

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Serat Ijuk Aren

Serat ijuk adalah serat alam yang mungkin hanya sebagian orang mengetahui kalau serat ini sangatlah istimewa dibandingkan serat alam lainnya. Serat berwarna hitam yang dihasilkan dari pohon aren memiliki banyak keistimewaan diantaranya : (a). Tahan lama, Bahwa serat ijuk aren mampu tahan lama dan tidak mudah terurai. (b). Tahan terhadap asam dan garam air laut, Serat ijuk merupakan salah satu serat yang tahan terhadap asam dan garam air laut, salah satu bentuk pengolahan dari serat ijuk adalah tali ijuk yang telah digunakan oleh nenek moyang kita untuk mengikat berbagai peralatan nelayan laut. (c). Mencegah penembusan rayap tanah. Serat ijuk aren sering digunakan sebagai bahan pembungkus pangkal kayu-kayu bangunan yang ditanam dalam tanah untuk memperlambat pelapukan kayu dan mencegah serangan rayap.^[1]



Gambar 1. Serat ijuk

Keunggulan komposit serat ijuk dibandingkan dengan serat gelas adalah komposit serat ijuk lebih ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami dan harganya pun lebih murah bila dibandingkan serat lain seperti serat gelas. Sedangkan serat gelas sukar terdegradasi secara alami. Selain itu serat gelas juga menghasilkan gas CO dan debu yang berbahaya bagi kesehatan jika serat gelas didaur ulang, sehingga perlu adanya bahan alternatif pengganti serat gelas tersebut. Dalam industri manufaktur dibutuhkan material yang memiliki sifat-sifat yang khusus dan khas yang sulit didapat dari material lain seperti logam.



Gambar 2. Pohon Aren

Serat ijuk adalah serat alam yang berasal dari pohon aren. Dilihat dari bentuk, pada umumnya bentuk serat alam tidaklah homogen. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan dan pembentukan serat tersebut tergantung pada lingkungan alam

dan musim tempat serat tersebut tumbuh. Aplikasi serat ijuk masih dilakukan secara tradisional, diantaranya digunakan sebagai bahan tali menali, pembungkus pangkal kayu bangunan yang ditanam dalam tanah untuk mencegah serangan rayap, penahan getaran pada rumah adat karo, dan saringan air. Kegunaan tersebut didukung oleh sifat ijuk yang elastis, keras, tahan air, dan sulit dicerna oleh organisme perusak.^[5]

B. Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Material komposit mempunyai sifat dari material konvensional pada umumnya dari proses pembuatannya melalui percampuran yang tidak homogen^[1].

Bahan penguat komposit menggunakan serat, maka serat inilah yang akan menentukan karakteristik material komposit, seperti : kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik lainnya. Seratlah yang menahan sebagian besar gaya-gaya yang bekerja pada material komposit, sedangkan matriks bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Salah satu keuntungan material komposit adalah kemampuan material yang dapat diatur kekuatannya sesuai dengan kehendak kita. Hal ini dinamakan *tailoring properties* dan ini adalah salah sifat istimewa komposit dibandingkan dengan material konvensional

lainnya. Selain itu komposit tahan terhadap korosi yang tinggi serta memiliki ketahanan yang tinggi pula terhadap beban. Oleh karena itu, untuk bahan serat digunakan bahan yang kuat, kaku dan getas, sedangkan bahan matriks dipilih bahan-bahan yang liat dan lunak.^[22]

Material komposit adalah kombinasi antara dua atau lebih material atau serat pembentuknya dan mempunyai sejumlah sifat yang tidak dimiliki oleh masing-masing komponen. Serat yang diberikan dapat berupa serat sintesis atau serat alam sebagai bahan penguat, hal ini untuk meningkatkan kekuatan mekanik pada komposit. Penguat yang digunakan pada polimer, baik yang termoplastik maupun termoseting pada umumnya dalam bentuk serat (fibre), benang (filament) dan butiran/serbuk. Sifat mekanik dari komposit banyak ditentukan oleh penguatan serta posisi. Di lain pihak, resin memiliki ketahanan terhadap bahan kimia dan cuaca dan untuk menambah kekuatannya maka perlu diberi bahan penguat. Perbandingan antara resin dan penguat merupakan faktor yang sangat penting untuk menentukan sifat struktur komposit.^[2]

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Kuncoro Diharjo, Komposit alam adalah material yang memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan di Indonesia. *Mechanical bonding* komposit yang diperkuat serat alam dapat ditingkatkan dengan perlakuan kimia serat atau menggunakan *coupling agent*. Perlakuan kimia, seperti perlakuan alkali, sering digunakan karena lebih ekonomis. Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik komposit berpenguat serat rami kontinu dengan matrik *polyester*. Pengamatan

visual dilakukan untuk menyelidiki mekanisme perpatahan. Serat rami direndam di dalam larutan alkali (5% NaOH) selama 0, 2, 4, dan 6 jam. Selanjutnya, serat tersebut dicuci menggunakan air bersih dan dikeringkan secara alami.

Matrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin *unsaturated polyester* 157 BQTN dengan *hardner* MEKPO 1%. Komposit dibuat dengan metode cetak tekan pada $V_f = 35\%$. Semua spesimen dilakukan *post cure* pada suhu 62°C selama 4 jam. Spesimen uji tarik dibuat mengacu pada standar ASTM D-638. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik dan perpanjangan diukur dengan menggunakan *extensometer*. Penampang patahan diselidiki untuk mengidentifikasi mekanisme perpatahannya. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa kekuatan dan regangan tarik komposit memiliki harga optimum untuk perlakuan serat 2 jam, yaitu 190.27 Mpa dan 0.44%. Komposit yang diperkuat serat yang dikenai perlakuan 6 jam memiliki kekuatan terendah. Penampang patahan komposit yang diperkuat serat perlakuan selama 0 jam, 2 jam, dan 4 jam diklasifikasikan sebagai jenis patah *slitting in multiple area*. Sebaliknya, penampang patahan komposit yang diperkuat serat perlakuan 6 jam memiliki jenis patah tunggal.

Kuncoro Diharjo menyimpulkan bahwa komposit yang diperkuat serat rami dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam memiliki kekuatan tarik dan regangan terbesar, yaitu $\sigma = 190.27 \text{ MPa}$ dan $\varepsilon = 0.44\%$. Semakin lama perlakuan serat rami, maka modulus elastisitas kompositnya pun meningkat. Patahan komposit yang diperkuat serat rami tanpa perlakuan dan dengan perlakuan 5% NaOH

selama 2 jam dapat dikalsifikasikan sebagai jenis patah banyak (*splitting in multiple area*). Penampang patahan komposit yang diperkuat serat rami tanpa perlakuan didominasi perilaku kegagalan *fiber pull out*. Namun pada komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan 5% NaOH, penampang patahannya mengindikasikan tanpa adanya *fiber pull out*.^[23]

Penelitian yang berjudul Karakteristik Mekanik Komposit Lamina Serat Rami Epoxy Sebagai Bahan Alternatif Soket Prostesis ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik mekanik komposit serat alam khususnya serat rami dengan matriks epoxy yang akan diaplikasikan sebagai bahan alternatif pada desain soket prostesis. Pengujian komposit lamina serat rami epoxy mengacu standar *American Society for Testing Material* (ASTM) D 3039/D 3039M untuk pengujian tarik dan ASTM D 4255/D 4255M-83 untuk pengujian geser.

Serat rami yang digunakan adalah serat kontinyu dengan kode produksi 100% Ne 14'S, menggunakan matriks berupa Epoxy Resin Bakelite EPR 174 dan Epoxy Hardener V-140. Metode pembuatan sampel uji komposit lamina dengan cara *hand lay up* terhadap serat rami kontinyu pada suhu kamar. Hasil pengujian karakteristik mekanik komposit serat rami epoxy akan dibandingkan dengan standard ISO untuk bahan plastik/polymer yang diaplikasikan pada bidang kesehatan, khususnya untuk *Prosthetics* dan *Orthotics*. Analisis dilengkapi dengan hasil pengamatan berbantuan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui modus kegagalan dan kriteria kegagalan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa komposit lamina serat rami *epoxy* berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai material alternatif dalam pembuatan soket prostesis atas lutut pada fraksi volume serat 40-50%. Karakteristik mekanik komposit lamina serat rami *epoxy* longitudinal pada fraksi volume serat 40% yaitu tegangan tarik 232 MPa dan modulus elastisitas 9,7 GPa, sedangkan pada fraksi volume serat 50% tegangan tarik 260 MPa dan modulus elastisitas 11,23 GPa. Harga ini masih lebih besar dibandingkan dengan harga referensi pada penelitian ini, yaitu bahan polimer yang diaplikasikan di bidang kesehatan dengan harga minimal kekuatan tarik 80 MPa dan modulus elastisitas 3 GPa. Modus kegagalan yang terjadi pada komposit lamina rami *epoxy* meliputi *brittle failure* (getas) untuk fraksi volume serat 10-30%, *bonding* dan *deleminasi* fraksi volume serat 40-50%. Karakteristik mekanik komposit lamina rami *epoxy* memenuhi persyaratan sebagai bahan soket prostesis, mengacu pada Standard ISO: *plastic/polymer for health application*.^[24]

Penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS berjudul Analisa Pengaruh Fraksi Volume Serat Aren (*Arenga Pinata*) Dengan Matrik *Polyester* Terhadap Kekuatan Bending Dan Tarik. Pada tanaman Aren tumbuh hampir disetiap daerah pesisir di Indonesia. Jumlahnya yang melimpah dan tidak mengenal musim adalah beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan tanaman lain. Akan tetapi sangat disayangkan selama ini tanama aren memiliki nilai ekonomis yang sangat rendah hanya niranya saja yang memiliki nilai ekonomis, sedangkan bagaian tanaman yang lainnya terbuang percuma atau bernilai sangat rendah. Oleh karena itu tujuan utama penelitian ini

adalah memanfaatkan ijuk tanaman aren dan mencari kekuatan tarik dan bending yang maksimal.

Ijuk tersebut akan dijadikan material komposit dengan menggunakan matriks *polyester*, dimana ijuk akan berfungsi sebagai reinforcement. Ijuk tersebut dipotong dengan ukuran panjang 1 cm dan kemudian dicampur dengan *polyester*, kemudian dicetak menjadi lembaran komposit. Setelah itu, lembaran akan dibentuk specimen uji tarik dan bending. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi volume serat aren. Fraksi volume yang akan digunakan adalah 10%, 20%, 30%, 40%.

Dari hasil penelitian terlihat bahwa kekuatan tarik maksimal dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume 40% yang besarnya 13,72 GPa. Sedangkan flexural modulus dan flexural strength tertinggi terjadi pada komposit dengan fraksi volume 40 %, yang besarnya adalah 1268,98 GPa dan 62,76 GPa. Semakin kecil fraksi volume serat aren, maka kekuatan tarik dan bending akan semakin kecil.^[25]

Kekuatan komposit serat rami dengan *epoxy* dengan variasi fraksi volume serat (10%, 20%, 30%, 40%, 50%), menunjukkan perbandingan kekuatan pada fraksi volume serat 40% dan 50%. Kekuatan tarik untuk komposit lamina serat rami *epoxy* longitudinal pada fraksi volume serat 40% yaitu tegangan tarik 232 MPa dan modulus elastisitas 9,7 GPa, sedangkan pada fraksi volume serat 50% tegangan tarik 260 MPa dan modulus elastisitas 11,23 GPa.^[24] Sedangkan

penelitian terhadap kekuatan tarik komposit dengan matriks *polyester* dengan fraksi volume serat aren (10%, 20%, 30%, 40%), mempunyai kekuatan tarik maksimal pada fraksi volume 40% yang besarnya 13,72 GPa. Semakin kecil/sedikit fraksi volume serat aren, maka kekuatan tarik akan semakin kecil.^[25] Perbedaan hasil kedua penelitian ini tidak begitu jauh, dikarenakan jenis serat yang digunakan berbeda dan matriks yang digunakan berbeda pula.

Ratni Kartini melakukan penelitian yang berjudul Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat serat Alam. Polimer merupakan bahan yang sangat bermanfaat dalam dunia teknik, khususnya dalam industri konstruksi. Polimer sebagai bahan konstruksi bangunan dapat digunakan baik berdiri sendiri, misalnya sebagai perekat, pelapis, cat, dan segai glazur; maupun merupakan gabungan dengan bahan lain membentuk komposit. Untuk aplikasi struktur yang memerlukan kekuatan dan ketegaran, mengharuskan perbaikan sifat mekanik polimer. Untuk kebutuhan tersebut, berkembanglah komposit polimer yang disertai penguat oleh berbagai *filler* diantaranya serat alam. Penggunaan serat alam antara lain serat ijuk dan serat pisang sebagai pengganti serat buatan dapat menurunkan biaya produksi. Hal tersebut dapat dicapai karena serat alam murah dan sumber dayanya dapat terus diperbaharui.

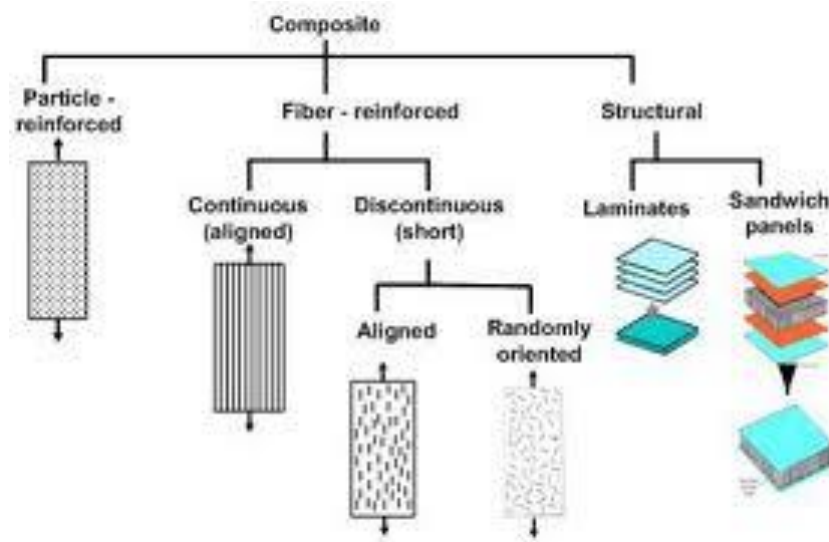
Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis komposit antara matriks polimer yaitu *epoxy* dan *polyester* dengan bahan penguat (*filler*) serat alam yaitu serat ijuk dan serat pisang, serta mempelajari sifat mekanik, struktur mikro dan sifat termal komposit yang telah dibuat. Hipotesis penelitian ini adalah dengan penambahan

serat alam sebagai bahan penguat (*filler*) pada matriks polimer diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik terutama kekuatan tarik (*tensile strength*) komposit bila dibandingkan dengan matriks polimer.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa secara umum penambahan serat pada matriks polimer menurunkan nilai kekuatan tarik bahan komposit, kecuali untuk komposit bermatriks *epoxy* dengan penguat serat ijuk. Penambahan serat ijuk pada komposit matriks *epoxy* dapat meningkatkan kekuatan tarik bahan yaitu dengan pengisian serat ijuk tiga lapis menghasilkan kekuatan tarik tertinggi 45,44 MPa, lebih besar daripada komposit matriks *epoxy* yaitu 37,28 MPa. Sedangkan penambahan serat pada matriks *epoxy* dengan penguat serat pisang tiga lapis kekuatan tariknya terendah yaitu 30,47 MPa. Kekuatan tarik komposit matriks *polyester* 56,74 MPa, sedangkan jika ditambahkan serat pisang dan serat ijuk kekuatannya menjadi jauh lebih kecil. Kekuatan tarik yang terkecil jika ditambah serat pisang tiga lapis yaitu 15,26 MPa, sedangkan jika ditambah serat ijuk tiga lapis yaitu 22,18 MPa. Secara umum penambahan serat pada matriks polimer menurunkan nilai kekerasan bahan komposit. Dari pengamatan strukturmikro ternyata kurangnya ikatan antara serat dengan matriks polimer dan distribusi serat pada matriks polimer mempengaruhi nilai kekuatan tarik dan nilai kekerasan bahan komposit. Adanya pengisian serat pada matriks polimer mempengaruhi sifat termal bahan, hal ini ditunjukkan dengan perbedaan pola termogram DTA.^[26]

C. Klasifikasi Komposit

Sesuai dengan definisinya, maka bahan material komposit terdiri dari unsur-unsur penyusun. Komponen ini dapat berupa unsur organik, anorganik ataupun metalik dalam bentuk serat, serpihan, partikel dan lapisan.



Gambar 3. Komposit dengan unsur-unsur penyusun yang berbeda-beda

Jika ditinjau dari unsur pokok penyusun suatu bahan komposit, maka komposit dapat dibedakan atas beberapa bagian antara lain :

a. Komposit serat (*Fibrous Composites Material*)

Komposit serat, yaitu komposit yang terdiri dari serat dan matriks (bahan dasar) yang diproduksi secara fabrikasi, misalnya serat ditambahkan resin sabagai bahan perekat.

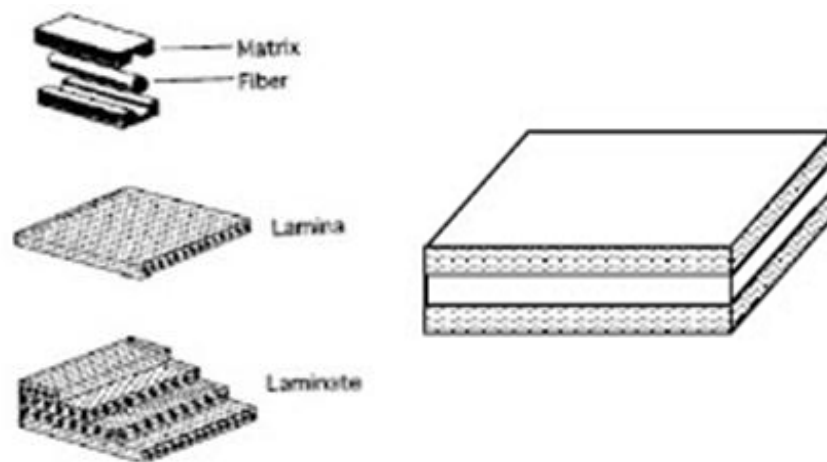


Gambar 4. Komposit serat

Komposit serat Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau lapisan yang menggunakan penguat berupa serat (*fiber*). *Fiber* yang digunakan bisa berupa *glass fiber*, *carbon fibers*, *armid fibers* (*poly aramide*), dan sebagainya. *Fiber* ini bisa disusun secara acak (*chopped strand mat*) maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.

b. Komposit lapis (*Laminated Composite Materials*)

Komposit *laminat*, merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.



Gambar 5. Komposit lapis^[8]

Komposit yang terdiri dari lapisan serat dan matriks, yaitu lapisan yang diperkuat oleh resin sebagai contoh plywood, *laminated glass* yang sering digunakan bahan bangunan dan kelengkapannya. Pada umumnya

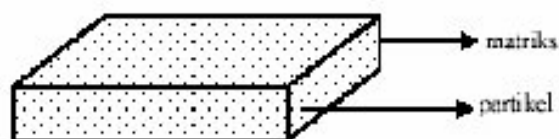
manipulasi makroskopis yang dilakukan yang tahan terhadap korosi, kuat dan tahan terhadap temperatur.

c. Komposit serpihan

Pengertian dari serpihan adalah partikel kecil yang telah ditentukan sebelumnya yang dihasilkan dalam peralatan yang khusus dengan orientasi serat sejajar permukaannya. Suatu komposit serpihan terdiri atas serpihan-serpihan yang saling menahan dengan mengikat permukaan atau dimasukkan kedalam matriks. Sifat-sifat khusus yang dapat diperoleh dari serpihan adalah bentuknya besar dan data sehingga dapat disusun dengan rapat untuk menghasilkan suatu bahan penguat yang tinggi untuk luas penampang lintang tertentu. Pada umumnya serpih-serpih saling tumpang tindih pada suatu komposit sehingga dapat membentuk lintasan fluida ataupun uap yang dapat mengurangi kerusakan mekanis karena penetrasi atau perembesan.

d. Komposit partikel (*Particulate Composites Materials*)

Komposit partikel, komposit yang terdiri dari partikel dan matriks yaitu butiran (batu, pasir) yang diperkuat semen yang kita jumpai sebagai beton, senyawa kompleks ke dalam senyawa kompleks.



Gambar 6. Komposit partikel

Komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama dengan satu atau lebih unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaban, dan katalisator. Komposit partikel ini berbeda dengan jenis serat acak sehingga bersifat isotropis. Kekuatan komposit serat dipengaruhi oleh tegangan koheren diantara fase partikel dan matriks yang menunjukkan sambungan yang baik.^[18]

Pada umumnya komposit dibagi dalam tiga kelompok adalah : (a). Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix composite* – PMC) bahan ini merupakan bahan komposit yang sering digunakan yang biasa disebut dengan Polimer Berpenguat Serat (FRP – *Fiber Reinforced Polymers or Plastis*), bahan ini menggunakan suatu polimer berdasar resin sebagai matriknya, seperti kaca, karbon dan aramid (Kevlar) yang digunakan sebagai penguatnya. (b). Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composite* – MMC) ditemukan berkembang pada industri otomotif, bahan ini menggunakan suatu logam seperti aluminium sebagai matrik dan penguatnya dengan serat seperti silikon karbida. (c). Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composite* – CMC) digunakan pada lingkungan bertemperatur sangat tinggi, bahan ini menggunakan keramik sebagai matrik dan diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (*Whiskers*) dimana terbuat dari silikon karbida.

Pada umumnya komposit mengandung serat, baik serat pendek maupun serat panjang yang dibungkus dengan matriks. Fungsi dari pada serat adalah menahan bahan yang diberikan sedang fungsi matriks adalah membungkus serat sekaligus

melindunginya dari kerusakan baik mekanis maupun kimia. Selain daripada itu matriks mendistribusikan beban kepada serat.^[22]

Jenis-jenis serat dan contoh bahannya yang dapat digunakan sebagai penguat pada material komposit secara umum yaitu : (a). Serat organik yaitu serat yang berasal dari makhluk hidup dan tumbuh-tumbuhan, serta dapat didaur ulang secara alami, contoh : sabut kelapa, ijuk, dan sabut kelapa sawit. (b). Serat anorganik yaitu serat yang sukar untuk terdegradasi (didaur ulang) secara alami, contoh : asbes, gelas, metal, dan keramik.

Serat-serat organik dan anorganik umumnya digunakan untuk memperoleh bahan komposit serat. Serat organik seperti selulosa, propylene, dan serat grafit pada umumnya dikarakteristik sebagai bahan yang ringan, lentur, elastik dan peka terhadap panas, sedangkan serat anorganik seperti gelas dan keramik merupakan serat yang paling tinggi kekuatannya serta tahan terhadap panas.

Aplikasi dan pemakaian bahwa komposit yang diperkuat dengan serat secara luas dipakai industri otomotif, industri kapal terbang, industri kapal laut, peralatan militer, dan industri perabotan rumah tangga. Hal ini menunjukkan perkembangan pesat dari material komposit, karena mempunyai sifat unggul, yaitu sebagai isolator yang baik. Ketahanannya baik terhadap air dan zat kimia. Dengan demikian bahan komposit tidak dapat berkarat, anti rayap dan tahan lembab. Bahan komposit alam umumnya berharga murah. Bahan komposit termasuk bahan yang ringan dan kuat.^[5]

Serat merupakan salah satu material rancang-bangun paling tua. *Jute*, *flax* dan *hemp* telah digunakan untuk menghasilkan produk seperti tali tambang, *cordage*, jaring, *water hose* dan *container* sejak dahulu kala. Serat tumbuhan dan binatang masih digunakan untuk *felts*, kertas, sikat atau kain tebal. Industri serat dibagi menjadi dua yaitu serat alam (dari tanaman, hewan dan sumber mineral) dan serat sintetis. Banyak serat sintetis telah dikembangkan secara khusus untuk menggantikan serat alam, karena serat sintetis sangat mudah diprediksi dan ukurannya yang lebih seragam. Untuk tujuan di bidang teknik, serat gelas, serat logam dan serat sintetis turunan bahan organik adalah yang paling banyak digunakan. Nilon digunakan untuk *belting*, *nets*, pipa karet, tali, parasut, *webbing*, kain balistik dan penguat dalam ban.

Serat sebagai penguat dalam struktur komposit mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: (a). Kekuatan (*Strength*), merupakan kemampuan material untuk menahan beban tanpa mengalami kepatahan. (b). Kekakuan (*Stiffness*) yaitu sesuatu yang tidak dapat dipisahkan dari suatu materi. Banyak material yang kaku memiliki kepadatan yang rendah untuk menahan deformasi dari pemasangan, gravitasi, dan vibrasi pada saat pengoperasiannya. (c). Ketahanan korosi (*Corrosion Resistance*) yaitu tidak cepat berkarat sehingga mempunyai masa umur pakai yang panjang. (d). Ketahanan gesek/ aus (*Wear Resistance*). (e). Berat (*Weight*) yaitu berat material yang berat dapat diubah menjadi ringan tanpa mengurangi unsur-unsurnya. (f). Ketahanan lelah (*Fatigue Life*) merupakan fenomena terjadinya kerusakan material karena pembebanan yang berulang-ulang. Apabila suatu logam dikenakan tegangan berulang, maka akan patah pada

tegangan yang jauh lebih rendah dibandingkan tegangan yang dibutuhkan untuk menimbulkan perpatahan pada beban statik. (g). Meningkatkan konduktivitas panas yaitu menambah laju perambatan panas pada padatan dengan aliran panas yang mengalir dari temperatur tinggi ke temperatur rendah.^[5]

D. Polimer Sebagai Matrik

Matriks adalah bahan/material yang dipergunakan sebagai bahan pengikat bahan pengisi namun tidak mengalami reaksi kimia dengan bahan pengisi. Secara umum, matriks berfungsi sebagai : (a). Pelindung komposit dari kerusakan-kerusakan, baik kerusakan secara mekanis maupun kimia. (b). Untuk mentransfer beban dari luar ke bahan pengisi. (c). Untuk mengikat bahan pengisi

Secara umum, matriks dapat diklasifikasikan atas 4 jenis yaitu : (a). Termoplastik yaitu suatu matriks dikatakan termoplastik apabila matriks tersebut dapat menjadi lunak kembali apabila dipanaskan dan mengeras apabila didinginkan. Hal ini disebabkan karena molekul matriks tidak mengalami ikat silang sehingga bahan tersebut dapat didaur ulang kembali. (b). Termoset, Suatu matriks dikatakan termoset apabila matriks tersebut tidak dapat didaur ulang kembali bila dipanaskan. Hal ini disebabkan molekul matriks mengalami ikat silang, sehingga bila matriks telah mengeras tidak dapat lagi dilunakan. (c). Elastomer merupakan jenis polimer dengan elastisitas tinggi (d). Polimer Natural seperti selulosa dan protein dimana bahan dasar yang terbuat dari tumbuhan dan hewan.

Resin adalah polimer dalam komposit sebagai matrik, yang mempunyai fungsi sebagai pengikat, sebagai pelindung struktur komposit, memberi kekuatan pada komposit dan bertindak sebagai media transfer tegangan yang diterima oleh komposit serta melindungi serat dari abrasi dan korosi. Resin *thermoset* adalah tipe system matrik yang paling umum dipakai sebagai material komposit. Mereka menjadi populer penggunaanya dalam komposit dengan sejumlah alasan, mempunyai kekuatan leleh yang cukup rendah, kemampuan interaksi dengan serat yang bagus dan membutuhkan suhu kerja yang relatif rendah. Selain itu juga mempunyai harga yang lebih rendah daripada resin thermoplastis.^[27]

E. Resin Epoxy

Resin *epoxy* termasuk ke dalam golongan *thermosetting*, sehingga dalam pencetakan perlu diperhatikan hal sebagai berikut : (a). Mempunyai penyusutan yang kecil pada pengawetan. (b). Dapat diukur dalam temperatur kamar dalam waktu yang optimal. (c). Memiliki viskositas yang rendah disesuaikan dengan material penyangga. (d). Memiliki kelengketan yang baik dengan material penyangga. Karakter dari produksi rantai *epoxy* adalah kemampuan proses dan derajat garis melintang. Pembuatan dari jaringan *epoxy* yang sangat bagus dengan cara menambahkan katalis yang akan bereaksi dengan baik dengan struktur jaringan, maka kemampuan mekanik dari *epoxy* tergantung dari tipe katalis yang digunakan. Resin *epoxy* mengandung struktur *epoxy* atau *oxirene*. Resin ini berbentuk cairan kental atau hampir padat, yang digunakan untuk material ketika hendak dikeraskan. resin *epoxy* jika direaksikan dengan *hardner* yang akan membentuk polimer *crosslink*. *Hardener* untuk sistem *curing* pada temperatur

ruan dengan resin *epoxy* pada umumnya adalah senyawa poliamid yang terdiri dari dua atau lebih grup amina. *Curing time* sistem *epoxy* bergantung pada kereaktifan atom hidrogen dalam senyawa amina.

Reaksi *curing* pada sistem resin *epoxy* secara eksotermis, berarti dilepaskan sejumlah kalor pada proses *curing* berlangsung. Laju kecepatan proses *curing* bergantung pada temperatur ruang. Untuk kenaikan temperatur 10°C, maka laju kecepatan *curing* akan menjadi dua kali lebih cepat, sedangkan untuk penurunan temperaturnya dengan besar yang sama, maka laju kecepatan *curing* akan turun menjadi setengah dari laju kecepatan *curing* sebelumnya. *Epoxy* memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dari pada *polyester* pada keadaan basah, namun tidak tahan terhadap asam. *Epoxy* mempunyai sifat ulet, elastis, tidak bereaksi dengan sebagian besar bahan kimia dan mempunyai dimensi yang lebih stabil. *Epoxy* bila diberi bahan penguat komposit *epoxy* mempunyai kekuatan lebih baik dari dibanding resin lain.^[27]

F. Katalis MEKPO (*methyl ethyl keton peroksida*)

Katalis adalah bahan yang digunakan untuk memulai dan mempersingkat reaksi *curing* pada temperatur ruang. Katalis dapat menimbulkan panas saat *curing* dalam hal ini dapat merusak produk yang dibuat. Katalis yang digunakan sebagai proses *curing* dalam pembuatan papan yang berasal dari *organic proxide* seperti *methyl ethyl*, *ketone proxide* dan *acetyl acetone proxide*. Dalam pembuatan bahan komposit, campuran katalis sedikit maka papan serat yang dihasilkan akan lebih kuat bila dibandingkan pada campuran katalisnya banyak.

Pada proses pencampuran resin *polyester* tersebut harus ditambahkan dengan suatu katalis, pada penelitian ini katalis digunakan adalah katalis komersial atau pesaran berupa MEKPO (*mehtyl ehtyl keton peroksida*) yang fungsinya sebagai zat *curing* yakni untuk mempersingkat waktu pengerasan dari resin *polyester* tersebut. Jumlah katalis MEKPO juga berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan.^[28]

G. Resin Polyester

Jenis perekat sintetis yang digunakan dalam industri papan serat maupun papan partikel ada dua macam yaitu: *Urea formaldehida* dan *Phenol formaldehida*. Perekat resin *urea formaldehida* biasanya digunakan untuk membuat jenis papan yang pada aplikasinya digunakan didalam ruangan (*interior*) dan tidak memerlukan ketahanan yang kuat terhadap cuaca. Keuntungan dari *urea formaldehida* adalah harganya yang relatif murah, mudah dalam penuangan dan proses pemotongan cepat dan tidak meninggalkan bekas warna pada papan yang dihasilkan. Untuk papan yang memerlukan ketahanan terhadap cuaca atau digunakan pada luar ruangan biasanya perekat yang digunakan adalah resin *phenol formaldehyde*.^[28]

Resin *polyester* tak jenuh merupakan salah satu jenis polimer termoset. Resin *polyester* merupakan pilihan yang banyak digunakan dalam komposit modern. Bahan ini memiliki ketahanan sifat mekanik yang baik ketika beroperasi pada kondisi lingkungan yang panas maupun basah, ketahanan kimia yang baik, kestabilan bentuk, harga yang relatif rendah (dibandingkan dengan harga epoxy)

dan memiliki pelekatan yang baik pada berbagai penguat. Keunggulan resin *polyester* bila dibandingkan dengan resin lainnya adalah : (a). Matriks resin *polyester* lebih keras. (b). Harganya yang lebih murah. (c). Mempunyai daya tahan terhadap air, cuaca, dan pengaruh zat-zat kimia. Sifat-sifat fisik dari bahan resin *polyester* yaitu : (a). Retakan baik. (b). Tahan terhadap bahan kimia. (c). Pengerutan sedikit (saat *curing*)

Sifat-sifat mekanik resin *polyester* adalah sebagai berikut : (a). Temperatur optimal 110°C-140°C. (b). Ketahanan dingin adalah baik secara relatif. (c). Bila dimasukkan air mendidih untuk waktu yang lama, bahan akan retak atau pecah. (d). Kemampuan terhadap cuaca baik. (e). Tahan terhadap kelembaban dan sinar ultra violet.

Resin *polyester* merupakan resin yang sangat banyak dipergunakan pada pembuatan komposit karena keunggulan resin tersebut jika dibandingkan dengan resin yang lain. Keunggulan resin *polyester* dengan resin yang lain bila dibandingkan adalah : (a). Matriks resin *polyester* lebih keras. (b). Menghasilkan bahan yang transparan. (c). Bersifat kuat. (d). Mempunyai daya tahan yang baik terhadap air, cuaca dan pengaruh zat-zat kimia. (e). Dapat dilombinasi dengan semua tipe serat gelas. (f). Harganya yang lebih murah.

Resin jenis YUKALAC 157 BQTN-EX secara khusus cocok untuk proses manufaktur FRP dengan *hand lay* dan *spray up molding*. Secara luas, resin ini

digunakan dalam pembuatan kapal nelayan, bak mandi, material bangunan, dan produk FRP lainnya.



Gambar 7. Resin jenis YUKALAC 157 BQTN-EX^[14]

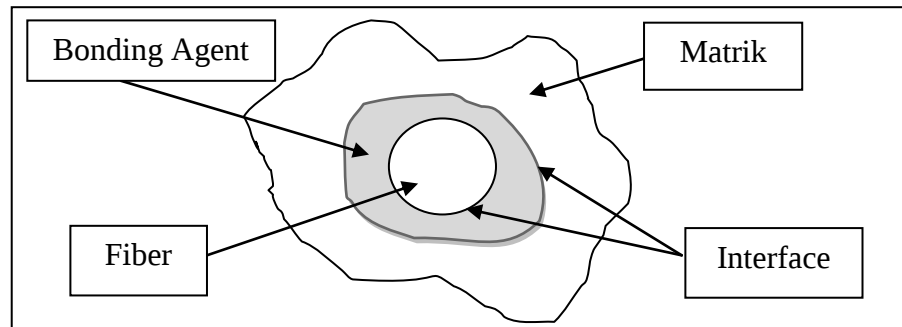
Tabel 1. Sifat resin *polyester*

Item	Satuan	Nilai tipikal	Catatan
Massa jenis	gr/cm	1,23	0 – 90°C
Kekerasan	Hv	40	Barcol/GYZJ 934-1
Suhu distorsi panas	°C	70	
Penyerapan air	%	0,1888	24 jam
Suhu ruang	%	0,466	7 hari
Kekuatan flexural	Kgf/mm	9,4	
Modulus flexural	Kgf/mm	300	
Daya rentang	Kgf/mm	5,5	
Modulus rentang	Kgf/mm	300	
Elongasi	%	1,6	
Kekuatan tarik maksimum (<i>yield strengh</i>)	Mpa	65	

H. Antarmuka/*interface* Matrik dan Penguat

Interface merupakan batas pencampuran antara serat dan matrik. *Interface* matrik dan penguat ditunjukkan pada gambar 8. Pengertian klasik dari antarmuka yaitu

permukaan yang terbentuk diantara matriks dan penguat dan mengalami kontak dengan keduanya dengan membuat ikatan antara keduanya untuk perpindahan beban.



Gambar 8. Skematik *Interface* matrik - penguat

Interface dari komposit sangat mempengaruhi karakteristik komposit, karena *Interface* berpengaruh terhadap proses transfer beban antara matrik dan penguat. *Interface* yang kuat memberikan kekuatan yang tinggi begitu juga sebaliknya.

I. Mekanisme Adhesi Pada Komposit

Interface atau antarmuka mempunyai sifat fisik dan mekanik yang unik dan tidak merupakan sifat masing-masing matriks maupun penguatnya, antarmuka mempunyai ikatan yang bagus. *Interface* dapat dikontrol untuk mendapatkan sifat mekanis yang bagus. secara umum terdapat beberapa teori tentang mekanisme adhesi yaitu adsorpsi dan pembasahan, interdifusi, ikatan kima dan ikatan mekanik, yang akan dijelaskan sebagai berikut :

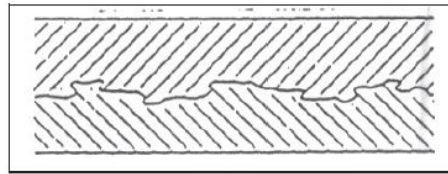
a. Adsorpsi dan Pembasahan

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu cairan berkumpul diatas permukaan suatu benda padat atau suatu cairan. Adsorpsi terjadi

apabila matrik membasahi permukaan serat sehingga terjadi suatu ikatan. terjadinya pembasahan akibat adsorpsi apabila matrik memiliki energi permukaan lebih rendah dibanding penguat serat.

b. Mechanical Bonding

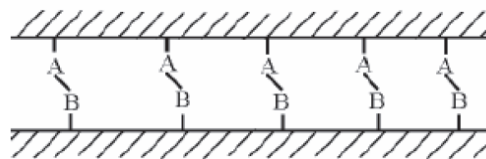
Mekanisme penguncian (*interlocking*) terjadi antara 2 (dua) permukaan, yaitu penguat dan matrik. Kondisi permukaan yang kasar dapat menyebabkan *interlocking* yang terjadi semakin banyak dan *mechanical bonding* menjadi semakin efektif. Ikatan menjadi efektif jika beban yang diberikan paralel terhadap *interface*. Mekanisme *mechanical bonding* dapat diilustrasikan seperti pada gambar 9



Gambar 9. Mekanisme *mechanical bonding*

c. Ikatan Kimia

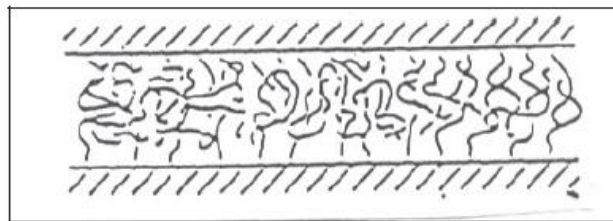
Ikatan kimia dibentuk oleh grup-grup yang bersifat kimia pada permukaan penguat dan matrik. Kekuatan ikatan ditentukan oleh jumlah kimiawi menurut luas dan tipe ikatan kimia itu sendiri. Ikatan kimia ini terbentuk karena ada *wetting agent*.



Gambar 10. Mekanisme Ikatan kimia

d. Interdifusi

Ikatan ini terbentuk antara dua permukaan polimer karena molekul polimer dari satu permukaan berdifusi ke jaringan molekul pada permukaan lain, seperti pada gambar 11. Kekuatan ikatan tergantung pada jumlah molekul yang terlibat dan kekuatan ikatan antara molekul-molekul tersebut.



Gambar 11. Mekanisme interdifusi

Interdifusi dapat terjadi apabila penguat dilapisi dengan polimer yang bertindak sebagai bahan perangkai, karena adanya interdifusi melalui bahan perangkai tersebut, terbentuk daerah antara muka dengan ketebalan tertentu yang memiliki sifat fisik, kimiawi dan sifat mekanis yang berbeda dari sifat-sifat serat maupun resin.

J. Karakteristik Material Komposit

Salah satu faktor yang sangat penting dalam menentukan karakteristik material komposit adalah perbandingan antara matriks dan serat. Sebelum melakukan proses pencetakan komposit, terlebih dahulu dilakukan perhitungan perbandingan keduanya.

Fraksi volume dapat dihitung dengan persamaan berikut ^[9]:

a. Massa komposit

Massa komposit dihitung dengan persamaan

$$M_c = m_f + m_m \dots\dots\dots(1)$$

b. Massa jenis komposit

Massa jenis dihitung dengan persamaan

$$\rho_c = \frac{m_c}{v_c} \dots\dots\dots(2)$$

c. Fraksi serat

$$W_f = \frac{m_f}{m_c} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

$$V_f = \frac{m_f/\rho_f}{m_f/\rho_f + m_m/\rho_m} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Dimana m_c = massa komposit (gr), m_f = massa serat (gr), m_m = massa matriks (gr), ρ_c = massa jenis komposit (gr/cm³), v_c = volume komposit (cm³), W_f = fraksi massa serat (%), V_f = fraksi volume serat (%), ρ_m = massa jenis matriks (gr/cm³).

K. Pengujian Tarik

Kekuatan tarik (*ultimate tensile strength*) merupakan salah satu sifat penting suatu material. Tujuan uji tarik dilakukan adalah mengetahui material tersebut liat atau tidak dengan cara mengukur perpanjangannya. Kekuatan tarik adalah kemampuan suatu material untuk menahan beban tarik. Hal ini diukur dari beban/gaya maksimum berbanding terbalik dengan luas penampang bahan uji, dan memiliki satuan Mega Pascal (MPa) atau N/mm² atau Kgf/mm² atau Psi.^[19]

Uji tarik dilakukan dengan jalan memberikan beban pada kedua ujung spesimen uji secara perlahan-lahan ditingkatkan hingga spesimen uji tersebut putus. Dengan pengujian ini dapat diketahui : kekuatan tarik, beban luluh dan modulus elastisitas (modulus young) tegangan, pengurangan luas penampang dan pertambahan panjang.

Pengujian bertujuan untuk mengetahui regangan dan tegangan dari papan partikel yang telah dibuat. Hasil dari pengujian ini adalah grafik beban terhadap perpanjangan (*elongasi*).

Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots(5)$$

Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} \dots\dots\dots(6)$$

Modulus elastisitas

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon} \dots\dots\dots(7)$$

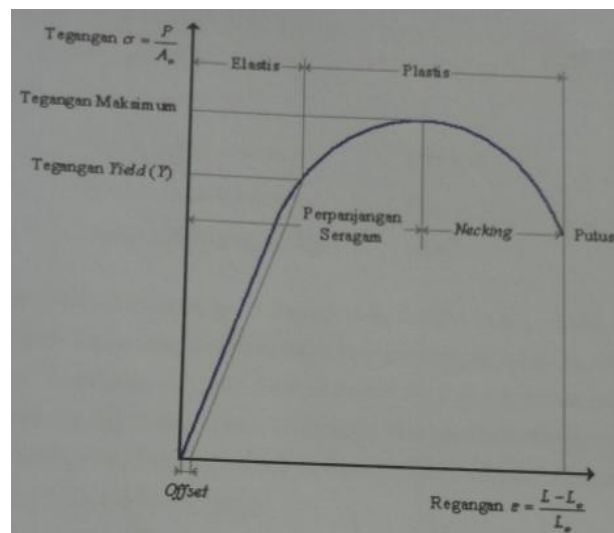
Dimana : F = beban yang diberikan (N), A_0 = luas penampang mula-mula (m^2), L_0 = panjang mula-mula, ΔL = pertambahan panjang (mm), σ = tegangan (Mpa), ε = regangan (%), E = modulus elastisitas (Gpa).^[16]

L. Kurva Tegangan – Regangan

Sebuah perubahan bentuk pada spesimen uji tarik ditunjukkan pada gambar 7. Ketika beban diterapkan yang pertama, spesimen meregang sebanding dengan

beban. Efek ini disebut elastis linier. Jika beban ditiadakan, spesimen kembali ke bentuk dan panjangnya semula.

Ketika beban mulai meningkat pada level tegangan tertentu, spesimen mengalami perubahan bentuk permanen (plastis). Pada tingkatan itu, tegangan dan regangan tidak lagi sebanding seperti pada daerah elastis. Tegangan di mana peristiwa ini terjadi dikenal sebagai tegangan *yield*. Istilah tegangan *yield* juga digunakan untuk menetapkan titik di mana tegangan dan regangan tidak lagi sebanding.



Gambar 12. Kurva tegangan-regangan tarik^[18]

Kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) adalah tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya patahan (*fracture*). Nilai kekuatan tarik maksimum ditentukan dari beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal.^[20]

$$\sigma_{max} = \frac{P_{max}}{A_0} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan rumus :

$\sigma_{\max}$: Tegangan tarik maksimum (N/mm²)

$P_{\max}$: Beban tarik maksimum (N)

A_0 : Luas penampang awal (mm²)

Jika spesimen dibebani di luar kekuatan tarik maksimumnya, maka *necking* akan terjadi. Sepanjang daerah *necking* luas penampang spesimen tidak lagi seragam panjangnya dan lebih kecil di daerah *necking* itu. Ketika pengujian diteruskan, tegangan teknik turun lebih lanjut dan spesimen akhirnya patah di daerah *necking* itu. Tegangan teknik saat patah disebut sebagai tegangan patah atau putus.^[18]

M. Keuletan

Keuletan adalah perilaku yang penting diamati selama uji tarik, ini adalah tingkat deformasi plastis yang terjadi pada material sebelum patah. Ada dua ukuran keuletan yang umum dipakai. Yang pertama total perpanjangan dari spesimen.^[18]

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan rumus :

ε : Total perpanjangan spesimen (%)

L : Panjang setelah patah (mm)

L_0 : Panjang mula-mula (mm)

Sedangkan ukuran keuletan/keliatan yang kedua adalah pengurangan luas penampang lintang spesimen :

$$q = \frac{A - A_0}{A_0} \times 100\% \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan rumus :

q : Pengurangan luas penampang (%)

A : Luas penampang terkecil patahan (mm²)

A₀ : Luas penampang mula-mula (mm²)

N. Tegangan dan Regangan Sebenarnya

Setelah titik tegangan maksimum, deformasi plastis menjadi terlokalisir (*necking*) dan tegangan teknik (*engineering stress*) turun akibat reduksi yang terlokalisir pada luas penampang. Namun tegangan sesungguhnya (*true stress*) membesar karena luas penampang mengecil. Kurva tegangan-regangan sesungguhnya didapat dari konversi tegangan dan regangan tarik dalam nilai yang sesungguhnya, dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\sigma_t = (1 + \epsilon)\sigma \dots\dots\dots(11)$$

$$\epsilon_t = \ln(1 + \epsilon) \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan rumus :

σ_t : Tegangan sesungguhnya (N/mm²)

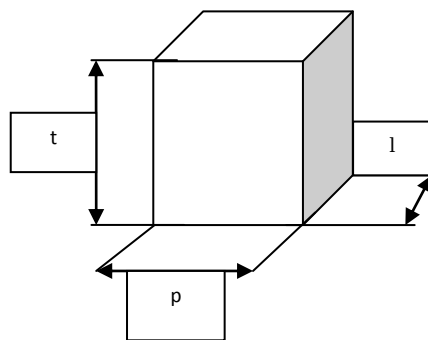
ϵ_t : Regangan sesungguhnya

σ : Tegangan teknik (N/mm²)

ϵ : Regangan teknik

O. Pengamatan Dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Pengamatan dengan *scanning electron microscope* (SEM) digunakan untuk mengamati serat didalam matriks bersama dengan beberapa sifat ikatan antara matriks dengan serat penguatnya. Cara untuk mendapatkan struktur mikro dengan membaca berkas elektron, didalam SEM berkas elektron berupa noda kecil yang umumnya $1\mu\text{m}$ pada permukaan spesimen diteliti berulang kali. Permukaan spesimen diambil gambarnya dan dari gambar ini dianalisa keadaan atau kerusakan spesimen. Pentingnya SEM adalah memberikan gambaran nyata dari bagian kecil spesimen, yang artinya kita bisa menganalisa besar serat, kekasaran serat dan arah serat serta ikatan terhadap komponen matriksnya.^[21]



Gambar 13. Spesimen untuk pengamatan dengan SEM

Keterangan gambar :

- | | | |
|---|------------------------|------|
| P | : Panjang spesimen uji | (mm) |
| t | : Tinggi spesimen uji | (mm) |
| l | : Lebar Spesimen uji | (mm) |