

PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT BERBASIS POLIMER MENGUNAKAN SERAT ALAMI

Sumiyanto ¹, Harwan Achyadi ², Dedy Hardianto ³
 Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Institut Sains dan Teknologi Nasional
 Jl. Moh Kahfi II, Jagakarsa, Jakarta 12640, Indonesia
 E-mail: sumiyanto@istn.ac.id

ABSTRACT

Fibre of palmtree represent one of alternative which can be exploited by in the place of composite glass fibre. Fibre of palmtree is easy to got and obtained at all points. This composite material is tank applicable to irrigate or water tub, kano, sailboat and others because in character which hold up to organism go out to sea and corrosive environment. Composite material developed own the fibre amount which vary (60, 70, 80 piece) and with the different fibre direction (aligned orientation 0^0 and random orientation). Katalis as ossification process from matrix having an in with the nature of mechanic from composite material base on polymer.

To determine the composite material characteristic developed have been done by a examination covering tensile test and test the SEM. In this tensile testing by a parameter perception having an effect on to nature of mechanic from composite fibre of palmtree fibre. As matrix used is unsaturated polyester resins, methyl ethil ketone proxide (MEKP) as hardener with the its composition comparison is 1 % from weight resin. As reinforcement used by fibre from tree of sugar palm that is fibre of palmtree fibre, mould used from PVC (polyvinyl chloride) with the system print is hand lay-up from technique print composite of open moulding at space temperature. Pursuant to this tensile testing result indicate that composite fibre of palmtree fibre have the power of to ($\sigma = 45.47 \text{ N/mm}^2$) and strain ($\epsilon = 3.86 \%$). Pursuant to result of examination SEM (scanning electron microscope) show the marking of topography surface showing fibre location do not flatten, the happening of barst around fibre, also there are hole because handicap of air cavity.

Key words: palm fiber, blending, tensile strength.

1. Pendahuluan

Pada material non-logam dewasa ini mulai berkembang untuk menggantikan fungsi dari material logam itu sendiri. Contohnya: untuk material komposit non-logam (komposit serat gelas) dan komposit paduan logam (komposit serat karbon) yang banyak digunakan pada industri pembuatan pesawat terbang, dan kini, aplikasi komposit telah merambah ke industri lain seperti otomotif (misal: bodi mobil balap F1), olahraga (misal: raket tenis), industri perkapalan, industri minyak dan gas juga telah memakai komposit untuk membangun infrastrukturnya dimana yang sebelumnya pada industri ini kurang diminati karena kurang familiar dengan sifat- sifat mekanik, perilaku dan metode inspeksi komposit.

Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus daripada logam, memiliki kekuatan bisa diatur yang tinggi (*tailorability*), memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekakuan jenis (*modulus Young/density*) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik. Disamping dari semuanya itu dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi, dengan metode penambalan (*seal*) yang mengatur serat kearah sekelilingnya/sekitarnya (*circumferential*). Serta *joining* (penyambungan) juga bisa menggunakan material komposit, dengan pemilihan *adhesive* (resin) atau perekat yang sangat

penting ketika proses penyambungan tersebut dilakukan. Pada dasarnya untuk pembuatan komposit diperlukan serat agar lebih murah tetapi tidak mengurangi sifat-sifatnya yang kuat, mudah dibentuk, kokoh tanpa berubah bentuk, mudah dikombinasikan dengan bahan lain, permukaannya yang mulus, dan lain sebagainya. Serat berfungsi memperkuat matrik, karena umumnya serat jauh lebih kuat dari matrik. Matrik berfungsi sebagai pengikat, melindungi serat dari efek lingkungan dan kerusakan.

Pemanfaatan terhadap serat ijuk (serat alami) sebagai penguat terhadap material komposit berbasis polimer. Serta menganalisis sifat mekanik terhadap kekuatan tariknya, sehingga dalam pengaplikasiannya terhadap material komposit berbasis polimer diharapkan dapat menggantikan *reinforcement* yang menggunakan serat sintetis.

2. Tinjauan pustaka

Material komposit dapat didefinisikan sebagai material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Dari pencampuran material tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik berbeda dari material pembentuknya. Pada umumnya material komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Matriks. Umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan rigid yang lebih rendah.
2. Penguat (*reinforcement*). Umumnya berbentuk serat yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih rigid serta kuat.

Dapat dikatakan karakteristik material komposit tergantung pada karakteristik material pembentuknya, komposisi dari material pembentuknya dan sistem penyusunan dari masing-masing material pembentuknya. Dalam menganalisa

karakteristik dari material komposit terdapat dua macam konsep pemahaman, yaitu:

1. Tinjauan secara mikromekanik. Yang dilihat adalah komposit merupakan material yang tersusun atas matriks dan serat sehingga analisis kekuatan komposit didasarkan pada kekuatan matriks dan serat yang membentuknya
2. Tinjauan secara makromekanik. Dapat dilihat adalah komposit didasarkan pada kekuatan tiap lamina/lapisan yang membentuknya.

Sifat komposit secara keseluruhan tidak bisa dicapai hanya dari tiap-tiap komponen yang bertindak sendiri-sendiri. Ada tiga faktor yang menentukan sifat-sifat dari material komposit, yaitu:

1. Material pembentuk. Sifat-sifat intrinsik material pembentuk memegang peranan yang sangat penting terhadap pengaruh sifat kompositnya. Bentuk atau susunan structural komponen. Dimana bentuk serta orientasi dan ukuran tiap-tiap komponen penyusun struktur dan distribusinya merupakan faktor penting yang memberi kontribusi dalam penampilan komposit secara keseluruhan.
2. Interaksi antar komponen. Karena komposit merupakan campuran atau kombinasi komponen-komponen yang berbeda baik dalam hal bahannya maupun bentuknya, maka sifat kombinasi yang diperoleh pasti akan berbeda.

Klasifikasi material komposit berdasarkan *reinforcement* dan bahan pengikat (*strengthening and bonding agent*), komposit dibagi atas tiga bentuk dasar, yaitu:

1. Komposit serat (*fibrous composite*). Terdiri atas serat didalam matriks seperti komposit serat gelas (*fiber glass*), serat kevlar, serat karbon, serta serat grafit
2. Komposit berlapis (*laminated composite*). Terdiri atas material yang dilapisi oleh material yang lain seperti *Bimetal, clad metal, laminated glass,*

kertas dan kain

3. Komposit partikel (*particulated composite*). terdiri atas paduan berbagai partikel didalam matriks seperti partikel silicon carbide didalam matriks aluminium atau butiran seperti kerikil, pasir, *filler*.

Sedangkan untuk klasifikasi pembagian material komposit berdasarkan bahan penyusun *matrix* nya adalah sebagai berikut:

1. Komposit matriks polimer (*Polymer Matrix Composites, pmcs*). Seperti poliester, epoksi, dan fenol.
2. Komposit matriks logam (*Metal Matrix Composites, mmcs*). Seperti matriks aluminium, perak, dan tembaga
3. Komposit matriks keramik (*Ceramic Matrix Composites, CMCs*). seperti borosilikat dan grafit.

2.1. Resin (*matrix*)

Matrik diartikan sebagai material pengikat antara serat atau partikel. Matrik berfungsi sebagai penahan, pelindung, pembagi serta mempengaruhi penampilan dari suatu material komposit. Umumnya matrik mempunyai densitas, kekerasan dan kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan serat penyusunnya. Faktor-faktor yang menentukan untuk memilih resin sebagai matrik untuk produksi komposit, antara lain:

1. Tipe, perbandingan bentuk dan susunan dari bahan penguat (*reinforcement*) serat agar bisa menyatu dan berikatan dalam struktur komposit
2. Keperluan dan keterbatasan proses yang berhubungan dengan proses pencetakan kondisi pengeringan dan setelah pengeringan *Finishing* serta *bonding* seperlunya
3. Kriteria desain terhadap *performance* sehingga mampu memilih resin serta material penguat yang tepat, sehingga produk komposit yang dihasilkan dari sifat mekanik serta ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang baik.

Bahan yang sering dipakai sebagai matriks ialah metal, keramik atau polimer. Untuk itu penggunaan yang sering ditemui

di industri ini adalah jenis polimer. Adapun jenis polimer adalah diantaranya:

1) Polimer Termoset (*thermosetting polymers*)

Telah diperkirakan bahwa lebih dari tiga-perempat dari semua *PMCs* (komposit matrik polimer) merupakan *Thermosetting Polymers*. Ikatan dari mata rantai ini adalah seperti ikatan pada rangkaian polimer, *covalent*. Maka dari itu termoset akan menjadi rapuh pada temperatur ruangan dan memiliki nilai kekuatan retak yang rendah, juga termoset tidak dapat dibentuk kembali dengan pemanasan ulang. Termoset dapat digunakan pada temperatur yang lebih tinggi, seperti memiliki pengurangan temperatur yang lebih tinggi dan sifat yang lebih baik dari termoplastik. Pada akhirnya, jadi lebih bersifat menahan serangan kimia dibandingkan sebagian termoplastik.

Dapat dilihat beberapa termoset secara lebih rinci, dimulai dari resin poliester yang mendominasi pasar, secara relatif murah dan memiliki daya rekat yang rendah, yang mana menguntungkan dibanyak proses pembuatan. Resin epoksi lebih mahal dan lebih merekat dibanding resin poliester, serta memiliki keuntungan utama dimana epoksi dipanaskan dalam dua tahap atau lebih. Banyak material yang dapat dijadikan sebagai sistem pengeringan (*curing agent*) pada resin epoksi, contohnya; polyamides & polyamines. Resin fenol adalah termoset yang memiliki sifatnya yang rendah serta nilai keseimbangan yang baik, fenol masih dapat ditemukan dibanyak aplikasi yang diproduksi dengan mereaksikan phenol & formaldehyde. Sebuah ciri-ciri yang tidak diinginkan dari resin fenol adalah mudah menguap oleh hasil yang ditingkatkan selama pengeringan, karenanya tekanan tinggi sering diperlukan dalam produksi komposit.

2) Polimer Termoplastik (*thermoplastics polymers*)

Polimer ini dapat berulang kali dipanaskan, dibuat dan didinginkan. Sebagai konsekwensinya, sisanya mungkin akan didaur ulang. Meskipun demikian hal

ini diperkirakan sedikit menurunkan tingkat sifat-sifatnya yang mungkin dikarenakan oleh suatu pengurangan pada beban molekul.

Termoplastik adalah linier polimer; membentuk jaringan yang kaku walaupun rangkaiannya dapat bercabang yang masih terpisah tidak seperti rangkaian pada jaringan yang dihubungkan. Tidak sesuai untuk menggambarkan seluruh termoplastik yang sekarang ini digunakan sebagai matrik, sejauh ini telah terpilih untuk diilustrasikan membuktikan dengan baik polimer pada kelas ini telah dikembangkan. Adalah mungkin untuk mencampur dua atau lebih polimer untuk memperoleh suatu tahap multi-produk untuk meningkatkan sifatnya. Sesungguhnya polimer seperti ini dapat dianggap sebagai material komposit seperti halnya bertindak sebagai matrik PMCs.

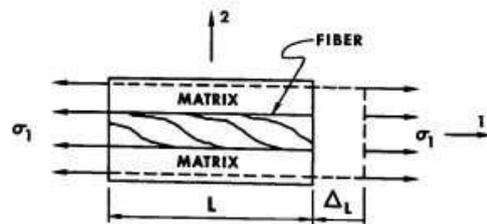
2.2. Serat (*reinforcement*)

Serat adalah struktur berbentuk seperti rambut berasal dari serat atau rambut hewan, tumbuhan atau mineral dan lain-lain. Didalam material komposit serat berfungsi sebagai material penguat, pengisi dan penerus tegangan sepanjang komponen dengan mempertimbangkan *interface* antara serat dan matriks. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 yang menunjukkan hubungan antara serat dan matrik untuk pembebanan tarik. Serat berdasarkan ukuran panjangnya dapat dibagi terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. Serat *continues*, dapat didefinisikan sebagai serat yang mempunyai panjang serat hingga diluar daerah tegangan dan serta panjang seratnya sama dengan panjang komponen
2. Serat *discontinues* (*chopped*), didefinisikan sebagai serat dimana panjang seratnya berada didalam daerah kerja tegangan dan panjang seratnya lebih pendek dari panjang komponen.

Orientasi serat dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yang masing-masing menentukan komposisi serat yang dapat dicapai yaitu orientasi serat searah (lurus)

60-90% komposisi serat yang dimungkinkan dari berat resin, untuk yang dianyam (*orthogonal*) 40-65% dari berat resin dan serat orientasi acak (*random*) maksimum 50% dari berat resin. Berdasarkan anyamannya serat dapat dibedakan atas serat teranyam teratur (misalnya anyaman lepas, anyaman tikar, dan tenunan) dan anyaman acak. Anyaman dapat meningkatkan kekuatan dari komposit.



Gambar 2.1: Hubungan antara matrik dan serat*

1). Serat sintetis (*synthetic fibres*)

Secara umum serat sintetis terbuat dari bahan sintetis dimana didalamnya masuk kedalam keluarga plastik, karet dan secara kimia berunsur dasar karbon, hydrogen dan elemen non-metalik lainnya serta mempunyai struktur molekul yang sangat besar. Material ini umumnya mempunyai densitas yang rendah dan bisa sangat fleksibel.

Proses pembuatan serat dari material polimer padat dinamakan *spinning*, yaitu serat dipintal dari polimer yang berada pada titik luluh. Material yang akan dipintal sebelumnya dipanaskan terlebih dahulu sehingga mencapai cairan yang relatif lebih kental. Kemudian cairan itu dipompakan melalui sebuah plat yang disebut *spinneret*, yang mempunyai lubang-lubang bulat kecil tersebut sehingga terbentuk serat dimana pengerasannya hampir bersamaan dengan bersentuhannya serat tersebut dengan udara luar. Serat sintetis yang sering dipergunakan sebagai material penguat komposit diantaranya serat gelas, serat karbon, dll.

* Mechanics Of Composite Materials 2nd edition, Robert M Jones, Taylor & Francis Ltd, Virginia, USA, 1999.

2). Serat alami (*natural fibres*)

Serat alami adalah serat yang diperoleh dari bahan alami tumbuh-tumbuhan, hewan atau mineral. Secara umum pengolahan serat alami sudah dilakukan sejak lama namun bukan untuk pemakaian dibidang komposit. Serat dari bulu atau rambut hewan, misalnya wol dan sutera telah lama diolah untuk pembuatan tekstil. Serat asbes salah satu contoh serat alami yang telah dipakai untuk membuat peralatan-peralatan tahan api dan serat dari tumbuh-tumbuhan umumnya diolah untuk pembuatan perlengkapan rumah tangga.

Secara umum, untuk mendapatkan serat yang berasal dari tumbuhan dilakukan melalui tahap pengumpulan, pemisahan dan pembersihan. Pengumpulan dilakukan dengan mengambil bagian-bagian tumbuhan yang mengandung serat, misalnya dibagian batang atau daun. Pemisahan dilakukan berdasarkan ukuran, lebar, tingkat kebersihan dan parameter lain dari tumbuhan tersebut. Pemisahan dilakukan sesuai dengan keperluan, tumbuhan selanjutnya diberi perlakuan awal untuk memisahkan serat tumbuhan asalnya dan pembersihan dari kotoran serta yang telah selesai diolah.

2.3 Zat Adiktif (*additives*)

Banyak jenis zat adiktif yang bisa digunakan dalam pembuatan material komposit. Zat tambahan ini untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu yang mampu diberikan pada produk akhir material, baik type maupun jumlahnya. Zat adiktif yang pokok digunakan adalah zat tambahan dalam pengeringan (*curing*) serta zat pewarna yang akan diberikan tampilan pada material komposit, terutama permukaan sehingga akan memberikan tampilan yang atraktif.

1) Sistem pengeringan (*curing agent*)

Curing agent untuk sistem polyester secara kimai adalah organik peroksida, meskipun polyester mampu untuk *curing* dengan panas. Bidang industri sering menggunakan zat tambahan lain seperti

katalis, *hardener*, serta aktivator yang berfungsi untuk menambah kecepatan pada proses *curing*. Beberapa faktor yang digunakan untuk penentuan jenis proses antara lain:

- a) Kondisi proses:
 - Hasil produksinya tinggi atau tidak
 - Proses continue atau tidak
 - Butuh panas luar atau tidak
 - Cetakan tertutup atau terbuka
- b) Type atau ukuran dari produk akhir:
 - Ketebalan dari produk
 - Pelapisan permukaan
 - Penting tidaknya pewarnaan

2) Zat pewarna (*colourants*)

Pigment tersebut harus mempunyai sifat yang mampu berikatan dengan resinnya sehingga mampu membuat satu kesatuan blok yang solid sehingga kemampuan mekanis, ketahanan korosi dari material tetap baik. Takaran dari *pigment* harus diperhatikan per-berat resin sehingga mampu memberikan keseragaman tampilan.

2.4 Bahan Pengisi (*filler*)

Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan yang ditambahkan kedalam matriks untuk mengurangi jumlah volume matriks dalam material komposit. Murahannya harga bahan pengisi akan menyebabkan harga produk akhir menjadi semakin murah. Hal-hal yang perlu diperhatikan pada pemilihan *filler* antara lain ukuran partikel, distribusi partikel, kelembaban dan zat ikutan.

Beberapa fungsi dari *filler* antara lain:

- 1) Dapat mengurangi harga
- 2) Mengatur sifat aliran (*rheology*) pada saat pencetakan (*moulding*)
- 3) Memperbaiki sifat permukaan dan kenampakan
- 4) Mengurangi pengkerutan dan kerusakan akibat pengkerutan
- 5) Membantu kecepatan pengerasan (*curing time*)
- 6) Memperbaiki sifat ketahanan terhadap api
- 7) Menambah kekerasan dan kekakuan
- 8) Memperbaiki kestabilan bentuk.

Sedangkan kerugiannya antara lain jika *filler* yang diberikan berlebihan akan mengakibatkan “*brittle*” maka disarankan penggunaan *filler* tidak lebih dari 50%. Material yang umum digunakan sebagai bahan pengisi berukuran antara 10 nm sampai dengan ukuran makroskopik. Bahan yang sering digunakan sebagai pengisi dapat berupa pasir silica yang berharga murah, aluminium oxide yang berharga menengah, sampai dengan serbuk perak yang berharga mahal. Alasan utama pemakaian *filler* yang digunakan dalam pengikatan *adhesive* adalah untuk mengurangi harga *adhesive* (resin).

2.5 Proses Laminasi Basah (*moisture lamination processing*)

Metode yang paling tua dan banyak digunakan adalah metode *hand lay-up moisture lamination*.

Tahap-tahap pembuatan dengan metode laminasi basah:

- 1) Serat ijuk diletakkan pada cetakan (*mould*)
- 2) Diatas serat dituangkan resin cair yang sudah dicampur katalisator
- 3) Melakukan pengerolan secara manual diatas serat yang sudah dituang resin
- 4) Setelah pengerolan selesai, proses pada point diatas diulang kembali hingga didapatkan ketebalan yang diinginkan
- 5) Struktur lapisan yang sudah dibuat dibiarkan mengering dan mengeras, setelah itu lepaskan dari cetakan.

3. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah mengadakan penelitian dan pengujian langsung terhadap benda uji, gambaran singkat tentang penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1. Serat (*reinforcement*)

Serat yang digunakan adalah serat ijuk (pohon aren) *continous* dengan arah orientasi 0° dan orientasi random. Dimana perlakuan yang diberikan pada serat adalah pemisahan serat dari anyaman alaminya, dibersihkan dari debu dan ditarik sewaktu

pencetakan. Jumlah serat yang digunakan untuk tiap material uji adalah bervariasi dengan diameter antara rata-rata 0,5 – 0,8 mm.

3.2. Resin (*matrix*)

Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari jenis resin polyester tak jenuh (*unsaturated polyester resin*). Resin tersebut berwarna merah jambu dan berbentuk cairan kental dengan spesifikasi inisiator cobalt Naphtenate 6%. Perbandingan resin dan hardener yang digunakan adalah 1% dari berat resin. Sebagai proses pengerasan menggunakan katalisator dengan jenis MEKPO (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*).

3.3. Pembentukan Material Uji

Material uji dibuat dengan pencetakan secara terpisah untuk setiap material, dengan menggunakan PVC sebagai cetakan. Pemilihan PVC sebagai cetakan dikarenakan PVC mempunyai ketebalan yang relatif rata serta pori-pori yang tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar sehingga matrik tidak mudah meresap. Sistem atau teknik cetak yang dilakukan adalah sistem cetakan terbuka (*open moulding*), yaitu *hand lay-up*. Spesimen dibuat sebanyak 18 buah spesimen yang diantaranya 9 buah spesimen uji tarik komposit serat ijuk dengan orientasi serat lurus (0°), 9 buah spesimen uji tarik komposit serat ijuk dengan orientasi serat random.

1) Persiapan pencetakan:

- a) Membersihkan ijuk dari serat aslinya, harus bersih dari kotoran dan debu.
- b) Membersihkan permukaan PVC dengan menggunakan amplas agar kotoran-kotoran yang ada dicetakan hilang dan tidak melekat pada bahan uji.
- c) Melapisi cetakan permukaan PVC dengan bahan paslin agar setelah kering bahan uji bisa mudah lepas dari cetakannya.
- d) Pencampuran untuk specimen dilakukan dengan cara mencampurkan resin dengan katalis.

- 2) Pelaksanaan pencetakan:
 - a) Membuat lapisan campuran resin dan katalis sampai merata diatas lapisan paslin.
 - b) Melapisi bagian atas campuran resin dengan serat ijuk dan biarkan serat ijuk (*absorpsi*) campuran tersebut. Setelah absorpsi serat ijuk terhadap resin dan katalis sudah sempurna, kemudian kedua ujung serat ijuk dijepit dan ditarik ujungnya.
 - c) Lapisi lagi bagian atasnya dengan campuran resin dan katalis sampai merata dengan ketebalan yang dibutuhkan.
 - d) Setelah didapat ketebalan yang sesuai, biarkan mengering pada suhu kamar.
 - e) Semua peralatan dibersihkan dengan tinner, karena akan sulit dibersihkan apabila resin telah lama mengering.
 - f) Setelah kering dan mengeras, lepaskan spesimen dari cetakannya.

3.4 Pelaksanaan Pengujian

1) Pengujian Tarik (*tensile testing*)

Kekuatan suatu material dapat diketahui dengan melakukan uji kekuatan tarik pada material yang bersangkutan agar dapat diketahui pula sifat-sifat yang meliputi kekuatan tarik, perpanjangan, mulur dan regangannya. Sebelum dilakukan pengujian tarik terhadap spesimen, terlebih dahulu dilakukan pengukuran spesimen yang ukurannya (lebar & panjang) mengacu dan berdasarkan pada standar ASTM 3039-76 Vol.36 "*Standard Test Method For Tensile Properties Of Fiber Resin Composites*". Sehingga dari data pengukuran tersebut kemudian dilakukan perhitungan standar deviasi terhadap hasil pengukuran spesimen pada saat sebelum dan sesudah pengujian tarik dilakukan. Pengukuran terhadap (lebar & tebal) spesimen dilakukan sebelum dan sesudah pelaksanaan pengujian tarik, pengukuran terhadap ketebalan dan lebar spesimen dengan panjang untuk pengukuran tersebut diambil 120 mm. Pengukuran tersebut dilakukan untuk mendapatkan ukuran rata-rata terhadap ketebalan dan lebar spesimen pada saat

sebelum dan sesudah pelaksanaan pengujian tarik. Setelah itu, kemudian dilakukan perhitungan standar deviasi terhadap hasil pengukuran ketebalan dan lebar dari spesimen tersebut. Hal tersebut (pengukuran spesimen & perhitungan standar deviasi) dilakukan karena spesimen yang dihasilkan adalah melalui proses laminasi basah dengan cara tangan (*hand lay-up*) menggunakan cetakan terbuka (*open moulding*), maka ada kemungkinan dimensi ukurannya berbeda-beda dan tidak rata yang akan berpengaruh terhadap sifat kekuatan tariknya.

2) SEM (*Scanning Electron Microscope*)

SEM telah diberlakukan bagi material jenis logam, keramik, polimer, komposit, dan material lainnya. Penggunaan SEM yang utama adalah mempelajari yang mengenai topografi permukaan padat dari sampel. Dengan diameter ukuran sampel pada spesimen terbatas kurang dari sekitar 10 cm. Pada proses pengetsaan tersebut menggunakan Nital, kemudian selanjutnya sampel dilapisi Emas dengan menggunakan Sputtering. Pelapisan dilakukan agar sampel tersebut menjadi *electrically conductive*, karena jenis material nya yang non-logam. Dan logam emas dipilih sebagai pelapis karena merupakan logam yang paling konduktif. Perbedaan secara *elastically* perlu digunakan *electron back-scattered* untuk bentuk gambar, kontras perbedaan gambar sebagian besar ditentukan oleh komposisi permukaan sampel dibandingkan corak topografis. Dalam keadaan dimana permukaan sampel terdiri dari kedua-duanya topografis dan komposisi corak, maka penafsiran gambar yang mampu diterima sungguh kompleks dan suatu sistem *multidetector* mungkin akan diperlukan. Pada gambar berikut menggambarkan skema dari SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan dilengkapi *microprobe*. Beberapa manfaat yang didapat, diantaranya:

- a. Mengevaluasi secara rinci dari permukaan komposit polimer setelah

- berbagai pengetsaan, *preplating*, dan *preplating treatments*.
- b. Penelusuran *morphology* permukaan unsur partikel katalisator dan struktur internal yang diamati dengan *cross-sectioning techniques*.
- c. Mempelajari material yang menghubungkan mikro struktur dengan berbagai sifat dan karakteristik.

4. Pengolahan Data

Berikut ini seperti yang terlihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.2 merupakan tabel hasil & pengolahan data pengujian tarik terhadap pembebanan (P) yang kemudian diubah menjadi gaya (F), pertambahan panjang (Δl), tegangan (σ), dan regangan (ε).

Tabel 4.1: Hasil & Pengolahan Data Pengujian Tarik (orientasi lurus)

No	Komposit resin-serat	Spesimen	L0 (mm)	ΔL (mm)	σ (N/mm ²)	ε (%)	F (N)	rata-rata (N/mm ²)	ε rata-rata (%)
1	serat ijuk 60 helai	1	127	0.08	43.68	2.78	2786	42.60	2.54
		2		0.48	35.37	1.93	2491.74		
		3		0.18	48.79	2.91	3139.2		
2	serat ijuk 70 helai	1	127	0.18	45.67	3.40	3256.92	39.37	3.44
		2		0.18	43.33	4.34	2589.84		
		3		0.46	29.11	2.58	1844.28		
3	serat ijuk 80 helai	1	127	0.08	19.74	4.80	1157.58	26.51	3.86
		2		0.48	29.78	4.39	1765.8		
		3		0.18	30.03	2.40	1883.52		

Tabel 4.2: Hasil & Pengolahan Data Pengujian Tarik (orientasi random)

No	Komposit resin-serat	Spesimen	L0 (mm)	ΔL (mm)	σ (N/mm ²)	ε (%)	F (N)	σ rata-rata (N/mm ²)	ε rata-rata (%)
1	serat ijuk 60 helai	1	127	4.42	38.54	3.48	2256.3	42.55	3.52
		2		5.08	45.93	4.00	2766.42		
		3		3.92	43.03	3.08	2668.32		
2	serat ijuk 70 helai	1	127	3.64	44.36	2.86	2746.8	45.47	3.49
		2		5.32	47.33	4.18	2943		
		3		4.38	44.72	3.44	2746.8		
3	serat ijuk 80 helai	1	127	5.05	49.77	3.97	3335.4	43.18	3.43
		2		3.46	33.44	2.72	2177.82		
		3		4.60	46.35	3.62	2943		

Data yang diperoleh adalah data hasil dari pengujian terhadap masing-masing serat dan orientasinya. Diambil contoh pengolahan data yang diperoleh dalam suatu pengujian tarik adalah berupa beban (P) kemudian diubah menjadi gaya (F) dan pertambahan panjang (Δl), yang diubah menjadi tegangan tarik (σ) dan regangan (ε).

1) Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{b \times t} = \frac{2786}{12.24 \times 5.21} = 43.68 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan Tarik adalah besar gaya maksimum persatuan daerah penampang

awal dari specimen atau:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{b \times t}$$

Maka, $\sigma = \frac{F}{b \times t}$ (1)**

Dimana :

σ = tegangan Tarik (N/mm²)

F = gaya (N)

b = lebar (mm)

t = tebal (mm)

2) Regangan :

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

Maka, $\epsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$ (2)**

Dimana :

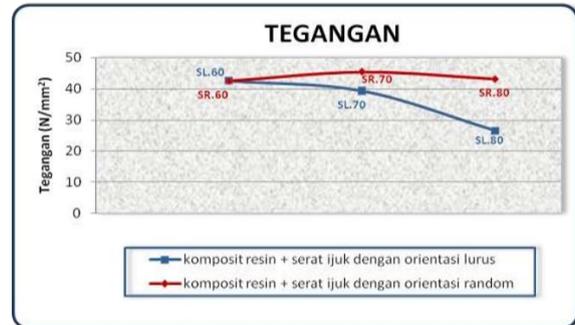
ε = regangan (%)

l₀ = panjang awal (mm)

l₁ = panjang akhir (mm)

t = tebal (mm)

4.1 PENGUJIAN HIPOTESA



Grafik 5.1 : Perbandingan Kekuatan Tarik

Keterangan

SL60 = serat lurus 60 helai (42.60 N/mm²)

SR60 = serat random 60 helai (42.55 N/mm²)

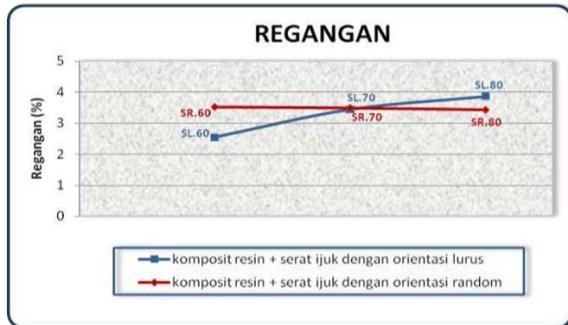
SL70 = serat lurus 70 helai (39.37 N/mm²)

SR70 = serat random 70 helai (45.47 N/mm²)

SL80 = serat lurus 80 helai (26.51 N/mm²)

SR80 = serat random 80 helai (43.18 N/mm²)

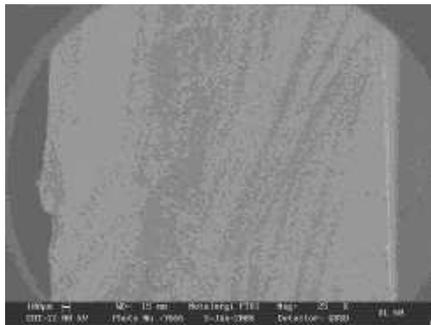
** Ilmu Pengetahuan Bahan, Sriati Djaprie, Erlangga, Jakarta, 1988



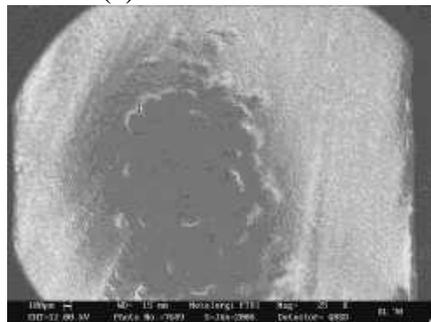
Grafik 5.2 Perbandingan Perpanjangan

Keterangan

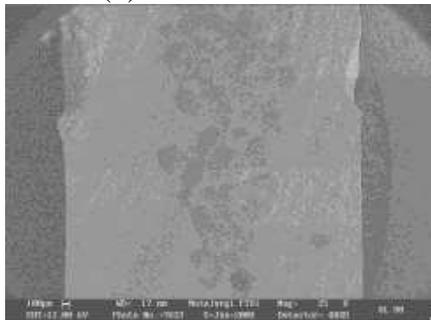
- SL60 = serat lurus 60 helai (2.54 %)
- SR60 = serat random 60 helai (3.52 %)
- SL70 = serat lurus 70 helai (3.44 %)
- SR70 = serat random 70 helai (3.49 %)
- SL80 = serat lurus 80 helai (3.86 %)
- SR80 = serat random 80 helai (3.43 %)



(a) 60 Helai

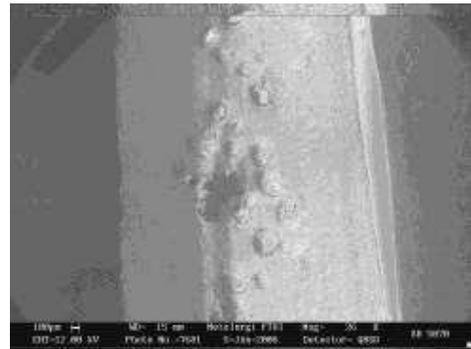


(b) 70 helai



(c) 80 helai

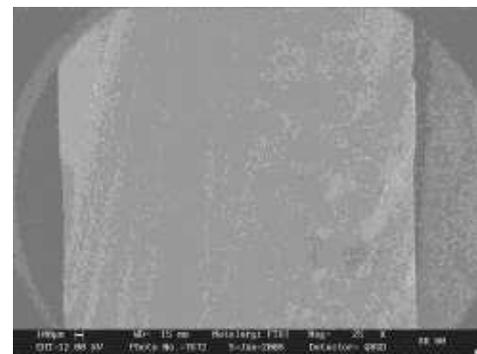
Gambar 5.1 SEM Komposit Serat Ijuk Orientasi Lurus



(a) 60 helai



(b) 70 helai



(c) 80 helai

Gambar 5.2 SEM Komposit Serat Ijuk Orientasi Random

4.2 Analisis & Pembahasan

4.2.1 Analisa Pengujian Tarik Terhadap Tegangan & Regangan

Pada Grafik 5.1 untuk kekuatan tarik yang tertinggi terdapat pada komposit serat ijuk dengan orientasi serat lurus yang memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada komposit serat ijuk 60 helai orientasi lurus ($\sigma = 42.60 \text{ N/mm}^2$), sedangkan untuk kelompok komposit serat ijuk dengan orientasi serat random yang memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada komposit serat ijuk 70 helai

orientasi random ($\sigma = 45.47 \text{ N/mm}^2$). Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa komposit serat gelas masih lebih unggul terhadap kekuatan tariknya, dibandingkan dengan komposit serat ijuk. Dengan demikian dari data tersebut yang diperoleh pada kekuatan tariknya menunjukkan apabila komposisi serat ditambahkan, maka secara umum kekuatan tarik cenderung akan menurun. Hal ini disebabkan semakin banyak jumlah serat maka semakin besar kecenderungan untuk terjadi cacat rongga udara yang menyebabkan ikatannya kurang kuat, selain itu besar kecilnya ukuran serat yang tidak seragam juga berpengaruh pada sifat mekaniknya. Tetapi itu tidak terjadi pada komposit serat ijuk dengan orientasi serat random terhadap kekuatan tarik maksimumnya yang terdapat pada komposit serat ijuk 70 helai orientasi random ($\sigma = 45.47 \text{ N/mm}^2$). Penambahan tegangan secara konstan pada spesimen akan menyebabkan tercapainya nilai tarik maksimum, lalu kemudian spesimen tersebut akan mengalami patah. Patahan yang terjadi pada spesimenuji tersebut memperlihatkan sifat material komposit yang ulet dan karena serat ijuk yang berbeda-beda dari bentuk juga ukurannya, sehingga patahannya tidak rata.

Pada Grafik 5.2 tersebut menunjukkan bahwa dari keenam kelompok material komposit serat ijuk terdapat perbedaan nilai regangan maksimum yang tidak terlalu besar, dimana secara keseluruhan yang paling tinggi nilai regangan maksimumnya terdapat pada komposit serat ijuk 80 helai orientasi lurus ($\varepsilon = 3.86 \%$), dibandingkan dengan komposit serat ijuk yang lainnya. Sehingga dari data tersebut menunjukkan bahwa komposit serat ijuk 80 helai orientasi lurus ($\square = 3.86 \%$) adalah yang paling tinggi nilai regangannya dibandingkan dengan komposit serat ijuk yang lainnya. Maka secara umum berdasarkan dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa komposit serat ijuk dengan orientasi serat lurus masih tetap lebih unggul

terhadap regangan dibandingkan komposit serat ijuk dengan orientasi serat random. Semakin tinggi nilai kekuatan tarik maka nilai regangan juga naik, terlihat patahnya resin sebagai matrik tanpa diikuti patahnya serat ijuk secara langsung pada saat pengujian tarik dilakukan.

4.2.3 Analisa Hasil SEM (Scanning Electron Microscope) Terhadap Pengujian Tarik

Pada Gambar 5.1 sampai dengan Gambar 5.3 merupakan hasil dari pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) yang memperlihatkan ciri-ciri permukaan dari topografi terhadap spesimen tersebut. Berdasarkan dari topografi hasil SEM (*Scanning Electron Microscope*) menunjukkan bahwa pada spesimentersebut lokasi seratnya tidak merata dalam penyebarannya, sehingga kekuatannya pun tidak merata. Serat pada material komposit sangat berpengaruh dengan sifat mekanis, sehingga sangat perlu sekali untuk diperhatikan dalam tahap proses pembuatannya seperti halnya ada aus yang dikarenakan terjadinya gesekan pada serat. Disamping itu juga dengan bertambahnya komposisi serat maka akan semakin besar kecenderungan untuk terjadinya cacat rongga udara, sehingga menyebabkan ikatannya yang kurang kuat.

Seperti terjadinya retak disekeliling sekitar serat (Gambar 5.1-b) dan terdapat lubang karena udara yang terjebak didalamnya (Gambar 5.2-b).

Dalam pengambilan gambar tersebut dicerminkan dengan $5\times$ lensa obyektif yang dioperasikan didalam suatu *lighmode*. Dari instrumen ini secara khas resolusinya antara 1.5 dan 3.0 nm, telah dikembangkan untuk pengujian terhadap sampel di berbagai kondisi-kondisi lingkungan. Pengujian tersebut digunakan untuk menentukan gaya dari retak mekanik, dan untuk menganalisa sifat mekanis dan karakteristik terhadap material apakah material tersebut telah diperlakukan dengan tepat.

5 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan terhadap material komposit dengan berpenguat serat ijuk pohon aren yang bervariasi komposisi serat ijuk dan resin poliester tak jenuh sebagai pengikatnya, maka pengolahan data dan analisa mengenai kekuatan dari material komposit serat ijuk dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik tertinggi dicapai pada komposit serat ijuk 70 helai orientasi random ($\sigma = 45.47 \text{ N/mm}^2$).
2. Untuk regangan tertinggi dicapai pada komposit serat ijuk 80 helai orientasi lurus ($\varepsilon = 3.86 \%$).
3. Kekuatan tarik cenderung menurun apabila serat terus ditambahkan, tetapi hal tersebut tidak terjadi terhadap regangan.
4. Dari hasil SEM memperlihatkan bahwa pada proses pembuatan mempengaruhi sifat mekanis dari spesimen tersebut.

Daftar pustaka

- 1.,ASTM 3039 – 76 Vol. 36, Standard Test Method For Tensile Properties Of Fiber Resin Composites,ASTM, United States Of America, 2008.
- 2.,F.L Matthews & R.D Rawlings, Composite Materials: Engineering and Science, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 2014.
- 3.,John. P Sibilia, A Guide to Materials Characterization and Chemical Analysis 2nd edition, Wiley-VCH,New York, USA, 2016.
- 4.,Nyoman Udni, Laporan Teknik Kajian Tentang Jenis-jenis Komposit & Penggunaannya, BPPT, 1995.
- 5.,Risman Rosita & Jihad. Bagus, Analisis Uji Kuat Tarik Komposit CFRP A54/5208, Majalah Lapan No.81, 2000.
- 6.,Sriati Djaprie, Mekanika Material Komposit, Pusat Penelitian Sains & Teknologi (PPST), LPUI –Universitas Indonesia, 2010.
- 7.,Tata Surdia & Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik, PT. Pradnya

Paramitha, Jakarta, 2005.

8.,William. D Callister, Metal Science and Engineering An Introduction, John Wiley & Sons. Inc, NewYork, USA, 2014.