

Pemanfaatan Silicon Rubber Untuk Meningkatkan Ketangguhan Produk Otomotif Buatan Lokal

Wayan Sujana¹⁾, I Komang Astana Widi¹⁾

¹⁾Teknik Mesin S1, ITN Malang Jawa Timur, Indonesia
wakilrektor1@fti.itn.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan komposit terus dikembangkan guna memenuhi berbagai aplikasi terutama untuk memenuhi kualitas produk-produk lokal dalam menghadapi daya saing produk-produk import. Komposit polimer bermatrik epoxy berpenguat serat kenaf telah dimanfaatkan secara luas dengan karakteristik kekuatan yang tinggi namun kekurangan dari komposit tersebut adalah sifat elastisitas yang rendah (meskipun telah disesuaikan dengan aturan komposisi 50% hardener-standarisasi pabrik pembuatnya). Rendahnya elastisitas dari komposit ini sebagian besar dipengaruhi dari karakteristik matriknya. Diketahui bahwasannya matrik polimer epoxy memiliki sifat kuat dan getas. Komposit matrik epoxy berpenguat serat kenaf memiliki kekuatan tarik 3,36 Kgf/mm². Penelitian penambahan karet dalam resin polimer sebagai fasa matrik merupakan desain rekayasa yang dilakukan untuk mendapatkan karakteristik elastisitas bahan komposit bermatrik epoxy yang lebih baik. Silikon rubber adalah bagian dari polimer yang mempunyai keunggulan dalam hal elastisitas, sehingga pencampuran keduanya akan memberikan karakteristik pada sifat ulet dan tingkat ketangguhan yang lebih baik sehingga dapat diaplikasikan lebih luas terutama untuk produk-produk otomotif buatan lokal sehingga nantinya dapat bersaing dengan produk-produk ekspor dalam hal kualitasnya. Disamping itu, pemanfaatan silikon rubber akan mengurangi volume matrik dan penguat sehingga akan didapatkan sifat yang lebih optimal dalam hal ekonomis dan kualitas. Penelitian pemanfaatan silikon rubber (karet putih) pada matrik epoxy menunjukkan bahwa kekuatan impact mengalami peningkatan dengan meningkatnya fraksi volume silikon rubber (10%, 20% dan 30%). Hal ini menunjukkan meningkatnya ketangguhan bahan komposit. Pemanfaatan silikon rubber hingga 30 % fraksi volume dapat meningkatkan lebih dari 50% kekuatan impactnya. Namun, dampak yang ditimbulkan adalah pada sifat mekanis yang lain seperti kekuatan tarik dan kekuatan bendungnya akan menunjukkan penurunan meskipun kurang dari 30% dari kekuatan awalnya. Dari hasil pengamatan struktur makro ditunjukkan dengan meningkatnya fraksi volume silikon rubber pada matrik akan memberikan efek ikatan yang lebih baik pada serat yang ditunjukkan dengan model patah elastis atau berserabut.

Kata kunci : Matrik epoxy, serat kenaf, silikon rubber, fraksi volume, kekuatan tarik, kekuatan bending, kekuatan impact, stuktur makro

Abstract

Utilization of composites is keep promoted and developed for a variety of applications, especially to meet the quality of local products in the face of the competitiveness of imported products . Epoxy polymer composites with kenaf fiber reinforcement have been widely used with high strength characteristics but low elasticity properties (although it has been adapted to the rules of composition 50 % hardener - manufacturer standardization) . The low elasticity of the composite is largely influenced from characteristics of the matrix . The epoxy polymer matrix is known strong and brittle . Epoxy matrix composites with kenaf fiber reinforcement have a tensile strength of 3.36 kgf/mm² . The research for addition of rubber in a polymer resin matrix phase is performed to obtain better characteristics of elasticity. Silicon rubber is part of the polymer has the advantage in terms of elasticity , so that mixing the two would give the characteristics of resilient nature and a better level of toughness that can be applied more widely , especially for local made automotive products so that they can compete with the products of export in terms of quality. In addition, the use of silicon rubber will reduce the volume of matrix and reinforcement so that we will get a more optimal properties in terms of economical and quality .The silicon rubber (white rubber) was used in this research in epoxy matrix shows that the impact strength increased with increasing volume fraction of silicone rubber (10 % , 20 % and 30 %) . This shows the increasing toughness of composite materials . Utilization of silicon rubber up to 30 % volume fraction may increase more than 50 % strength . However , the effect on other mechanical properties such as tensile strength and bending strength is decline even though less than 30 % of the original strength . From the observation of macro structures is shown that by increasing the volume fraction of the silicon rubber matrix will provide better bonding effect on the fiber which is indicated by the broken model of elastic or stringy .

Key words: Epoxy matrix, kenaf fiber, silikon rubber, volume fraction, tensile strength, bending strength, impact strength, macro structure

1. LATAR BELAKANG

Komponen (*spare part*) adalah segmen pasar yang banyak diproduksi dan sebagian besar diimpor dari produsen otomotif dari luar negeri. Harga komponen sangat ditentukan oleh kualitas dari bahan dan proses manufaktur serta desainnya. Salah satu unsur penentuan kualitas berdasarkan umur pakai. Komposit dari bahan serat alam menawarkan potensi sebagai unsur penguat untuk meningkatkan umur pakai komponen dengan harga (efisiensi) lebih baik yang menggunakan bahan tumbuhan serat alam kenaf yang sangat berlimpah dan¹

¹ * Penulis korespondensi, phone: +62-034-1551431
E-mail: wakilrektor1@fti.itn.ac.id

banyak tumbuh didaerah tropis seperti Indonesia. Disamping itu, bahan ini mudah didapat selama para petani dapat terus memproduksi dan secara otomatis akan meningkatkan taraf hidup para petani Indonesia. Karena pertimbangan ini, komponen-komponen otomotif telah menjadi suatu target pasar utama untuk pengembangan bahan serat alam kenaf sebagai pengganti dan pengembangan komponen otomotif [1].

Untuk pengembangan produksi tersebut, industri harus terus meningkatkan kualitasnya untuk dapat bersaing dengan produk-produk lain. Meningkatnya beban terhadap produk-produk otomotif baik disebabkan karena cuaca (*global warming*) dimana suhu dunia semakin meningkat, diharapkan para produsen juga meningkatkan kualitasnya sehingga umur pakai produk dapat dipertahankan dan jika mungkin diharapkan dapat ditingkatkan.

Pemanfaatan silicon rubber dalam resin polimer sebagai fasa matrik merupakan rekayasa yang dilakukan untuk mendapatkan karakteristik elastis bahan komposit. Dengan pertimbangan bahwa silicon rubber adalah bagian dari polimer yang mempunyai keunggulan dalam hal elastisitas, sehingga pencampuran keduanya diidentifikasi mampu memberikan sifat ketangguhan yang lebih baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Thomson J.L, 1995 dalam penelitiannya menemukan bahwa pori-pori (*void*) merupakan faktor utama yang mempengaruhi kualitas daripada material komposit serat gelas / poliester. Penggunaan alat pengerolan yang cocokpun dapat menentukan kualitas daripada panel komposit yang dibuat. Ini dapat dilihat pada permukaan spesimen komposit terdistribusi merata atau tidak.

Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan yang ditambahkan ke dalam matriks untuk mengurangi jumlah volume matriks dalam material komposit. Murahnya harga bahan pengisi akan menyebabkan harga produk akhir menjadi semakin rendah. Material yang umum digunakan sebagai bahan pengisi berukuran antara 10 nm sampai dengan ukuran makroskopik [2].

2.1. Serat Kenaf

Serat kenaf di Indonesia dikenal dengan sebutan Java-jule, semula serat ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan karung dengan pertimbangan kekuatan serat yang memadai dan mudahnya tanaman ini ditanam pada lahan kritis yang selama ini tidak dimanfaatkan. Kegunaan bahan dasar serat alami sebagai suatu penguat dalam material komposit telah berkembang dengan cepat terutama dalam kaitannya dengan pengembangan material dan dorongan faktor ekonomi yang ditandai dengan melonjaknya harga serat mineral yang ada di pasaran.

Tanaman kenaf dapat beradaptasi pada hampir semua jenis tanah dan mempunyai ketahanan bila tergenang air. Untuk produksi serat dapat dilakukan penebangan setelah berumur kurang lebih 100–120 hari. Untuk memperoleh seratnya, tanaman yang sudah ditebang kemudian dikenakan proses perendaman (*retting*) selama 10–15 hari, tergantung dari macam varietas, umur tanaman dan kondisi air yang digunakan untuk merendam.

Adapun pada penelitian ini akan memanfaatkan pohon kenaf HC 48 yang banyak terdapat di Balittas, Karangploso, Malang. Saat ini pohon kenaf sedang dibudidayakan agar dapat dipakai secara berkesinambungan, khususnya pada bagian seratnya.

2.2. Jenis Orientasi Serat

Orientasi serat adalah faktor yang penting pengaruhnya pada material komposit. Kita dapat membedakan kedalam tiga kasus, (a) penguat satu dimensi, kekuatan dan kekakuannya maksimum yang diisi dengan serat langsung, (b) penguat planar, didalam kasus yang sama bentuk strukturnya dua dimensi, (c) tiga dimensi acak, yang material komposisinya cenderung mempunyai sifat isotropis.

Sedangkan mengenal penataan arah serat dimana dimaksudkan untuk mengoptimalkan kekuatan bahan terdapat tiga macam penataan arah serat yang umum, yang dikenal dengan istilah sistem penguatan serat, yaitu :

- a. *Unidirectional* adalah jenis penataan dimana serat penguat diletakkan dalam arah yang sama (searah), dan kekuatan terbesarnya adalah searah dengan arah serat tersebut.
- b. *Bidirectional* adalah penataan dengan serat yang saling membentuk sudut dan kekuatan terbesarnya berada pada kedua arah serat tersebut.
- c. *Multidirectional (Random)* mempunyai kekuatan yang merata dan menempatkan serat dalam potongan menyebar kesemua arah.

2.3. Resin Epoxy

Resin epoxy mempunyai kegunaan yang sangat luas dalam bidang industri teknik kimia, listrik, mekanik dan sipil sebagai bahan perekat, pencetakan cord dan benda-benda cetakan. Pada saat ini kebanyakan produk resin epoxy berupa kondensat dari bisfenol-A dan epiklorhidrin.

Bisfenol-A diganti dengan novolak, atau senyawa tak jenuh, siklopentadien. Resin epoxy bereaksi dengan pengeras dan menjadi baik dalam kekuatan mekanik dan ketahanan kimia. Sifatnya bervariasi tergantung pada jenis, kondisi dan pencampuran dengan pengerasnya. Banyaknya campuran dihitung dari ekivalen epoxy.

Zat pengawet amin digunakan sebagai zat pengawet dingin, tetapi zat ini beracun. Bahan pengeras yang digunakan adalah anhidrida ftalat, anhidrida tetra dan heksahidro ftalat. Resin bisfenol kekekatannya sangat baik sekali terhadap bahan lain. Bahan ini banyak digunakan dalam cat untuk logam, perekat dan matrik serat.

Pada proses pengeringan tidak dihasilkan air dan tanpa penyusutan. Kestabilan dimensi sangat baik, sangat tahan terhadap zat kimia dan stabil terhadap zat asam, kecuali asam pengoksid yang kuat, asam alifatik rendah, alkalin dan garam. Karena tahan terhadap hampir semua pelarut, maka bahan ini baik digunakan sebagai bahan non-korosif.

Resin epoxy dapat merekat hampir pada semua plastik, kecuali pada resin silikon, fluorezin, polietilen dan polipropilen. Resin epoxy sering digunakan dalam industri penerbangan, konstruksi, peralatan listrik, sebagai bahan cat, baik terhadap ketahanan air dan zat kimia.

2.4. Elastomer (Karet)

Istilah ini digunakan untuk menyatakan berbagai jenis bahan dengan kekenyalan seperti karet dan bersifat lentur, dapat dideformasikan beberapa kali dan dapat dikembalikan kebentuk semula.

Karet alam diproduksi secara komersial dari latex pohon *hevea brasiliensis* yang ditanam di perkebunan terutama di wilayah tropis di asia tenggara, khususnya di Malaysia dan Indonesia. Sumber dari karet alam adalah sebuah cairan seperti susu yang dikenal sebagai latex yang merupakan sebuah suspensi yang berisi partikel karet yang sangat kecil. Latex cair dikumpulkan dari pohon dan dibawa ke pusat pengolahan dimana latex lapangan dicairkan sampai sekitar 15% kandungan karet dan dikoagulasikan dengan asam formic (sebuah asam organik). Bahan terkoagulasi kemudian dipres melalui *roller* untuk menghilangkan air dan menghasilkan bahan lembaran (*sheet*). *Sheet* ini dikeringkan dengan aliran udara panas oleh panas atau api asap (*sheet* asap karet). *Rolled sheet* dan jenis karet mentah yang lain biasanya di-*mill* diantara *heavy roll* dimana aksi mekanis *shearing* memecah beberapa rantai polimer panjang dan mengurangi bobot molekular rata-ratanya.

Karet alam terutama *cis*-1,4 polyisoprene dicampur dengan sedikit protein, lipida, garam anorganik, dan sejumlah komponen yang lain. *Cis*-1,4 polyisoprene adalah polymer rantai panjang (bobot molekul rata-rata sekitar 5×10^5 g/mol), yang memiliki formula struktural.

Prefik *cis* menunjukkan bahwa grup metal dan atom alam ini pada sisi yang sama dari ikatan ganda karbon-karbon, sebagaimana ditunjukkan oleh lingkaran garis putus-putus pada formula di atas.

Ada isomer struktural¹ polyisoprene, *trans* *-1,4, polyisoprene, disebut *gutta-percha*, yang bukan sebuah elastomer. Dalam struktur ini, grup methyl dan atom hidrogen secara kovalen terikat pada ikatan ganda karbon-karbon adalah pada sisi berlawanan ikatan ganda unit berulang polyisoprene,

Dalam struktur ini, grup methyl dan atom hidrogen yang melekat pada ikatan ganda ini tidak saling mengganggu satu sama lain, dan sebagai hasil, molekul *trans* 1,4, polyisoprene lebih simetris dan bisa mengkristal kedalam sebuah bahan kaku. Penggunaan *filler* bisa menurunkan biaya produk karet dan juga memperkuat material. Karbon hitam umumnya digunakan sebagai *filler* untuk karet, dan secara umum, semakin lembut ukuran partikel karbon hitam, semakin tinggi kekuatan tariknya. Karbon hitam juga meningkatkan resistansi tear dan abrasi karet ini. Silica (misal, kalsium silikat) dan clay yang dirubah secara kimia juga digunakan untuk *filler* untuk menguatkan karet.

Atom silikon, seperti karbon, memiliki valensi 4 dan bisa membentuk molekul polimerik dengan ikatan kovalen. Polimer ini disebut dengan *polydimethyl siloxane* dan bisa di-ikat silangkan pada suhu ruang dengan tambahan inisiator (misal, benzoyl peroxide) yang mereaksikan dua grup methyl bersama dengan eliminasi gas hydrogen (H₂) untuk membentuk jembatan Si-CH₂-Si. Jenis silikon yang lain bisa diperbaiki pada suhu tinggi (misalnya, 50 sampai 150°C), tergantung pada produk dan penggunaan yang diinginkan

Karet silicon memiliki keuntungan utama bisa digunakan pada *range* suhu yang lebar (yakni, -100 sampai 250°C). Aplikasi untuk karet silikon meliputi sealant, gasket, isolasi elektrik, kabel auto ignisi, dan spark plug boot.

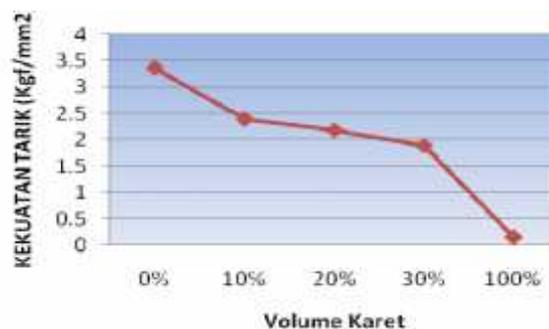
3. PROSEDUR EKSPERIMENTAL

Bahan matrik epoxy : *bisfenol-A* akan diperkuat dengan serat berasal dari tanaman serat alam kenaf : Hc 48 yang akan dikombinasi dengan bahan karet putih (*silicone rubber*) dengan komposisi sebagai berikut :

1. Serat 30% : Matrik 70% (epoxy 90% : karet putih 10%)
2. Serat 30% : Matrik 70% (epoxy 80% : karet putih 20%)
3. Serat 30% : Matrik 70% (epoxy 70% : karet putih 30%)

Teknik yang digunakan adalah metode manufaktur : *Hand Lay Up* dalam pembuatan spesimen yang dibuat dalam cetakan memenuhi standar ASTM D638 Tipe I, ASTM D5942, ASTM D790

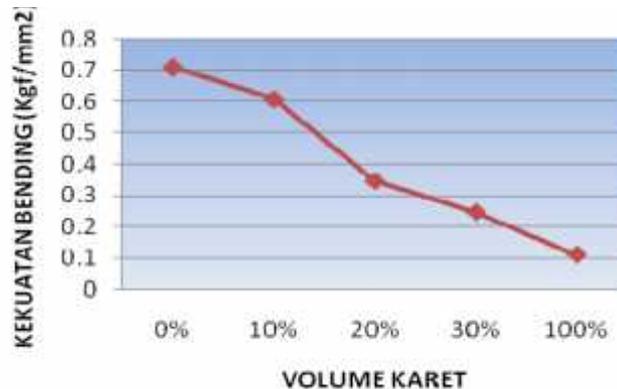
4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Hubungan kekuatan tarik terhadap volume karet

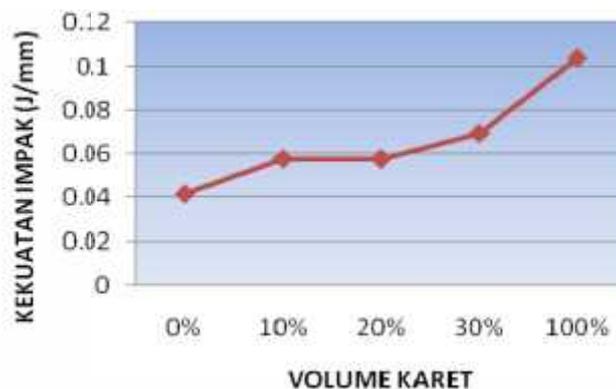
Berdasarkan pada pengamatan kurva tegangan-regangan (Gambar 1) dapat diketahui bahwa semakin banyak fraksi volume karet putih yang ditambahkan pada komposit, kekuatan tarik komposit semakin menurun. Sedangkan laju perpanjangan berbanding lurus dengan peningkatan fraksi volume karet putih.

Pada pengamatan kurva tegangan-regangan komposit (Gambar 2), makin besar fraksi volume penambahan karet putih, komposit menjadi semakin lunak dan ulet



Gambar 2. Hubungan kekuatan bending terhadap volume karet

Berdasarkan pada pengamatan pengujian bending komposit diketahui bahwa semakin banyak fraksi volume karet putih yang ditambahkan pada komposit, kekuatan bending komposit semakin menurun. Walaupun terjadi penurunan kekuatan bending, penurunan yang dialami tidaklah signifikan (pada penambahan fraksi volume karet putih 30%).



Gambar 3. Hubungan kekuatan impak terhadap volume karet

Berdasarkan pengolahan data dari pengujian impak komposit (Gambar 3), dapat diketahui bahwa semakin banyak fraksi volume karet putih yang ditambahkan, kekuatan impak komposit semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa bahan yang mempunyai titik transisi gelas tinggi apabila dikopolimerkan dengan bahan serupa karet mempunyai titik transisi gelas rendah, kekuatan impaknya lebih baik

Kegagalan karena beban bermula dari patahnya serat pada penampang yang paling lemah. Bila beban bertambah maka akan semakin banyak pula serat yang patah, sehingga pada material komposit serat beban yang terjadi tidak akan mengakibatkan serat patah pada waktu yang bersamaan. Hal ini menjadi salah satu keuntungan dari material komposit. Saat pertama timbulnya kegagalan akibat beban tarik longitudinal dapat dijelaskan sebagai berikut ;

Ketika jumlah serat yang dipatahkan sedikit, matrik masih mampu mengulangi beban dengan mendistribusikan beban ke serat lain. Tetapi dengan bertambahnya beban dan jumlah serat yang patah, material komposit akan mengalami beberapa kemungkinan [4] :

- Matrik mampu menahan gaya geser yang terjadi dan meneruskan ke serat, sehingga akan terjadi patahan serat yang lebih banyak dan perambatan retak yang cepat menyebabkan patahan getas (*Brittle Fracture*).
- Bila matrik tidak mampu menahan konsentrasi tegangan geser yang timbul diujung serat yang patah, serat dapat terlepas dari matrik (*Debonding*). Kerusakan yang terjadi akan searah dengan arah serat.
- Bila kombinasi antara keduanya, maka kasus patah serat akan terjadi di sembarang tempat, dibarengi kerusakan matrik. Patahan yang terjadi akan berbentuk seperti sikat (*Brush Type*). Karena beberapa ujung dari serat akan muncul atau terlepas dari matriknya (*Pull Out Fiber*). Secara umum patahan inilah yang sering terjadi pada penelitian ini.

| No. | Foto | Keterangan |
|-----|---|---|
| 1 |  | Patahan spesimen uji bending fraksi volume karet putih 10% : Brittle Fracture (patah getas) lebih mendominasi |
| 2 |  | Patahan pada spesimen uji bending fraksi volume karet putih 20% : Brittle Fracture masih tampak dan mengarah Brush Type (patahan berbentuk sikat) |
| 3 |  | Patahan pada spesimen uji bending fraksi volume karet putih 30% : Brush Type |
| 4 |  | Patahan spesimen uji impak fraksi volume karet putih 10% : Masih mengarah patah getas |
| 6 |  | Patahan pada spesimen uji impak fraksi volume karet putih 20% : sudah mengarah patah ulet |
| 7 |  | Patahan pada spesimen uji impak fraksi volume karet putih 30% patah ulet |
| 8 |  | Pull out fiber : beberapa ujung dari serat akan muncul atau terlepas dari matriknya |
| 9 |  | Void (rongga-rongga kecil), terdapat pada hampir seluruh spesimen yang dibuat |
| 10 |  | Karet putih menghalangi ikatan antara epoxy-kenaf |

Gambar 4. Foto makro patahan hasil uji bending dan uji impak

Tampak banyak *void* (rongga-rongga kecil) dalam komposit, rongga-rongga ini terdapat pada hampir seluruh spesimen yang dibuat. Munculnya *void* dalam komposit disebabkan adanya udara yang terjebak saat penuangan resin kedalam cetakan dan tidak dapat dikeluarkan pada waktu penekanan. Disamping itu tampak bahwa karet putih dalam komposit menghalangi ikatan antara serat- matrik. Terdapatnya *void* dan karet putih yang menghalangi ikatan antara serat-matrik mempengaruhi hasil kekuatan mekanik pada masing-masing spesimen.

4. SIMPULAN

4.1 Simpulan.

Kekuatan tarik (*Tensile Strength*) komposit semakin menurun seiring dengan bertambahnya fraksi volume karet putih pada matrik, sedangkan regangan (*Elongation*) meningkat. Kekuatan bending komposit semakin menurun seiring dengan bertambahnya fraksi volume karet putih pada matrik. Walaupun terjadi penurunan kekuatan bending, penurunan yang dialami tidak signifikan. Kekuatan impak komposit semakin meningkat seiring dengan bertambahnya fraksi volume karet putih yang digunakan sebagai matrik. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan karet putih menghasilkan sifat ulet/ketangguhan dari bahan komposit.

4.2 Saran

Agar diperoleh informasi yang lebih signifikan tentang pengaruh karet putih pada komposit matrik epoxy berpenguat serat kenaf terhadap sifat mekanik, ada beberapa saran yang dapat disampaikan, sebagai berikut:

1. Menggunakan metode orientasi serat yang berbeda.
2. Menggunakan matrik yang berbeda.
3. Perlu dilakukan pengujian mikro.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jang, B., *Polymer Composites for Automotive Applications*, Advanced Polymer Composite, pen. ASM International, London, 1994.
- [2] S.B. Abdullah, dkk., "*Serat Ijuk Sebagai Pengganti Serat Gelas Dalam Pembuatan Komposit Fiberglass*", Laporan Penelitian Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Tahun 2000
- [3] Thomson, J.L., "*The Interface Region in Glass Fibre-Reinforced Epoxy Resin Composite: 2 Water Absorption, Void and The Interface*", Composite Vol. 26 No.7, 1995 Hal. 477-485.
- [4] Tsay, K.N., Toge, K., Kawada, H., "*Evaluating The Fracture Toughness of Glass Fiber/Epoxy Interface Using Slice Compression Test: Propagation Behavior of Interfacial Debonding*", Adv. Composite Mater., vol. 11, no. 1, pp. 1-9, 2002.