari komposit yang tidak diekspose pada lingkungan agresif.



Gambar 7. Perbandingan tegangan lentur komposit poliester-abaka pada berbagai kondisi lingkungan agresif

Selanjutnya dilakukan perbandingan antara modulus elastisitas lentur antar perlakuan dan dibandingkan dengan kontrol. Gambar 8 memperlihatkan rerata modulus elastisitas lentur komposit poliester-abaka yang diekspose pada lingkungan agresif yang berbeda. Terlihat dengan jelas bahwa lingkungan agresif memberikan pengaruh pada modulus elastisitas lentur komposit poliester-abaka. Semua komposit yang diekspose pada lingkungan agresif mempunyai rerata modulus elastisitas lentur yang lebih rendah dibandingkan dengan komposit pada lingkungan normal. Modulus elastisitas lentur tertinggi dimiliki oleh komposit yang tidak diekspose (ALC) dengan nilai rerata sebesar 2919,1 MPa. Selanjutnya diikuti oleh komposit yang ditanam dalam tanah (ALB), disimpan pada ruang terbuka (ALD) dan direndam air laut (ALA) dengan nilai berturut-turut sebesar 2833,2 MPa, 2798,2 MPa dan 2001,3 MPa.



Gambar 8. Perbandingan modulus elastitas lentur komposit poliester-abaka pada berbagai kondisi lingkungan agresif

Data-data hasil analisis modulus lentur komposit poliester-abaka tersebut memperkuat temuan sebelumnya bahwa lingkungan agresif garam atau direndam dalam air laut memberikan pengaruh paling besar (Adeo, dkk. (2020), dimana modulus lenturnya 31,4% lebih kecil dibandingkan dengan modulus lentur komposit yang tidak diekspose pada lingkungan agresif (kontrol). Ekspose pada ruang terbuka memberikan pengaruh yang lebih kecil, dimana modulus lentur kompositnya hanya 4,2% lebih kecil dari kontrol. Modulus lentur komposit yang ditanam dalam tanah juga hanya berbeda 2,9% lebih kecil dibandingkan dengan komposit ditempatkan pada lingkungan normal atau tidak agresif.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Secara umum dapat disimpulkan bahwa lingkungan agresif berpengaruh mereduksi kekuatan tarik dan lentur komposit poliester-abaka. Lingkungan agresif garam atau direndam air laut memberikan pengaruh yang paling signifikan, dimana kekuatan dan modulus tariknya masing-masing 18,3% dan 21,4 % lebih kecil dari komposit yang ditempatkan pada lingkungan normal atau kontrol. Demikian pula hasil analisis kekuatan dan modulus lentur, komposit poliester-abaka yang direndam air laut mempunyai kuat dan modulus lentur masing-masing 22,7% dan 31,4% lebih kecil dibandingkan dengan komposit yang tidak diekspose pada lingkungan agresif. Ekspose pada lingkungan lembab, yakni ditanam dalam tanah memberikan efek yang lebih kecil, dimana kekuatan tarik dan lenturnya hanya berbeda 8,1% dan 6,3% lebih kecil dibandingkan dengan kontrolnya. Ekspose pada ruang terbuka memberikan nilai kuat tarik dan lentur masing-masing sebesar 17,2% dan 10% lebih kecil dibandingkan dengan komposit yang tidak diekspose pada lingkungan agresif.

Saran

Ada dua hal yang disarankan untuk penelitian selanjutnya terkait observasi durabilitas komposit, 1) Ekspose pada lingkungan agresif perlu dilakukan lebih lama atau perlu menggunakan metode akselerasi degradasi, dan 2) Perlu dipastikan bahwa kualitas sampel seragam agar perubahan yang terjadi benar-benar dipastikan berasal dari pengaruh lingkungan agresif, bukan karena variasi kualitas awal sampel yang diamati.

DAFTAR PUSTAKA

- Adoe, D. G., Riwu, D. B., & Banani, Y. D. (2020). *Pengaruh Waktu Perendaman dan Media Perendaman Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Open Hole Diskontinuus Kulit Buah Kelapa Matriks Polyester*. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*. 5(2), 163-167.
- Dweib M.A., Hu B., Shenton H.W., Wool R.P. (2006). *Bio-based composite roof structure: Manufacturing and processing issues*. *Composite Structures*. 74, 379–388.
- Fajrin, J., Zhuge, Y., Bullen, F., Wang, H. (2017). *The Structural Behaviour of Hybrid Structural Insulated Panels Under Pure Bending Load*. *International Journal of Technology*. 5, 777-788.
- Fan. M., Fu, F. (2017). *Introduction: a perspective-natural fibre composites in construction*. In: *Advanced high strength natural fibre composites in construction*. 1–20.
- Gopalan. (2022). *Green building material and innovative buildings*, www.composite-technologypark.com.
- Haris, A. (2020). *Sosialisasi Dan Pelatihan Proses Pembuatan Serat Abaca Dari Pohon Pisang Abaca Di Kabupaten Kepulauan Talaud Propinsi Sulawesi Utara*. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 4(3), 440-446.
- Matasina, M., Boimau, K., & Jasron, J. U. (2014). *Pengaruh perendaman terhadap sifat mekanik komposit polyester berpenguat serat buah lontar*. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*. 1(2), 47-58.
- Perdana, M. (2013). *Pengaruh Moisture Content Dan Thermal Shock Terhadap Sifat Mekanik Dan Fisik Komposit Hibrid Berbasis Serat Gelas Dan Coir*. *Jurnal Teknik Mesin*. 3(1), 1-7.
- Sastrosupadi, A. (1999). *Informasi Budidaya Abaca Untuk-Menunjang Pengembangan Agribisnis Abaca*. Dalam *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Peluang dan Potensi Serat Abaca sebagai komoditi Ekspor Prospektif dan Pemberdayaan Ekonomi Rakyat*. KADIN. Jakarta (Vol. 15).
- Setiawan, D. (2015). *Karakterisasi Serat Abaca Sebagai Alternatif Material Penguat Komposit Ramah Lingkungan*. *Jurnal Industri Elektro dan Penerbangan*. 4(1), 20-26.
- Suhaily, S.S., Khalil H.P.S., Wan Nadirah W.O., Jawaaid, M. (2013). *Bamboo Based Biocomposites Material, Design and Applications*. Intech Open.
- Tododjahi, J. B., Boimau, K., & Limbong, I. S. (2014). *Pengaruh Perendaman terhadap Sifat Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Serat Glass*. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*. 1(2), 8-17.