



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PERLAKUAN PERMUKAAN
MENGUNAKAN *SILANE COUPLING AGENT*
TERHADAP INTERAKSI ECENG GONDOK
DENGAN RESIN EPOKSI**

SKRIPSI

**ARINTA DIFANDRA
0806456386**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK 2011/2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PERLAKUAN PERMUKAAN
MENGUNAKAN *SILANE COUPLING AGENT*
TERHADAP INTERAKSI ECENG GONDOK
DENGAN RESIN EPOKSI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

**ARINTA DIFANDRA
0806456386**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK 2011/2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Arinta Difandra

NPM : 0806456386

Tanda tangan



Tanggal : 2 Januari 2012

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Arinta Difandra
Npm : 0806456386
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Pengaruh Perlakuan Permukaan Menggunakan *Silane Coupling Agent* Terhadap Interaksi Eceng Gondok dengan Resin Epoksi

Telah berhasil dipertahankan di depan dewan penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

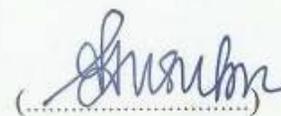
Pembimbing : Dr.Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng



Penguji 1 : Ir. Dijan Supramono, M.Sc



Penguji 2 : Dr. Ir. Praswasti PDK Wulan, M.T



Penguji 3 : Elsa K. Mulia, PhD



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 17 Januari 2012

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah membimbing penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Berkat penyertaan-Nya, penulis dapat menyelesaikan makalah skripsi dengan judul “ **Pengaruh Perlakuan Permukaan Menggunakan *Silane Coupling Agent* Terhadap Interaksi Eceng Gondok dengan Resin Epoksi** ” ini untuk memenuhi tugas skripsi, salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana Teknik Departemen Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr.Ir.Asep Handaya Saputra, M. Eng selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan seminar ini;
- (2) Dr.Ir.Nelson Saksono,M.Eng selaku dosen pembimbing akademik yang telah menyediakan waktu dan membantu kehidupan akademik perkuliahan selama ini;
- (3) Para dosen Departemen Teknik Kimia FTUI yang telah memberikan ilmu dan membagi wawasannya;
- (4) Ayah, Bunda, dan Fiando yang selalu memberi dukungan, doa, dan semangat untuk melakukan yang terbaik di setiap kesempatan;
- (5) Kety, Amanda, Dara, Cicilia, Vania, Dani yang selalu memberi perhatian, dukungan dan semangat, serta bantuannya dalam memberikan informasi dan berbagi pengalaman;
- (6) Semua teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu demi satu, yang selalu memberikan informasi dan bantuan doa;
- (7) Pak Darsono, Pak Ismadi, Mas Manto, Ka Ika, Mbak Faiz, Pak Dadang, Pak Akhmad yang telah membantu penulis dalam proses pengujian di BATAN Cinere, Biomaterial LIPI Cibinong, dan Balai Penelitian dan Pengembangan Bogor.

(8) Semua pihak yang telah membantu penyusunan makalah seminar ini secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam makalah skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat menyempurnakan skripsi ini dan melaksanakan perbaikan di masa yang akan datang. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan memberikan manfaat bagi dunia pendidikan dan ilmu pengetahuan. Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan seminar ini.

Depok, Desember 2011

Arinta Difandra

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arinta Difandra
Npm : 0806456386
Program Studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGARUH PERLAKUAN PERMUKAAN MENGGUNAKAN
SILANE COUPLING AGENT TERHADAP INTERAKSI ECENG GONDOK
DENGAN RESIN EPOKSI**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 17 Januari 2012

Yang menyatakan



(Arinta Difandra)

ABSTRAK

Nama : Arinta Difandra
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Pengaruh Perlakuan Permukaan Menggunakan *Silane Coupling Agent* Terhadap Interaksi Eceng Gondok dengan Resin Epoksi

Eceng gondok atau dikenal sebagai gulma perairan merupakan serat alam yang berpotensi sebagai bahan dasar komposit. Sifat mekanik yang tinggi dan ketersediaan yang melimpah dapat menjadi serat dalam komposit. Pada penelitian ini eceng gondok diberi perlakuan permukaan dengan *silane coupling agent* agar merekat pada resin epoksi. Eceng gondok kering ditekan dingin dan tekan panas dengan variasi suhu. Eceng gondok tekan panas suhu 110⁰C menaikkan kekuatan tarik (28,36 N/mm²). Perlakuan permukaan dengan perendaman *silane coupling agent* 5, 10, dan 15 menit meningkatkan sudut kontak dengan resin epoksi. Komposit eceng gondok tekan panas dengan perendaman 15 menit memiliki kekuatan *bending* yang tertinggi (20.524 N/mm²). Pada patahan komposit, hasil observasi SEM menunjukkan pengaruh penambahan *silane coupling agent* yang sangat signifikan.

Kata kunci : eceng gondok, komposit, penekanan panas, resin epoksi, *silane coupling agent*.

ABSTRACT

Name : Arinta Difandra
Study Program : Chemical Engineering
Title : The Effect of Surface Treatment With Silane Coupling Agent on Interaction Between Water Hyacinth and Epoxy Resin

Water hyacinth is an aquatic weed which has potential of natural fibre as raw material composite. High mechanical properties and availability are the reason water hyacinth can be natural fibre in composite. In this experiment, surface of water hyacinth treated by silane coupling agent for adhere with epoxy resin. Dry water hyacinth has cold pressed and hot pressed with temperature variation. Water hyacinth which has hot pressed with temperature 110°C increased the tensile strength ($28,36 \text{ N/mm}^2$). Surface treatment by using silane coupling agent immersion 5, 10, and 15 minutes increases the contact angle with epoxy resin. Composite which use water hyacinth by immersion 15 minutes had the highest bending strength (20.524 N/mm^2). On the fracture of composites, SEM observations showed the influence of the addition of silane coupling agent was very significant.

Keywords: water hyacinth, composites, hot press, epoxy resins, silane coupling agent.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR ..	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Eceng Gondok	5
2.1.1 Eceng Gondok sebagai Gulma Perairan	5
2.1.2 Karakteristik Eceng Gondok	6
2.1.3 Pemanfaatan Eceng Gondok	9
2.2 Serat Alam	10
2.3 Komposit	11
2.3.1 Penyusun Komposit	11
2.3.2 Jenis Komposit	12
2.3.3 Fabrikasi Komposit	13
2.4 Perlakuan Permukaan (<i>Surface Treatment</i>).....	16
2.5 <i>Coupling Agent</i>	17
2.5.1 Pengertian <i>Coupling Agent</i>	17
2.5.2 <i>Silane Coupling Agent</i>	18
2.5.3 Interaksi <i>Silane Coupling Agent</i> dengan Filler dan Matriks	19
2.6 Resin	21
2.6.1 Pengertian Resin	21
2.6.2 Resin Epoksi	22
2.7 Keterbasahan (<i>wettability</i>)	23
2.8 Uji Karakterisasi	24
2.8.1 Uji Morfologi	24
2.8.2 Uji Mekanis	25
2.8.2.1 <i>Three Point Bend Test</i>	25
2.8.2.2 Uji Tarik (<i>Tensile Test</i>)	26
BAB 3. METODE PENELITIAN	27
3.1 Diagram Alir Penelitian	27
3.2 Alat dan Bahan.....	28

3.3 Variabel Penelitian	30
3.4 Prosedur Penelitian.....	30
3.4.1 Tahap Pembersihan dan Pengeringan Eceng Gondok.....	30
3.4.2 Tahap Preparasi Eceng Gondok.....	31
3.4.3 Tahap Karakterisasi Eceng Gondok.....	32
3.4.4 Tahap Pemilihan Jenis Variasi Eceng Gondok.....	35
3.4.5 Tahap Pembuatan Komposit.....	35
3.4.6 Tahap Pengujian dengan <i>Three Point Bending Test</i>	37
3.4.7 Tahap Analisis Morfologi dengan SEM.....	38
3.4.8 Tahap Pengolahan Data.....	38
3.4.9 Tahap Analisis Pengaruh <i>Silane Coupling Agent</i> terhadap Daya Rekat Eceng Gondok dengan Resin Epoksi.....	38
3.5 Pelaksanaan Penelitian	39
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Proses Preparasi Eceng Gondok	40
4.2 Morfologi Eceng Gondok	44
4.3 Sifat Fisik Eceng Gondok	47
4.4 Sifat Mekanik Eceng Gondok	51
4.5 Sifat Mekanik Komposit Berbahan Dasar Eceng Gondok	52
4.6 Morfologi Patahan Komposit Eceng Gondok dengan Resin Epoksi ..	54
4.7 Analisis Interaksi Eceng Gondok dengan Resin Epoksi melalui Sudut Kontak, <i>Bending Strength</i> , dan Morfologi Patahan Komposit	58
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Tanaman Eceng Gondok.....	5
Tabel 2.2 Karakteristik Eceng Gondok.....	7
Tabel 2.3 Karakteristik Berbagai Serat Alam.....	11
Tabel 2.4 Sifat Fisik dan Mekanik dari Berbagai Resin	22
Tabel 3.1 Sifat Fisik Silquest A-187.....	33
Tabel 4.1 Sudut Kontak Eceng Gondok.....	46
Tabel 4.2 Sudut Kontak Eceng Gondok Tekan Panas dengan variasi Waktu Perendaman	48
Tabel 4.3 Sudut Kontak Eceng Gondok Tekan Panas pada Penampang Atas dan Bawah.....	50
Tabel 4.4 Kekuatan Tarik Eceng Gondok.....	51
Tabel 4.5 Kekuatan <i>Bending</i> Komposit Eceng Gondok dengan Resin Epoksi.....	52
Tabel 4.6 Karakteristik Eceng Gondok dengan dan Tanpa Perlakuan Permukaan menggunakan <i>Silane Coupling Agent</i>	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Eceng Gondok sebagai Gulma Perairan.....	6
Gambar 2.2 Eceng Gondok dilihat secara mikroskopis	7
Gambar 2.3 Diagram Alir Pengolahan Eceng Gondok.....	8
Gambar 2.4 Komponen Penyusun Material Komposit	12
Gambar 2.5 Proses <i>Hand Lay Up</i>	14
Gambar 2.6 Proses <i>Spray Up</i>	14
Gambar 2.7 Skema Proses <i>Pultrusion</i>	15
Gambar 2.8 Jenis – jenis perlakuan permukaan	16
Gambar 2.9 Perbedaan Komposit yang menggunakan <i>coupling agent</i> dengan yang tidak menggunakan <i>coupling agent</i>	18
Gambar 2.10 Gugus Fungsional Silane.....	18
Gambar 2.11 Struktur Molekul 3-Aminopolipropiltriethylsilane.....	19
Gambar 2.12 Struktur Molekul 3-Aminopropiltrimethylsilane.....	19
Gambar 2.13 Struktur Molekul (n-fenilamino)metiltrimetoksisilane	19
Gambar 2.14 Ikatan antara matriks, <i>silane coupling agent</i> dan <i>filler</i>	20
Gambar 2.15 Reaksi antara <i>Silane Coupling Agent</i> dengan matriks dan <i>filler</i>	20
Gambar 2.16 Struktur Molekul Resin epoksi	22
Gambar 2.17 Jenis pembasahan (<i>wetting</i>).....	23
Gambar 2.18 <i>Contact Anglemeter</i>	24
Gambar 2.19 Skema <i>Three Point Bending Test</i>	25
Gambar 2.20 Alat untuk Melakukan Uji Tarik.....	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.2 Cetakan, penggaris, sarung tangan, gunting, dan pengaduk	28
Gambar 3.3 <i>Hardener</i> , <i>Resin Epoksi</i> , dan <i>Silane Coupling Agent</i>	29
Gambar 3.4 <i>Release Agent</i>	29
Gambar 3.5 Eceng Gondok sebelum dipotong dan sesudah dipotong & dibersihkan.....	30
Gambar 3.6 Eceng Gondok yang sudah dikeringkan selama 5 hari	30
Gambar 3.7 Alat penekan dingin maupun panas	31
Gambar 3.8 Proses perendaman eceng gondok dengan <i>Silane Coupling Agent</i> ...	32

Gambar 3.9 Gamma-Glycidoxypropyltrimethoxysilane.....	32
Gambar 3.10 <i>Digital Microscope FC Rohs</i>	33
Gambar 3.11 Zeiss EVO 50.....	33
Gambar 3.12 <i>Universal Testing Machine</i>	34
Gambar 3.13 <i>Contact Anglemeter</i>	34
Gambar 3.14 Cetakan yang diberi <i>release agent</i>	35
Gambar 3.15 Pengadukan resin epoksi dengan <i>hardener</i>	35
Gambar 3.16 Resin dan hardener yang sudah diletakan dalam cetakan.....	36
Gambar 3.17 Komposit yang sudah kering dan sudah dipotong.....	37
Gambar 3.18 Komposit yang sedang diuji bending.....	38
Gambar 3.19 Patahan komposit dimasukan ke dalam SEM.....	38
Gambar 4.1 Mesin penekan.....	41
Gambar 4.2 Eceng gondok (a) tanpa ditekan, (b) tekan dingin, (c) tekan panas... 42	42
Gambar 4.3 Eceng gondok dicelupkan dalam larutan silane.....	43
Gambar 4.4 (a) Permukaan luar (b) bagian dalam eceng gondok tanpa penekanan dengan mikroskop optik dan SEM.....	44
Gambar 4.5 Permukaan luar eceng gondok dengan penekanan dingin (<i>cold press</i>) melalui mikroskop optik (a) dan mikroskop electron (b) perbesaran 100X.....	45
Gambar 4.6 Permukaan eceng gondok dengan penekanan panas (<i>hot press</i>) (a) melalui mikroskop optik dan (b) mikroskop electron dengan perbesaran 100X... 46	46
Gambar 4.7 Permukaan eceng gondok dengan penekanan panas (<i>hot press</i>) (a) melalui mikroskop optik dan mikroskop elektron dengan perendaman silane selama 5 menit (b), (c) 10 menit, (d) 15 menit dengan perbesaran 100X.....	47
Gambar 4.8 Hubungan Waktu Perendaman Eceng Gondok dalam <i>Silane Coupling Agent</i> Terhadap Sudut Kontak dengan Resin Epoksi.....	50
Gambar 4.9 Kekuatan Tarik Eceng Gondok Tanpa Penekanan, Tekan Dingin, dan Tekan Panas.....	51
Gambar 4.10 <i>Diglycidyl ether</i> dari bisphenol A (DGEBA).....	53
Gambar 4.11 Kekuatan <i>Bending</i> Komposit Eceng Gondok dengan Resin Epoksi.....	54
Gambar 4.12 Patahan komposit dengan eceng gondok dengan perendaman silane 5 menit dilihat secara makroskopik (a), dan mikroskopik (b) dengan perbesaran 100X.....	55

Gambar 4.13 Patahan komposit dengan eceng gondok dengan perendaman silane 5 menit dilihat secara makroskopik (a), dan mikroskopik (b) dengan perbesaran 100X.....	56
Gambar 4.14 Patahan komposit dengan eceng gondok dengan perendaman silane 10 menit dilihat secara makroskopik (a), dan mikroskopik (b) dengan perbesaran 100X.....	57
Gambar 4.15 Patahan komposit dengan eceng gondok dengan perendaman silane 15 menit dilihat secara makroskopik bagian penampang atas (a), penampang melintang (b), penampang melintang secara mikroskopik (c) dengan perbesaran 100X.....	58
Gambar 4.16 Patahan komposit dengan eceng gondok tanpa perendaman silane (satu lapis) dilihat secara makroskopik bagian penampang atas (a), penampang melintang (b), penampang melintang secara mikroskopik (c) dengan perbesaran 100X.....	59
Gambar 4.17 Patahan komposit dengan eceng gondok dengan perendaman silane 15 menit (satu lapis) dilihat secara makroskopik bagian penampang atas (a), penampang melintang (b), penampang melintang secara mikroskopik (c) dengan perbesaran 100X.....	60
Gambar 4.18 Patahan komposit dengan eceng gondok (1 lapis) secara mikroskopik dengan perbesaran 100 X (a) tanpa perendaman silane dan (b) dengan perendaman silane 15 menit.....	62
Gambar 4.19 Ilustrasi patahan komposit secara makroskopik (a) tanpa perlakuan permukaan, (b) dengan perlakuan permukaan dan secara mikroskopik (c) tanpa perlakuan permukaan, (d) dengan perlakuan permukaan.....	63
Gambar 4.20 Tahap hidrolisis <i>silane coupling agent</i>	64
Gambar 4.21 Tahap kondensasi <i>silane coupling agent</i>	65
Gambar 4.22 Ikatan Hidrogen antara <i>silane coupling agent</i> dengan substrat.....	65
Gambar 4.23 Ikatan <i>Silane Coupling Agent</i> dengan Serat Alam.....	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengamatan Eceng Gondok secara Mikroskopik dengan SEM.....	72
Lampiran 2. Kekuatan Tarik Serat Eceng Gondok pada suhu 90 ⁰ C.....	73
Lampiran 3. Kekuatan Tarik Serat Eceng Gondok pada suhu 130 ⁰ C.....	73
Lampiran 4. Kekuatan Tarik Serat Eceng Gondok pada suhu 150 ⁰ C.....	74
Lampiran 5. Kekuatan Tarik Serat Eceng Gondok pada suhu 180 ⁰ C.....	74
Lampiran 6. Hasil Pengamatan Patahan Komposit secara Mikroskopik dengan SEM.....	75
Lampiran 7. Hasil Pengamatan Patahan Komposit (1lapis) secara Mikroskopik dengan SEM.....	76

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan jaman, pemanfaatan di bidang material komposit pun semakin berkembang. Hal ini ditandai dengan penggunaan bahan komposit yang beragam dalam sektor industri maupun dalam sektor rumahan. Namun di era globalisasi ini, bahan dasar yang ramah lingkungan amat diperlukan untuk menunjang aspek lingkungan. Oleh karena itu mulai digunakan bahan dasar komposit berupa serat alam. Hal ini didasari sifat serat alam yang ramah lingkungan dan ketersediaan yang melimpah namun memiliki sifat yang sama bahkan lebih dibanding serat sintesis.

Eceng gondok merupakan salah satu serat alam yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan dasar komposit. Awalnya eceng gondok dianggap sebagai gulma perairan karena menyebabkan kerusakan di daerah sekitar pertanian, pendangkalan perairan yang semakin cepat dan menyulitkan transportasi di sekitar perairan tersebut. Berbagai upaya telah dilakukan untuk memberantas tanaman gulma air ini, namun tidak pernah berhasil karena tingkat pertumbuhan tanaman ini lebih cepat dari pembuangannya (Koes, 2010). Namun sifatnya yang kuat serta kandungannya yang terdiri atas selulosa, lignin, dan hemiselulosa berpotensi menjadi serat alam yang dapat digunakan sebagai penguat dalam komposit.

Dalam memaksimalkan potensi serat eceng gondok, diperlukan preparasi serat yang baik untuk meningkatkan sifat fisik maupun sifat mekanis dari serat eceng gondok. Proses yang dilakukan dapat berupa penekanan seperti *cold press* dan *hot press* dengan variasi suhu maupun lamanya penekanan. Selain itu dapat ditambahkan senyawa seperti *silane coupling agent* yang dapat mengikatkan filler dengan matriks di dalam komposit. Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa pengaruh *silane coupling agent* dapat meningkatkan kekuatan dari komposit karena dapat menstabilkan ikatan antara dua atau lebih yang seharusnya tidak dapat berikatan diantara permukaan. Sehingga daya rekat antara eceng gondok

dengan resin epoksi dapat meningkat melalui penambahan *silane coupling agent* dan dapat meningkatkan kekuatan dari komposit yang dihasilkan.

Beberapa penelitian pernah dilakukan dalam mengolah eceng gondok. Awalnya eceng gondok digunakan secara tradisional di bidang kesehatan untuk dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan obat kulit (2008). Selain itu di daerah Jawa Tengah dan Jawa Barat, eceng gondok dijadikan sebagai material dasar dalam pembuatan kerajinan – kerajinan tangan (Koes 2010). Namun seiring perkembangan jaman, eceng gondok mulai digunakan untuk pembuatan etanol agar dapat menjadi bahan bakar pengganti (Masami 2008). Karena sifat mekanik maupun fisik yang kuat, eceng gondok juga dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan material komposit (Potiyaraj 2001). Selain itu sudah terdapat variasi pembuatan komposit melalui perlakuan permukaan dengan *coupling agent* berjenis isosianat dengan resin polietilen (Supri 2009). Namun belum terdapat penelitian yang menggunakan kombinasi penekanan (*cold press* dan *hot press*) serta penambahan senyawa *silane coupling agent* agar didapat material komposit yang memiliki karakteristik yang lebih baik dari sebelumnya.

Dalam penelitian ini akan digunakan eceng gondok yang dipreparasi terlebih dahulu dengan proses penekanan (*cold press* maupun *hot press*). Selain itu eceng gondok akan mengalami perlakuan permukaan (*surface treatment*) melalui penambahan *silane coupling agent* dan direkatkan dengan resin epoksi. Dengan variasi konsentrasi dan jenis *silane coupling agent* dapat dilihat ketahanan dari struktur komposit melalui *three bending test*. Penelitian ini akan menghasilkan komposit berbahan dasar eceng gondok yang memiliki sifat kekuatan yang tinggi melalui penggunaan *silane coupling agent* dan resin epoksi. Sehingga didapat komposit yang memiliki sifat mekanik dan fisik yang sesuai standard untuk diaplikasikan di dalam berbagai keperluan. Tentunya dengan adanya komposit yang memiliki kekuatan yang tinggi serta memenuhi standard maka dapat menjadi peluang untuk menciptakan inovasi terbaru. Selain itu dapat menghemat penggunaan sumber daya alam, mengurangi impor, mengurangi devisa negara, dan tentunya meningkatkan kesejahteraan bangsa.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dibahas dapat dirumuskan sebagai berikut :

- Bagaimana karakteristik eceng gondok dan seberapa besar potensi untuk digunakan sebagai bahan dasar pembuatan komposit.
- Seberapa besar pengaruh penekanan (*cold press* dan *hot press*) di dalam sifat mekanik maupun fisik dari serat eceng gondok.
- Bagaimana pengaruh *silane coupling agent* di dalam interaksi antara eceng gondok dengan resin epoksi .

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah :

- Mengetahui karakteristik eceng gondok (morfologi, sifat fisik, dan sifat mekanik).
- Menganalisis pengaruh penekanan terhadap sifat fisik dan mekanik eceng gondok.
- Menganalisis pengaruh *silane coupling agent* dalam interaksi eceng gondok dengan resin epoksi.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan :

1. Eceng gondok yang digunakan merupakan eceng gondok kolam yang berada di sekitar Jabodetabek.
2. Penekanan yang dilakukan berupa *cold press* dan *hot press* dengan beban 10 ton.
3. Resin yang digunakan ialah resin epoksi berbasis bisphenol A.
4. *Coupling agent* yang digunakan ialah *silane coupling agent*.
5. Analisis morfologi untuk melihat permukaan dan hasil interaksi dari eceng gondok dengan resin epoksi, dilakukan pengamatan dengan mikroskop elektron (SEM).
6. Pengujian sifat mekanik eceng gondok maupun komposit dilakukan dengan *three point bending test* dan uji tarik.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan seminar ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tinjauan pustaka yang membahas tentang eceng gondok, serat alam, komposit, perlakuan permukaan, *coupling agent*, keterbasahan, resin, uji morfologi dan uji mekanik.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Berisi tentang diagram alir penelitian, variabel penelitian, alat dan bahan, serta prosedur penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil penelitian dan analisis terhadap hasil penelitian.

BAB 5 KESIMPULAN

Berisi tentang kesimpulan penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Eceng Gondok

2.1.1 Eceng Gondok sebagai Gulma Perairan

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan tanaman gulma yang berkembang di wilayah perairan terapung pada air. Eceng gondok berkembangbiak dengan sangat cepat, baik secara vegetatif maupun generatif. Perkembangbiakan dengan cara vegetatif dapat melipat ganda dua kali dalam waktu 7-10 hari.

Hasil penelitian Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Sumatera Utara di Danau Toba pada tahun 2003 melaporkan bahwa satu batang eceng gondok dalam waktu 52 hari mampu berkembang seluas 1 m², atau dalam waktu 1 tahun mampu menutup area seluas 7 m². Dalam waktu 6 bulan pertumbuhan eceng gondok pada areal 1 ha dapat mencapai bobot basah sebesar 125 ton . Berikut spesifikasi tanaman eceng gondok yang ditunjukkan oleh tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Spesifikasi Tanaman Eceng Gondok (Foundation, 2004)

Latin Name	Eichornia crassipes
Kingdom	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Class	Liliopsida
Order	Liliades
Family	Potederiaceae <i>Eichornia crassipes</i> Martius Solms.
Common Name	Water hyacinth, Kafue weed

Perkembangbiakan eceng gondok yang amat cepat menyebabkan tanaman eceng gondok telah berubah menjadi tanaman gulma di beberapa wilayah perairan di Indonesia. Eceng gondok dapat menyebabkan kerusakan keramba budidaya ikan akar dan batang tanamannya juga tak jarang menyulitkan laju perahu nelayan yang hendak menjaring ikan. Eceng gondok juga salah satu penyebab berkurangnya volume air dan penyebab pendangkalan danau semakin cepat, hal ini disebabkan ia menyerap air sangat banyak.



Gambar 2.1 Eceng Gondok sebagai gulma perairan

Gambar 2.1 menunjukkan eceng gondok yang menutupi sebagian besar perairan. Karena sifatnya yang mudah berkembang, berbagai upaya telah dilakukan. Namun usaha untuk memberantas tanaman gulma air ini tidak efektif karena tingkat pertumbuhan tanaman ini lebih cepat dari pembuangannya (Koes, 2010). Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut agar dapat dimanfaatkan secara optimal.

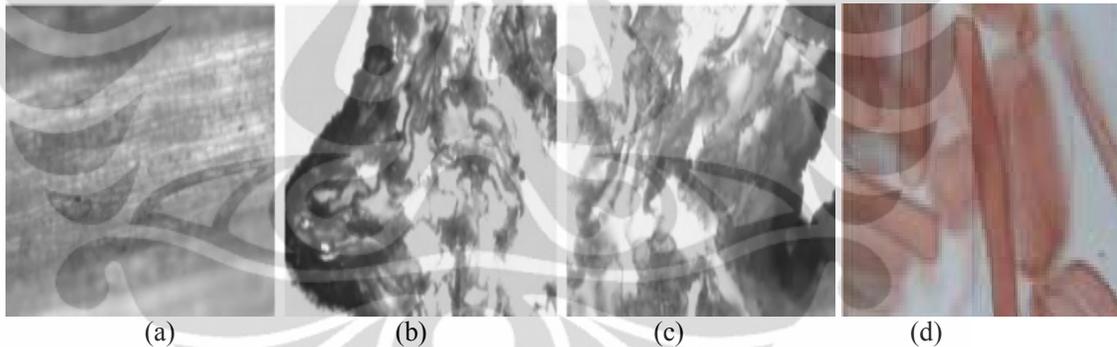
2.1.2 Karakteristik Eceng Gondok

Serat eceng gondok merupakan salah satu material *natural fibre* alternatif dalam pembuatan komposit. Serat eceng gondok sekarang banyak digunakan dalam industri-industri mebel dan kerajinan rumah tangga karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*). Oleh karena itu jika dimanfaatkan menjadi bahan pembuatan komposit dapat mengatasi permasalahan lingkungan, serta tidak membahayakan kesehatan (Purboputro, 2006). Dari segi ketersediaan bahan baku serat alam, Indonesia memiliki bahan baku yang cukup melimpah. Hal ini ditandai dengan produksi serat eceng gondok kering sebanyak 268.800 ton per tahun.

Tabel 2.2 Karakteristik Eceng Gondok (Gani, 2002)

Massa jenis (g/cm^3)	0.25
Kehalusan (<i>Fineness</i>) (μ)	35
Porositas (%)	69.6 – 74.1
Sifat putih (<i>Whiteness</i>) (%)	22.2
Kekuatan tarik (<i>Tensile strength</i>) (MPa)	18 - 33

Eceng gondok terdiri atas 12% lignin, 20% hemiselulosa, dan 65.2 % selulosa (Gani, 2002). Karakteristik dari eceng gondok dapat dilihat dalam tabel 2.2. Eceng gondok memiliki massa jenis yang ringan, kehalusan dan sifat putih yang baik. Sedangkan untuk *tensile strength* (kekuatan tarik) dan *breaking tenacity* (ketahanan patah) yang cukup tinggi. Dari karakteristik tersebut, eceng gondok berpotensi menjadi serat dalam komposit karena memiliki sifat mekanik yang lebih tinggi dibanding serat alam lainnya.

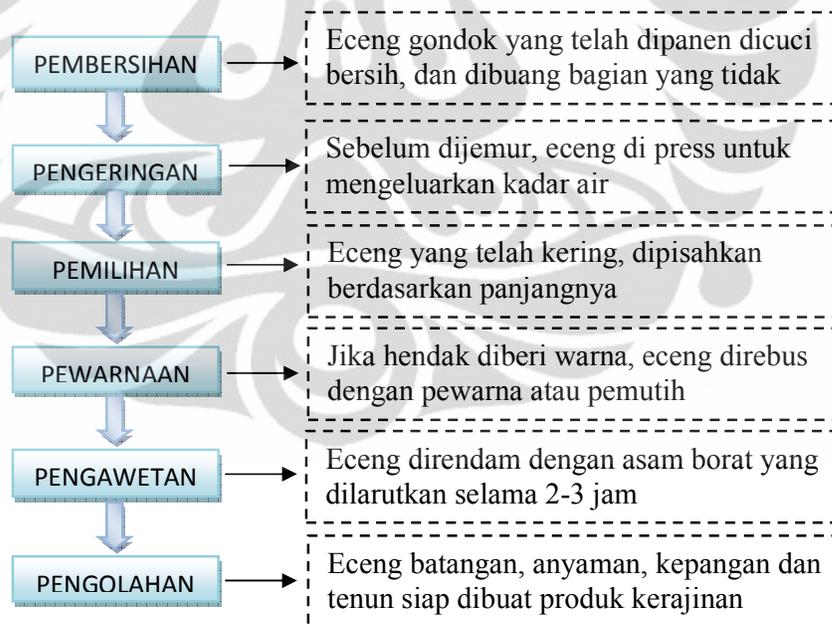


Gambar 2.2 Eceng Gondok dilihat secara mikroskopis pada bagian (a) permukaan, (b) bagian melintang dengan perbesaran 4X, (c) bagian melintang dengan perbesaran 40X, (d) sel (Methacanona, 2010)

Terdapat tiga jenis eceng gondok yang berada di Indonesia yaitu eceng gondok sungai, eceng gondok rawa dan eceng gondok kolam. Masing – masing eceng gondok memiliki karakteristik yang berbeda – beda. Namun yang paling memiliki potensi pemanfaatan yang baik ialah eceng gondok rawa. Eceng gondok rawa memiliki serat yang relative kuat sehingga tidak mudah putus saat diproses menjadi serat eceng gondok (Koes, 2010). Secara umum, eceng gondok di pulau Jawa mempunyai spesifikasi tertentu seperti dibawah ini :

1. Cirebon : pendek, tipis, lebih gelap warnanya. Jenis ini kurang bagus jika digunakan untuk *basketry*.
2. Jawa Timur : panjang, tipis, lebih terang warnanya. Jenis ini baik digunakan untuk peralatan yang warnanya terang, handicraft, dan *basketry*.
3. Ambarawa (Semarang) : agak panjang tapi tidak sepanjang yang dari Jawa Timur, tebal, warnanya variatif tergantung kondisi cuaca di daerah setempat contoh pada musim hujan akan berwarna hati sedangkan pada musim hujan berwarna lebih hitam.

Kandungan air dari eceng gondok bernilai 90% dari massa total. Karena kandungan air yang banyak, dilakukan proses pengolahan agar mudah dimanfaatkan. Proses pengolahan eceng gondok umumnya direndam dahulu dengan asam borat dengan perbandingan 30gram : 1 liter air agar lebih tahan lama. Setelah itu dilakukan pemutihan dengan H_2O_2 sehingga dapat diberi warna. Berikut ini chart cara pemrosesan eceng gondok sebagai berikut :



Gambar 2.3 Diagram Alir Pengolahan Eceng Gondok (Koes, 2010)

Gambar 2.3 menunjukkan proses pengolahan eceng gondok. Eceng gondok setelah dibersihkan, dijemur sampai benar-benar kering. Biasanya pengeringan (penjemuran) memakan waktu satu minggu. Eceng gondok yang telah kering

kemudian disortir berdasarkan warna dan panjangnya. Setelah penyortiran, eceng gondok kering direndam dalam larutan *hydrogen peroksida* (H_2O_2) selama kurang lebih setengah hari (enam jam). Hal ini bertujuan agar eceng gondok kering agar lebih bersih, juga menghilangkan jamur/cendawan yang menempel juga menghilangkan flek-flek yang menempel.

Setelah proses perendaman selama enam jam, eceng gondok dijemur lagi hingga tiga hari untuk kemudian dibelah menjadi lembaran-lembaran dengan ukuran variatif (sesuai dengan tujuan pembuatan dan jenis produk kerajinan) agar mudah dianyam. Lembaran-lembaran yang dihasilkan masih perlu dipress untuk memimpihkan sesuai dengan ketebalan yang diinginkan. Setelah menjadi lembaran tinggal dibuat menjadi produk kerajinan tergantung atau berdasarkan pola yang telah disiapkan. Biasanya lembaran-lembaran tersebut dipakai untuk anyaman atau kepanan. Setelah proses pembuatan bagian-bagian yang dibutuhkan selesai, kini perlu proses perakitan. Untuk itu diperlukan lem kayu atau lem perekat yang diperuntukkan untuk jenis kayu. Setelah perakitan selesai, maka tinggal finishing. Finishing berupa pemberian impra dan penyemprotan melamin. Hal ini dilakukan agar produk yang dihasilkan menjadi kaku, awet, mengkilap dan tentu saja tampak lebih menarik.

2.1.2 Pemanfaatan Eceng Gondok

Dalam upaya pengurangan gulma perairan maupun pemanfaatan eceng gondok secara maksimal, beberapa upaya telah dilakukan dengan pengolahan lebih lanjut untuk diaplikasikan menjadi :

- Bahan pengobatan di bidang medikal
Di daerah Jawa Tengah, eceng gondok dapat digunakan untuk menyembuhkan luka di sekitar kulit.
- Bahan baku pembuatan etanol
Eceng gondok dapat dihidrolisis maupun difermentasi terlebih dahulu untuk dapat menghasilkan bioetanol (Masami, 2008). Hal ini merupakan inovasi untuk menciptakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.
- Bahan dasar dalam pembuatan material komposit

Sifat dari eceng gondok yang kuat dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan komposit. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan material komposit dari eceng gondok. Namun secara umum belum terdapat variasi dengan penekanan maupun penambahan *silane coupling agent*.

2.2 Serat Alam

Serat alam merupakan material yang terdiri atas filamen – filamen dan berasal dari tumbuhan. Serat alam dapat berupa kayu, jerami gandum, daun pisang, sekam padi, jerami padi, dan lain – lain. Serat alam digunakan sebagai penguat dalam komposit. Penggunaan serat alam didasarkan pada beberapa keuntungan yang didapat dibanding penggunaan serat sintetik antara lain (Taj, 2007) :

- Ketersediaan yang melimpah.
- Harga yang relatif murah.
- Sifat mekanis maupun sifat fisik yang lebih baik dibanding serat sintetik.
- Mudah terdegradasi.
- Tidak berbahaya.

Komposisi dari serat alam berbeda – beda tergantung dari jenisnya. Namun secara umum komposisi utamanya ialah selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Bledzki, 1999). Kandungan hemiselulosa menyebabkan sifat yang *biodegradable* dan mikroabsorpsi. Sedangkan kandungan lignin menyebabkan serat alam bersifat stabil namun mudah terdegradasi jika terkena sinar UV. Sedangkan sifat mekanik dari serat alam tergantung pada kandungan masing – masing penyusun serat alam. Namun umumnya lebih rendah dibanding serat sintetik. Oleh karena itu serat alam lebih menguntungkan jika terlebih dahulu diproses menjadi komposit.

Serat alam dapat dikategorikan menjadi beberapa bagian tergantung pada darimana serat tersebut didapatkan (Rijswijk, 2001). Berikut merupakan jenis – jenisnya :

- Serat dari buah – buahan.

Sifat dari jenis serat ini berwarna cerah dan bersifat ringan.

- Serat yang berasal dari kulit pohon.

Jenis serat ini didapatkan dari tumbuhan yang bersifat kuat dan biasanya batang pada tumbuhan tersebut amat panjang.

- Serat yang berasal dari daun atau bagian lain dari tumbuhan tersebut. Umumnya jenis serat ini yang digunakan dalam pembuatan serat alam.

Berikut merupakan karakteristik dari berbagai serat alam :

Tabel 2.3 Karakteristik Berbagai Serat Alam (Rijswijk, 2001)

Property	Glass	Flax	Hemp	Jute	Ramie	Coir	Sisal	Cotton
Density [g/cm ³]	2.55	1.4	1.48	1.46	1.5	1.25	1.33	1.51
Tensile strength [N/mm ²]	2400	800-1500	550-900	400-800	500	220	600-700	400
Stiffness [kN/mm ²]	73	60-80	70	10-30	44	6	38	12
Elongation at break [%]	3	1.2-1.6	1.6	1.8	2	15-25	2-3	3-10
Moist absorption [%]	-	7	8	12	12-17	10	11	8-25
Price of raw fibre [\$/kg]	1.3	0.5-1.5	0.6-1.8	0.35	1.5-2.5	0.25-0.5	0.6-0.7	1.5-2.2

Pada tabel 2.3 menunjukkan berbagai serat alam yang umum digunakan sebagai penguat dalam pembentukan komposit. Serat – serat alam tersebut memiliki sifat fisik maupun mekanis yang berbeda tergantung pada kandungan masing – masing serat alam. Namun secara umum pemilihan serat alam dipengaruhi oleh ketersediaan, harga, maupun sifat fisik dan mekanis yang menunjang untuk dijadikan sebagai komposit.

2.3 Komposit

2.3.1 Penyusun Komposit

Komposit merupakan perpaduan dari dua material atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda menjadi suatu material baru yang memiliki sifat fisik ataupun mekanis yang lebih baik dari keduanya (Zulfia, 2010). Jika perpaduan ini terjadi dalam skala makroskopis maka disebut sebagai komposit. Sedangkan jika

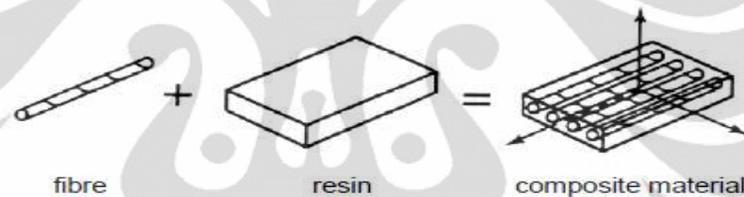
perpaduan ini terjadi secara mikroskopis (*molekular level*) maka disebut sebagai alloy atau paduan. Komposit terdiri atas:

- *reinforcement* (penguat)

Umumnya *reinforcement* berupa fiber, logam, atau serat. Penguat mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih *rigid* serta lebih kuat (Hardianto, 2010).

- matriks (pengisi)

Sedangkan matriks (pengisi) merupakan bahan yang menjaga *reinforcement* berada di tempatnya, mengendalikan sifat elektrik dan kimia dari komposit. Fungsi lainnya ialah melindungi serat dari efek lingkungan dan kerusakan serta mempengaruhi penampilan dari suatu material komposit. Biasanya bahan yang digunakan sebagai matriks ialah logam, keramik, dan polimer. Jika digunakan resin maka kekuatan *rigid* akan lebih rendah namun lebih *ductile*.



Gambar 2.4 Komponen Penyusun Material Komposit (Rijswijk, 2001)

Gambar 2.4 merupakan ilustrasi penyusun komposit yaitu serat sebagai penguat sedangkan resin sebagai komposit. Dari serat dan resin akan dihasilkan material komposit dengan sifat fisik maupun sifat mekanis yang berbeda dari penyusunnya. Dalam penelitian ini serat yang digunakan merupakan serat yang berasal dari eceng gondok yang mengalami perlakuan permukaan dengan *silane coupling agent*. Sedangkan resin yang digunakan merupakan resin epoksi.

2.3.2 Jenis Komposit

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu :

1. *Fibrous Composites* (Komposit Serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat / fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa glass fibers, carbon

fibers, aramid fibers (poly aramide), dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.

2. *Laminated Composites* (Komposit Laminat) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
3. *Particulate Composites* (Komposit Partikel) merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Secara umum, sifat-sifat komposit ditentukan oleh (Abral, 2011) :

1. Sifat-sifat serat
2. Sifat-sifat resin
3. Rasio serat terhadap resin dalam komposit (Fraksi Volume Serat)
4. Geometri dan orientasi serat pada komposit

2.3.3 Fabrikasi Komposit

Proses yang sering digunakan dalam pembuatan komposit terbagi menjadi beberapa jenis yaitu :

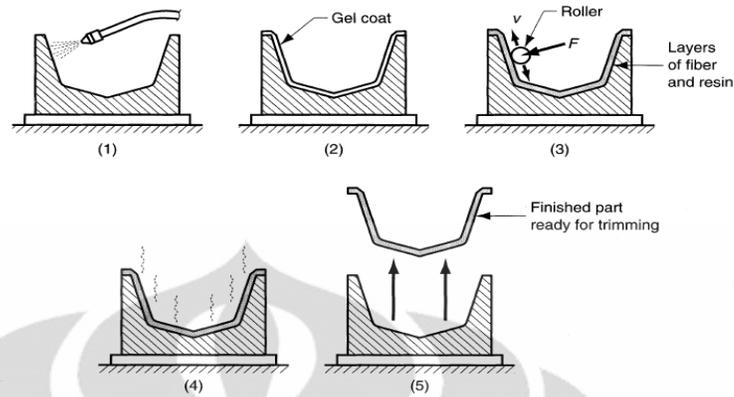
a. Proses Pencetakan Terbuka (*Open-Mold Processes*)

Terdapat beberapa metode cetakan terbuka untuk membuat material komposit plastik yang diperkuat serat yaitu :

- Proses *Hand Lay-Up*

Hand Lay-Up adalah proses pabrikan dari material komposit dengan menggunakan cairan resin yang telah diberikan katalis dan kemudian dilakukan diatas penguat yang telah diletakkan pada cetakan. Ilustrasi proses dapat diketahui dalam gambar 2.5.

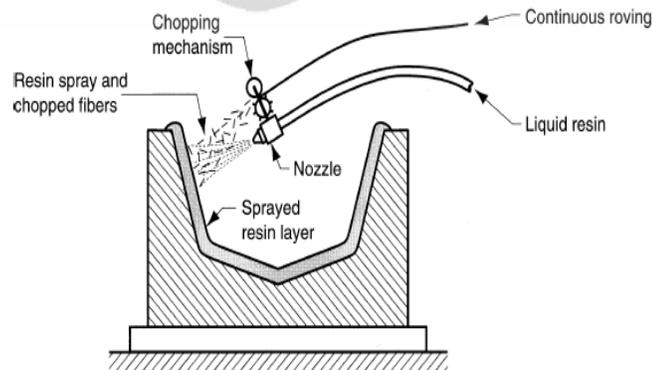
Proses hand lay-up relatif mudah dilakukan serta biaya yang diperlukan relatif rendah.



Gambar 2.5 Proses *Hand Lay Up* (Akovali, 2001)

- Proses *spray up*

Merupakan metode penyemprotan untuk membuat cangkang material komposit plastik yang diperkuat oleh serat. Proses ini mirip dengan metode pelapisan dengan tangan dan dapat digunakan untuk membuat lambung kapal, bak mandi, dan bentuk lain yang berukuran sedang dan besar. Dalam proses ini bila *fiberglass* digunakan, anyaman serat kontinu diumpungkan melalui kombinasi antara pemotong dan *spray gun* seperti pada gambar 2.6 yang terus menerus mendeposit potongan anyaman serat dan resin yang dikatalis menjadi keras dalam cetakan. Lapisan yang terdeposit ditingkatkan densitasnya dengan sebuah roller atau penyapu untuk menghilangkan udara dan menjamin resin meresap dalam serat penguat.



Gambar 2.6 Proses *Spray Up* (Akovali, 2001)

b. Proses pencetakan tertutup (*Close-Mold Processes*)

Terdapat beberapa metode cetakan tertutup untuk membuat material komposit plastik yang diperkuat serat yaitu :

- *Injection Molding*

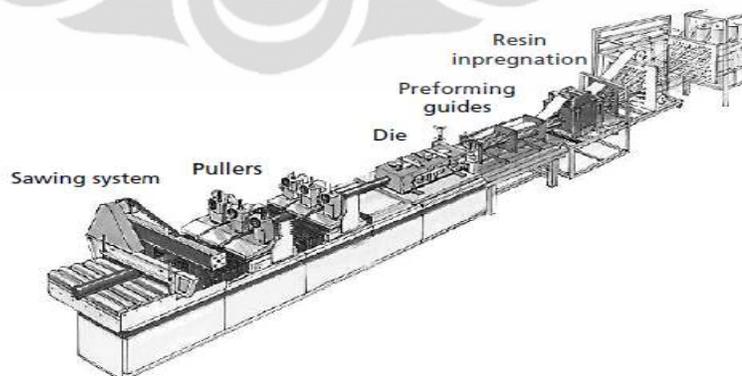
Proses yang terjadi ialah serat yang diresapi resin plastik dimasukan dalam pengumpan dan dialirkan ke dalam sekrup yang berputar sehingga resin plastik mencair dalam perjalanan dalam sekrup. Sekrup sebagai *plunger* mendorong ke depan resin dan serat untuk mengisi cetakan yang kosong. Sekrup ditarik dan komposit yang telah jadi ditarik.

- *Compression Molding*

Merupakan proses pencetakan melalui penekanan pada umpan sehingga produk yang dihasilkan memiliki bentuk yang diinginkan.

- *Pultrusion*

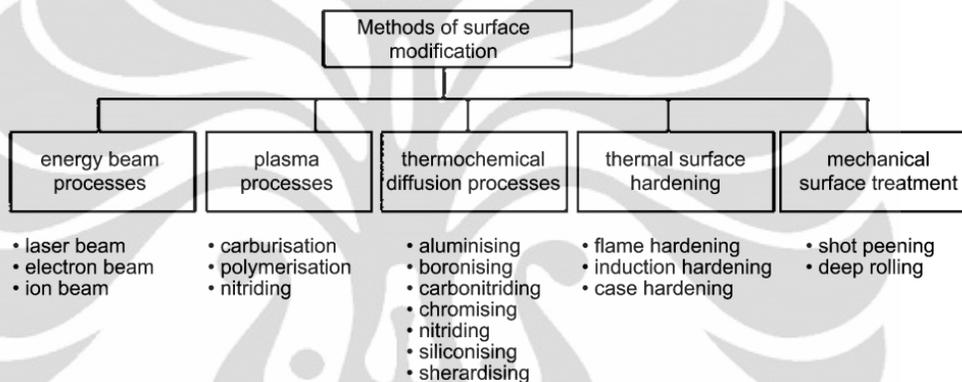
Proses yang terjadi dapat dilihat dalam gambar 2.7 dimana serat diserapi resin yang diumpankan ke dalam cetakan panas dan kemudian ditarik keluar dengan perlahan sebagai material komposit yang telah dikeraskan dengan bentuk penampang yang tetap. Produk memiliki kekuatan yang sangat tinggi karena memiliki konsentrasi serat yang tinggi dan paralel terhadap arah penarikannya.



Gambar 2.7 Skema Proses *Pultrusion* (Akovali, 2001)

2.4 Perlakuan Permukaan (*Surface Treatment*)

Perlakuan permukaan merupakan proses dimana permukaan suatu material diubah sedemikian rupa agar memiliki sifat yang lebih baik dibanding sebelumnya. Secara umum, perlakuan permukaan dilakukan agar material tersebut tahan terhadap korosi, lebih mudah digunakan, memiliki aspek dekoratif yang lebih baik, dapat berikatan dengan senyawa lainnya. Perlakuan permukaan dapat dilakukan dengan banyak cara. Berikut merupakan jenis – jenis perlakuan permukaan :



Gambar 2.8 Jenis – jenis perlakuan permukaan (Tillmann, 2003)

Gambar 2.8 menunjukkan beberapa metode dalam proses perlakuan permukaan. Umumnya proses perlakuan permukaan menggunakan proses pelapisan (*coating*) untuk memodifikasi permukaan material. Bahan pelapis akan melindungi permukaan material dan berikatan dengan permukaan material tersebut. Proses perlakuan permukaan dipengaruhi oleh :

- Kombinasi material yang digunakan.
- Tipe dari area *interface*.
- Struktur secara mikroskopik dari material.
- Kondisi proses.
- Substrat yang digunakan.

Sebelum dilakukan proses perlakuan permukaan, permukaan material terlebih dahulu dipreparasi. Proses preparasi dilakukan untuk menghilangkan minyak dan kotoran – kotoran yang menempel. Biasanya digunakan zat sebagai deterjen seperti hidrokarbon, alkohol, dan keton (ChemQuest, 2009).

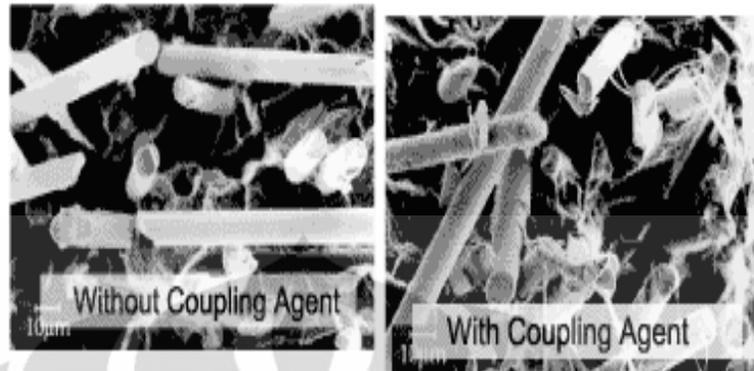
Perlakuan permukaan secara mekanik menggunakan gaya mekanik untuk mengubah permukaan material seperti *sandblasting*, *tumbling*, dan *abrading*. Proses secara mekanik terkadang membuat material tersebut mudah terkontaminasi dengan senyawa lain. Oleh karena itu perlu diperbaharui secara berkala. Sedangkan perlakuan permukaan secara kimiawi melibatkan senyawa tertentu untuk mengubah permukaan agar dapat berikatan dengan senyawa lain. Senyawa yang digunakan berupa *coupling agent*. Metode ini relatif mudah diaplikasikan dan menunjukkan hasil yang cukup signifikan. Perlakuan permukaan secara fisik melibatkan plasma, sinar korona, maupun pijar. Material akan terpapar oleh plasma atau sinar lain sehingga dalam waktu yang singkat akan mengubah ikatan yang terdapat di material tersebut.

2.5 *Coupling Agent*

2.5.1 Pengertian *Coupling Agent*

Coupling agent merupakan polimer yang merekatkan inorganik *filler* dengan polimer matriks. Biasanya digunakan untuk menstabilkan ikatan antara dua atau lebih yang seharusnya tidak dapat berikatan diantara permukaan. *Coupling agent* digunakan untuk menghasilkan kekuatan komposit yang baik dan jangka waktu pemakaian yang lebih lama (Knight, 2011).

Mekanisme dari *coupling agent* ialah mengurangi pemanjangan saat keretakan, menyebabkan *filler* memiliki fleksibilitas dan kekerasan yang amat tinggi. Biasanya *filler* pada umumnya kurang cocok pada polimer karena sifatnya yang berbeda dengan polimer sehingga cenderung menolak polimer. Dengan adanya *coupling agent* maka mengurangi penolakan antara polimer dengan *filler*. Sehingga *filler* akan lebih merekat dengan matriks polimer dan menghasilkan sifat yang baru dari campuran akhir.



Gambar 2.9 Perbedaan Komposit yang menggunakan *coupling agent* dengan yang tidak menggunakan *coupling agent* (Knight, 2011)

Gambar 2.9 menunjukkan hasil pengamatan melalui SEM dimana terdapat perbedaan antara komposit tanpa menggunakan *coupling agent* dengan menggunakan *coupling agent*. Dari pengamatan tersebut, interaksi antara serat dengan polimer tanpa menggunakan *coupling agent* cenderung rendah. Hal ini ditunjukkan pada serat dan polimer yang tidak berikatan. Sedangkan jika menggunakan *coupling agent*, ikatan antara serat dengan polimer saling berikatan dan berinteraksi satu sama lain.

2.5.2 *Silane Coupling Agent*

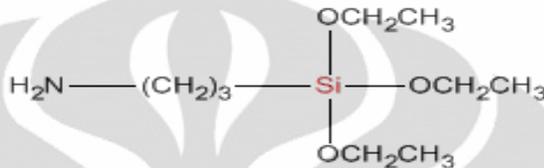
Silane merupakan senyawa yang terdiri atas silikon dan hidrogen dengan formula Si_nH_{2n+2} . Silane memiliki kemampuan untuk merekatkan material inorganik seperti resin, logam, oksida logam. Mekanisme perekatan didasarkan pada gugus pada struktur silane yang bereaksi dengan *reinforcement* (penguat) sehingga dapat bereaksi dengan resin. *Silane coupling agent* memiliki dua gugus fungsional yang reaktif.



Gambar 2.10 Gugus Fungsional Silane (Sibond, 2010)

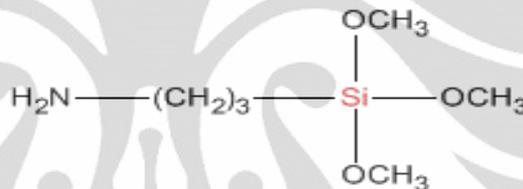
Pada gambar 2.10 , simbol X merepresentasikan gugus fungsional yang bereaksi dengan material anorganik seperti resin sintetik. Sedangkan simbol OR merepresentasikan gugus fungsi yang bereaksi dengan material organik seperti serat (Sibon, 2010). Silane coupling agent terdiri atas beragam jenis, dapat dilihat dalam gambar 2.11, 2.12, dan 2.13.

- 3 Aminopolipropiltriethylsilane



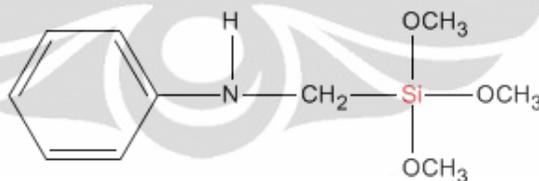
Gambar 2.11 Struktur Molekul 3-Aminopolipropiltriethylsilane (Sisib, 2009)

- 3-Aminopropiltrimethylsilane



Gambar 2.12 Struktur Molekul 3-Aminopropiltrimethylsilane (Sisib, 2009)

- (n-fenilamino) metiltrimetoksisilane

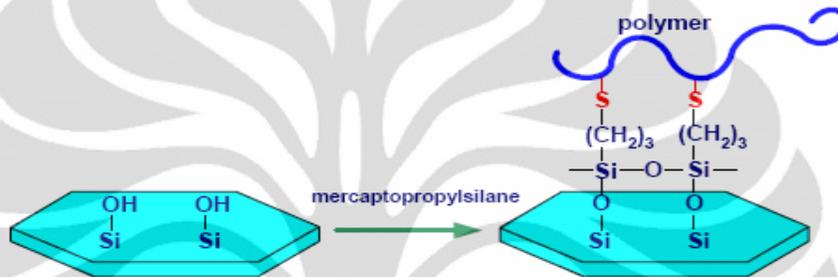


Gambar 2.13 Struktur Molekul (n-fenilamino)metiltrimetoksisilane (Sisib, 2009)

2.5.3 Interaksi *Silane Coupling Agent* dengan Filler dan Matriks

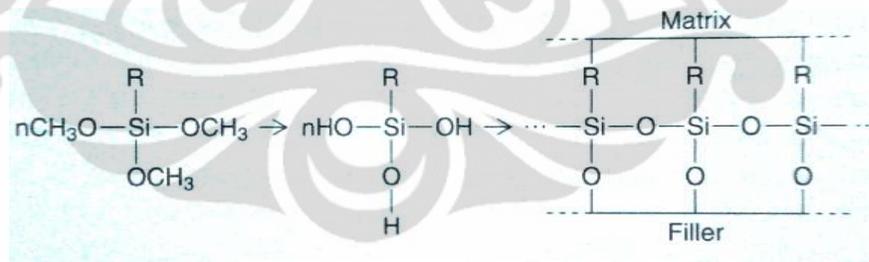
Perlakuan permukaan (*surface treatment*) digunakan untuk mengoptimalkan kemampuan matriks dengan pengisi (*filler*) untuk dapat saling merekat satu sama lain. Digunakan senyawa kimia untuk memodifikasi fungsi kerekatan. Seperti *silane coupling agent* yang dapat merekatkan matriks dengan pengisi (*filler*). Gambar 2.14 menunjukkan mekanisme ikatan antara *silane*

coupling agent dengan matriks maupun *filler*. Permukaan *filler* dalam akan dilapisi oleh *silane coupling agent* sehingga sifat permukaan *filler* akan berubah menjadi hidrofobik dan mudah berikatan dengan polimer matriks. Sehingga terjadi modifikasi pada permukaan *filler* yang memiliki kemampuan untuk merekat pada matriks. Terjadi ikatan kovalen antara *silane coupling agent* dengan permukaan *filler*. Sedangkan akan terjadi reaksi kimia antara matriks dengan *silane coupling agent* seperti ikatan cincin yang saling terikat (Denny, 2011).



Gambar 2.14 Ikatan antara matriks, *silane coupling agent* dan *filler*
(Denny, 2011)

Sedangkan reaksi secara kimia dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.15 Reaksi antara *Silane Coupling Agent* dengan matriks dan *filler* (Sutrisno, 2006)

Gambar 2.15 menunjukkan reaksi yang terjadi pada *silane coupling agent* dengan matriks dan *filler*. Salah satu gugus fungsi *silane coupling agent* (gugus -O-) akan berikatan dengan *filler* (serat). Sedangkan gugus (-R-) akan berikatan dengan matriks (resin). *Silane coupling agent* menjadi penghubung ikatan diantara *filler* dengan matriks.

2.6 Resin

2.6.1 Pengertian Resin

Resin merupakan campuran yang kompleks dari asam-asam resinat, alkoholresinat, resinotannol, ester-ester dan resene-resene (Dinda, 2009). Apabila resin-resin dipisahkan dan dimurnikan, biasanya dibentuk dalam zat padat yang getas dan amorf, namun jika dipanaskan akan menjadi lembek dan akan habis terbakar. Resin tidak larut dalam air, tetapi larut dalam alkohol dan pelarut organik lainnya.

Komponen dari resin ialah :

1. Asam-asam resinat

Terdiri dari : asam-asam oksi yang mempunyai sifat gabungan dari asam-asam karboksilat dan fenol-fenol. Asam-asam ini terdapat dalam keadaan bebas ataupun terikat sebagai ester-ester. Pada umumnya asam-asam ini larut didalam larutan alkali, membentuk larutan seperti sabun ataupun suspensi koloidal. Garam-garam logamnya dikenal sebagai resinat, beberapa diantaranya banyak digunakan dalam pembuatan sabun yang murah dan vernis.

2. Alkohol-alkohol resinat

Terdiri dari : Alkohol-alkohol kompleks yang mempunyai BM yang tinggi, yang disebut resinotannol sebagai hasil polimerisasi dari alkohol damar resinol, yang dengan garam-garam ferri akan memberikan reaksi seperti tannin. Alkohol-alkohol resinat terdapat dalam keadaan bebas maupun terikat sebagai ester dengan asam-asam aromatis (asam benzoat, asam salisilat, asam sinamat, asam umbellat).

3. Resene-resene

Resene adalah zat-zat yang komplek yang tidak mempunyai sifat-sifat kimiawi yang khas. Resene tidak membentuk garam atau ester, tidak larut dalam larutan alkali dan tidak terhidrolisis dengan alkali.

Penggunaan resin dapat mempengaruhi kekuatan maupun kareakteristik dari komposit. Hal ini dikarenakan sifat resin antara lain :

- Perekat efektif yang dapat melekatkan serat.
- Dapat mengendalikan kandungan kelembaban dalam serat alam.

Kekuatan komposit dipengaruhi kandungan air di dalam serat. Semakin sedikit kandungan air, maka kekuatannya pun meningkat.

- Non toksik
- Mengurangi pemakaian bahan dasar atau material sehingga lebih ekonomis.

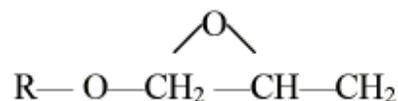
Tabel 2.4 menunjukkan perbedaan sifat fisik maupun mekanik dari resin poliester, fenolik, dan epoksi. Dari tabel tersebut, epoksi memiliki sifat yang lebih unggul dibanding resin poliester maupun fenolik. Hal ini dapat dilihat dari kekuatan tarik (*tensile strength*), *flexural strength*, dan ketahanan temperatur yang cenderung tinggi.

Tabel 2.4 Sifat Fisik dan Mekanik dari Berbagai Resin (Nallis, 2009)

Properties	Resin materials		
	Polyester	Phenolic	Epoxide
Density (kg/cm ³)	1,200	1,200	1,100-1,500
Tensile strength (MPa)	50-80	40	60-80
Tensile elongation (%)	2-5	2.5	2-5
Flexural strength (MPa)	90-130	90	100-150
Heat deflection temperature (°C)	60-100	120	290

2.6.2 Resin Epoksi

Resin epoksi adalah polieter yang dipreparasi melalui polimerisasi tahap antara epoksida dengan senyawa hidroksi (biasanya bisfenol). Melalui rangkaian polimerisasi dengan melibatkan pembentukan ion alkoksida, dan adisi nukleofilik oksida ke karbon yang kurang terintangi dari cincin epoksida maka terjadi penutupan cincin melalui substitusi ion klorida (Sitorus, 2009). Sehingga terbentuk resin epoksi dengan struktur sesuai dengan gambar 2.16.



Gambar 2.16 Struktur Molekul Resin epoksi (Sitorus, 2009)

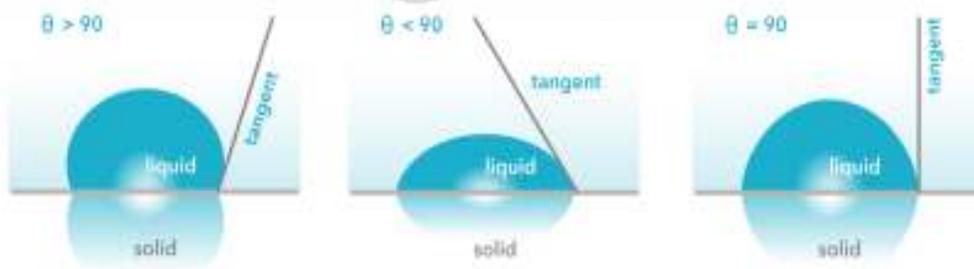
Resin epoksi merupakan golongan polimer termoset di mana campuran dua komponen yang akhirnya berbentuk seperti kaca pada temperatur ruang, yang mempunyai sifat isolasi listrik yang layak dan juga mempunyai kedekatan air yang tinggi. Resin epoksi sudah menjadi bagian penting dari material isolasi khususnya dalam bidang kelistrikan karena jenis polimer ini sudah dikenal lebih dari 50 tahun yang lalu. Resin epoksi adalah kombinasi dari bisphenol A dan epichlorohydrin yang mempunyai formasi dari rentetan polimer, yang mengandung dua kelompok reaktif epoksida dan hidroksil.

Sifat dari resin epoksi antara lain :

- Kekuatannya tidak berubah dalam jangka waktu yang relatif lama.
- Tahan akan minyak, lemak, alkali, pelarut aromatik.
- Tahan pada cuaca panas maupun dingin.
- Kekuatan kohesif yang tinggi tanpa terjadi pengkerutan.

2.7 Keterbasahan (*wettability*)

Suatu cairan jika dipaparkan ke dalam benda padat akan mengalami kontak satu sama lain. Ukuran untuk menentukan seberapa besar daya kontak antara cairan dengan benda padat digambarkan melalui sudut kontak (*contact angle*). Sudut kontak menggambarkan interaksi antara cairan dengan permukaan benda padat yang dapat diketahui melalui bentuk fluida yang berada di permukaan benda padat. Alat yang digunakan untuk menentukan sudut kontak ialah *contact angle goniometer*.



Gambar 2.17 Jenis pembasahan (*wetting*) (Scientific, 2010)

Besaran sudut kontak (θ) dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar suatu cairan membasahi permukaan benda padat. Gambar 2.17 menunjukkan jika sudut kontak besar ($>90^\circ$) maka pembasahan yang terjadi tidak baik bahkan sedikit sekali permukaan yang terbasahi. Sedangkan jika nilai sudut kontak kurang dari 90° maka pembasahan yang terjadi antara cairan dengan permukaan benda padat amat baik. Apabila nilai sudut kontak 0° maka terjadi pembasahan secara sempurna.



Gambar 2.18 *Contact Anglemeter* (Sumber : BATAN Cinere)

Gambar 2.18 menunjukkan alat untuk mengukur sudut kontak yang dipakai dalam penelitian ini. Spesimen berupa eceng gondok diletakan ke tempat pengamatan dengan dimensi sekitar 3 cm x 2 cm. Cairan akan diteteskan melalui tabung silinder sehingga akan jatuh mengenai spesimen. Setelah cairan diteteskan maka dapat dilihat sudut kontak menggunakan mikroskop yang tersedia dengan memutar sudut sesuai dengan hasil pengamatan.

2.8 Uji Karakterisasi

2.8.1 Uji Morfologi

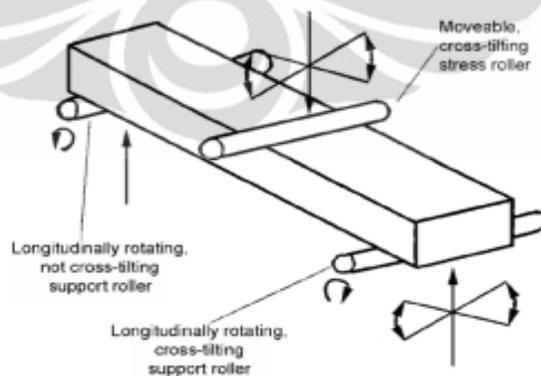
Dalam menentukan suatu morfologi dari material, pengamatan yang umum dilakukan melalui mikroskop optik maupun mikroskop elektron (*Scanning Electron Microscopy*). Mikroskop optik digunakan untuk pembesaran yang relatif kecil dibanding dengan mikroskop elektron (SEM). *Scanning Electron*

Microscopy (SEM) dapat digunakan untuk mengkarakterisasi material komposit dengan batas resolusi mikroskop elektron 10 nm. Dalam gambaran yang dihasilkan, ukuran nominal dan bentuk serat dapat diketahui. Prinsip kerja yang digunakan ialah memancarkan berkas elektron pada permukaan species yang diuji sehingga pantulan dari elektron ditangkap dan dapat ditampilkan diatas tabung sinar katoda. Bayangan yang tampak diatas *layer* menampilkan gambaran permukaan dari specimen.

2.8.2 Uji Mekanis

2.8.2.1 *Three Point Bend Test*

Merupakan suatu uji mekanik dan fisik dari suatu material untuk mengamati tekanan pada suatu permukaan yang berlapis. Salah satu *three point bend test* sesuai dengan ISO 14679 telah mengembangkan jika terdapat perekat pada material (Duncan, 2004). Pada dimensi material dengan panjang 50 mm, lebar 25 mm, dan tebal 3.8 mm maka material yang kaku dapat terpusat di bawah permukaan perekat. Dalam uji mekanik ini dihasilkan tekanan maksimum pada ikatan hingga terjadi keretakan pada permukaan material. Semakin kuat suatu material maka tekanan maksimum yang dapat diterima material tersebut pun semakin besar.



Gambar 2.19 Skema *Three Point Bending Test* (Duncan, 2004)

Gambar 2.19 menunjukkan skema *three point bending test* yang merupakan uji coba kekuatan pada komposit. Pada *three point bend test*, kekuatan komposit

dapat diketahui., dimana komposit akan mengalami tekanan tertentu bahkan hingga tekanan maksimum hingga komposit mengalami suatu patahan. Komposit yang memiliki kekuatan yang tinggi, tekanan yang diterima melalui *three point bend test* akan cenderung tinggi.

2.8.2.2 Uji Tarik (*Tensile Test*)

Uji tarik merupakan uji kekuatan suatu material dengan menarik material tersebut agar diketahui kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Sehingga didapat tegangan tarik maksimum yang dimiliki oleh material tertentu. Uji tarik merupakan suatu cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM E8 dan Jepang dengan JIS 2241 (Sastranegara, 2009). Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*) sesuai dengan gambar 2.20.



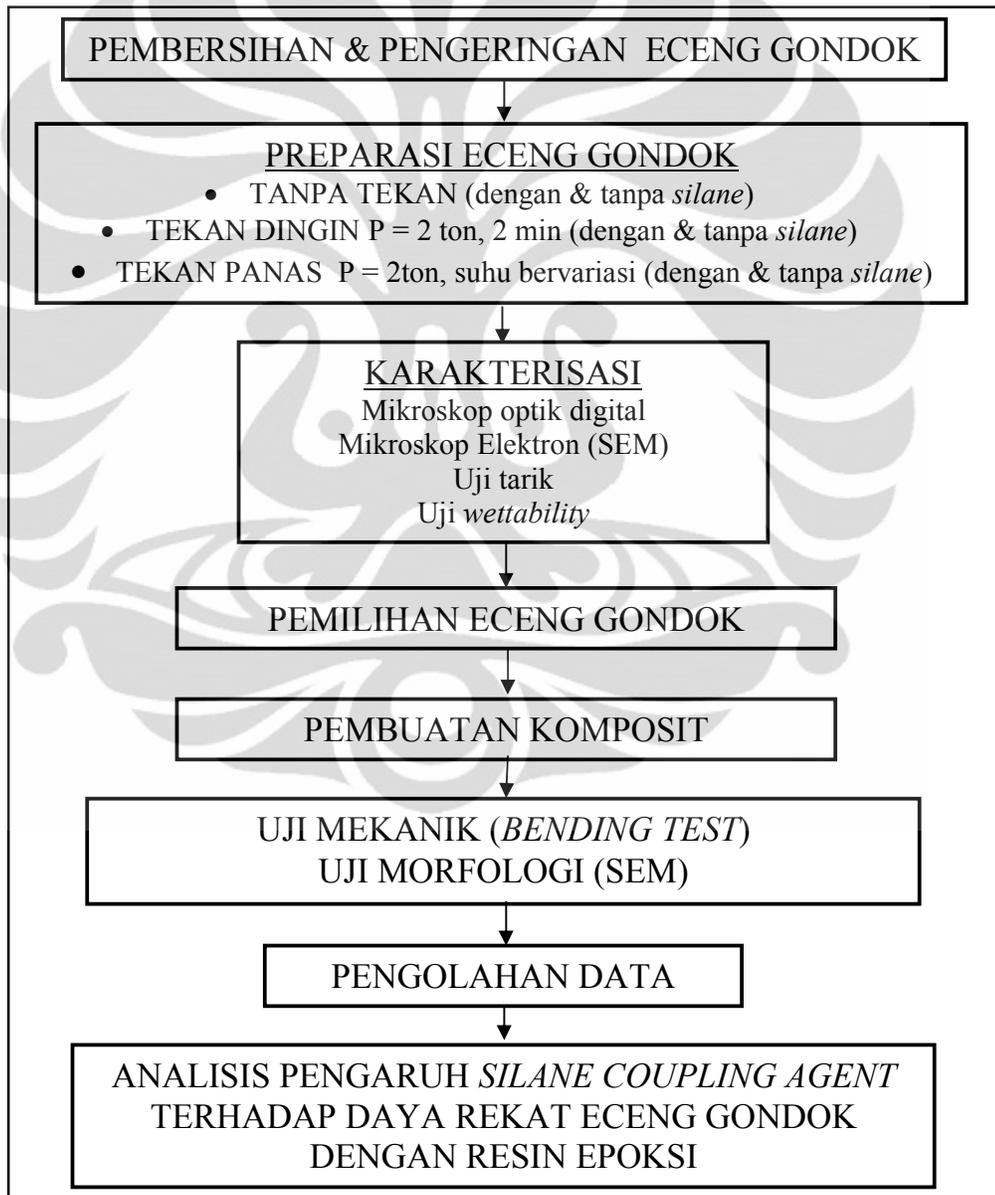
Gambar 2.20 Alat untuk Melakukan Uji Tarik (Sastranegara, 2009)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Skema metode penelitian ini dapat digambarkan pada gambar 3.1. Terdiri atas tahap persiapan, tahap preparasi eceng gondok, karakterisasi, pembuatan komposit, tahap pengujian morfologi maupun mekanik, tahap pengolahan data, serta tahap analisis. Berikut merupakan diagram alir penelitian tersebut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Alat :

- a. Cetakan sebagai wadah untuk meletakkan adonan eceng gondok dengan resin epoksi.
- b. Penekan sebagai alat untuk menghilangkan udara yang berada di dalam adonan komposit.
- c. Pengaduk sebagai alat untuk mengaduk larutan silane agar tercampur.
- d. Wadah plastic sebagai tempat untuk mencampurkan resin dan hardener.
- e. Jangka sorong untuk mengukur ketebalan komposit yang dihasilkan.
- f. Penggaris untuk mengukur dimensi eceng gondok maupun komposit yang dihasilkan.
- g. Gunting sebagai alat untuk memotong bagian eceng gondok yang tidak terpakai.
- h. Sarung tangan sebagai alat untuk melindungi tangan dari bahan – bahan kimia.
- i. Mikroskop elektron (SEM) sebagai alat untuk menguji kerekatan antara resin dengan eceng gondok.
- j. *Universal Testing Machine* sebagai alat untuk menguji kekuatan komposit melalui uji tarik dan *bending test*.

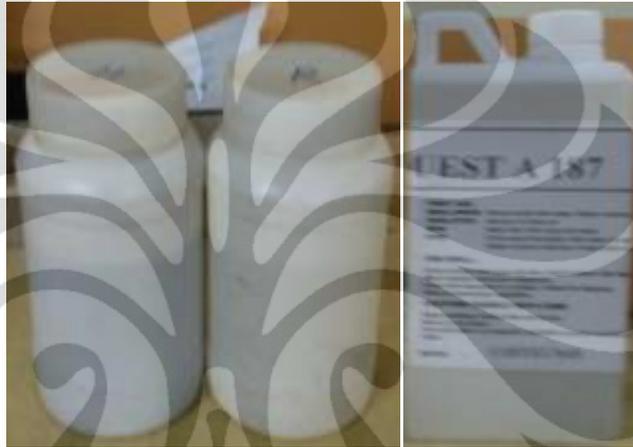


Gambar 3.2 Cetakan, penggaris, sarung tangan, gunting, dan pengaduk

Gambar 3.2 menunjukan alat – alat yang digunakan pada penelitian ini dan fungsinya ditunjukkan dalam penjelasan sebelumnya.

Bahan :

- a. Eceng gondok sebagai bahan utama pembuatan serat yang akan digunakan menjadi komposit.
- b. *Silane Coupling Agent* dengan jenis Silquest A 187 merk Momentive sebagai aditif untuk merekatkan serat eceng gondok dengan resin.
- c. Resin Epoksi dari Inti Kimia sebagai perekat serat eceng gondok agar dapat dijadikan sebagai komposit.



Gambar 3.3 *Hardener*, Resin Epoksi, dan *Silane Coupling Agent*

Gambar 3.3 menunjukkan resin epoksi, *hardener*, dan *Silane Coupling Agent* yang digunakan dalam penelitian. Jenis dan merk tertera dalam penjelasan.

- d. *Hardener* sebagai penguat dalam pembuatan komposit dari eceng gondok. *Hardener* yang dapat digunakan ialah 4,4'-diaminodicyclohexylmethane.
- e. *Release agent* sebagai pelumas agar komposit tidak menempel pada cetakan (ditunjukkan dalam gambar 3.4).



Gambar 3.4 *Release Agent*

3.3 Variabel Penelitian

Variabel bebas : perbandingan suhu penekanan dan lamanya waktu pencelupan *silane coupling agent* dengan eceng gondok yang digunakan.

Variabel terikat : suhu penekanan dan waktu pencelupan eceng gondok dengan *silane coupling agent* serta tekanan dan tegangan maksimum yang diterima komposit.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Tahap Pembersihan dan Pengeringan Eceng Gondok

1. Pembersihan bahan dasar (eceng gondok).

Eceng gondok dibersihkan terlebih dahulu dengan air agar pengotor – pengotor dapat larut di dalam air. Bagian akar dan daun dipotong sehingga dihasilkan batang eceng gondok saja.



Gambar 3.5 Eceng Gondok sebelum dipotong (a), sesudah dipotong & dibersihkan (b)

Gambar 3.5 (a) menunjukan bagian eceng gondok yang belum dipotong terdiri atas akar, batang dan daun. Eceng gondok yang telah dibersihkan dari pengotor kemudian dipotong seperti dalam gambar (b).

2. Pengeringan eceng gondok.

Karena setelah pembersihan kandungan air akan lebih tinggi, oleh karena itu diperlukan proses pengeringan dengan pengeringan matahari selama 5 hari.



Gambar 3.6 Eceng Gondok yang sudah dikeringkan selama 5 hari

Gambar 3.6 menunjukkan eceng gondok yang sudah dikeringkan akan berwarna coklat dan lebih kering sehingga mudah diaplikasikan menjadi bahan komposit.

3.4.2 Tahap Preparasi Eceng Gondok

1. Proses Penekanan

Eceng gondok yang sudah dikeringkan akan diproses terlebih dahulu dengan berbagai variasi yaitu tanpa penekanan, tekan dingin, dan tekan panas. Proses penekanan menggunakan alat penekan yang berada di Laboratorium Energi Berkelanjutan dapat dilihat dalam gambar 3.7.

- Tekan dingin dilakukan pada penekanan dengan beban 10 ton pada suhu ruangan dalam waktu 2 menit.
- Tekan panas dilakukan dengan variasi suhu 90°C , 110°C , 130°C , 150°C , 180°C selama 2 menit.



Gambar 3.7 Alat penekan dingin maupun panas

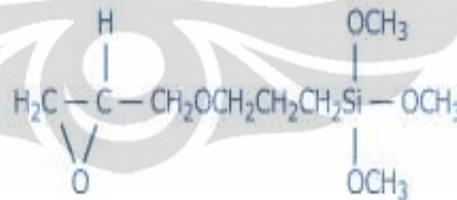
2. Proses Perendaman dengan *Silane Coupling Agent*

Masing – masing jenis eceng gondok yang ditekan maupun yang tidak ditekan direndam dengan *silane coupling agent* dengan variasi waktu perendaman 5, 10, 15 menit. Proses perendaman dilakukan di dalam wadah seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.8 Proses perendaman eceng gondok dengan *Silane Coupling Agent*

Silane coupling agent yang digunakan ialah Silquest A 187 merk Momentive dengan gugus fungsi utama Gamma-Glycidoxypropyltrimethoxysilane. Struktur kimia daei Silquest A 187 dapat dilihat dalam gambar 3.8



Gambar 3.9 Gamma-Glycidoxypropyltrimethoxysilane

Tabel 3.1 Sifat Fisik Silquest A-187(Momentive, 2008)

	Silquest A-187 Silane
Appearance	Clear, pale
Molecular Weight	236.1
Specific Gravity at 25/25°C	1.069
Refractive Index n_D 25°C	1.427
Flash Point, Tag Closed Cup, °C (°F)	
Flash Point, ASTM D 93, °C (°F)	110 (230)
Boiling Point, °C (°F)	290 (554)

Sifat fisik dari Silquest A-187 dapat dilihat dalam tabel 4.1 yang menunjukkan bentuk, berat molekul, titik didih dan *flash point*. Pada proses preparasi ini variasi yang dilakukan berupa tanpa penekanan, tekan dingin, tekan panas dengan masing masing divariasikan kembali dengan dan tanpa silane.

3.4.3 Karakterisasi Eceng Gondok

1. Pengamatan menggunakan mikroskop optik digital.

Pada tahap ini eceng gondok yang telah dipreparasi diamati menggunakan mikroskop optik digital agar diketahui morfologi dari masing – masing jenis eceng gondok. Mikroskop optik digital yang digunakan berjenis Digital Microscope FC RoHS dengan ukuran gambar 1.3 Mega Pixels dapat dilihat dalam gambar 3.10.

**Gambar 3.10** Digital Microscope FC RoHS

2. Pengamatan menggunakan mikroskop elektron (SEM).

Pengamatan melalui SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari masing – masing variasi eceng gondok. Karena perbesaran dengan menggunakan SEM lebih besar dibanding dengan mikroskop optik digital, maka morfologi yang dapat diamati akan lebih jelas. SEM yang digunakan berjenis Zeiss EVO 50 yang berada di Balai Penelitian dan Pengembangan Bogor seperti dalam gambar 3.11 .



Gambar 3.11 Zeiss EVO 50 (Sumber : Balai Penelitian dan Pengembangan Bogor)

3. Pengujian tarik (*tensile test*) pada setiap variasi eceng gondok.

Pada tahap ini, masing – masing eceng gondok yang telah mengalami preparasi sebelumnya, dilakukan pengujian tarik untuk mendapatkan kekuatan tarik. Alat yang digunakan ialah Universal Testing Machine bermerk Shimadzu AG-IS 50 kN dengan standard ASTM 882 sesuai dengan gambar 3.12 yang berada di Biomaterial LIPI Cibinong.



Gambar 3.12 Universal Testing Machine (Sumber : Biomaterial LIPI Cibinong)

4. Pengujian *wettability* melalui *contact anglemeter*.

Pengujian *wettability* dilakukan dengan *contact anglemeter* untuk mengetahui sudut kontak masing – masing eceng gondok dengan *silane coupling agent* maupun dengan resin epoksi. Alat yang digunakan bermerk Face Kyowa Kaimenkagaku co.Ltd, Jepang seperti yang tertera dalam gambar 3.13 yang berada di Badan Aplikasi Isotop dan radiasi Cinere .



Gambar 3.13 *Contact Anglemeter* (Sumber : BATAN Cinere)

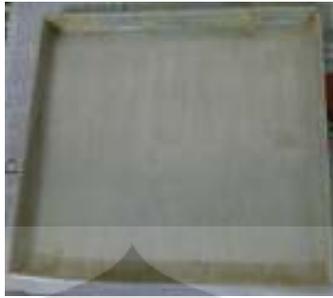
3.4.4 *Pemilihan Jenis Variasi Eceng Gondok*

Berdasarkan pengamatan secara morfologi dan pengujian tarik serta *wettability* maka akan didapatkan eceng gondok yang berpotensi untuk dijadikan komposit. Proses pemilihan didasarkan pada kekuatan tarik yang tinggi serta *wettability* yang besar untuk diaplikasikan menjadi komposit.

3.4.5 *Tahap Pembuatan Komposit*

1. Pemberian *release agent* pada cetakan komposit.

Cetakan yang akan digunakan untuk pembuatan komposit, diberi *release agent* di seluruh permukaan cetakan agar komposit yang dihasilkan tidak menempel pada cetakan. Hal ini dilakukan agar komposit yang akan dihasilkan mudah diambil dari cetakan. Gambar 3.14 menunjukkan cetakan yang sudah diberi *release agent*.



Gambar 3.14 Cetakan yang telah diberi *release agent*

2. Pengadukan resin epoksi dengan *hardener*.

Proses ini dilakukan di dalam wadah plastik dengan perbandingan antara resin epoksi dan *hardener* 1:1 . Hal ini dilakukan agar komposit yang dihasilkan cepat mengeras. Proses pengadukan dilakukan hingga campuran resin dan *hardener* terlihat homogeny seperti terlihat dalam gambar 3.15 .



Gambar 3.15 Pengadukan resin epoksi dengan *hardener*

3. Penuangan epoksi dan *hardener* dalam cetakan.

Proses dilanjutkan kembali dengan menuangkan epoksi dan *hardener* ke dalam cetakan. Gambar 3.16 menunjukan resin dan *hardener* yang telah dituang dalam cetakan.



Gambar 3.16 Resin dan *hardener* yang sudah diletakan dalam cetakan

4. Penyusunan eceng gondok .

Pada tahap pembuatan komposit, eceng gondok yang digunakan ialah eceng gondok yang telah dipilih dari proses sebelumnya. Eceng gondok diletakan dengan arah yang sejajar satu sama lain di dalam suatu cetakan seperti dalam gambar 3.17. Cetakan diperlukan untuk menyusun serat eceng gondok agar mudah dibentuk dan lebih teratur.



Gambar 3.17 Eceng gondok disusun di dalam cetakan

5. Pengeringan dan pemotongan komposit

Pengeringan dilakukan agar eceng gondok dan epoksi saling merekat satu sama lain. Proses pengeringan dilakukan selama 1 minggu. Setelah kering, komposit dapat dikeluarkan dari cetakan dan dipotong sesuai dengan dimensi yang dibutuhkan dalam pengujian. Dimensi dipotong sekitar 10 cm x 2 cm dengan tebal 0.5 cm seperti yang terlihat dalam gambar 3.18.



Gambar 3.18 Komposit yang sudah kering dan sudah dipotong

3.4.6 *Prosedur Pengujian dengan Three Point Bending test*

Uji kekuatan dari komposit dilakukan melalui *three bending test*. Dalam uji coba ini masing – masing komposit akan ditekan sehingga dapat diketahui tekanan dan tegangan maksimum yang dapat diterima oleh komposit tersebut. Setelah penekanan maksimal maka dapat diketahui pola kepatahan yang terjadi pada komposit tersebut. Gambar 3.19 menunjukkan proses uji *bending* dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine*.



Gambar 3.19 Komposit sedang diuji bending (Sumber : Biomaterial LIPI Cibinong)

3.4.7 *Prosedur Analisis Morfologi dengan SEM*

Pada tahap ini sampel berupa patahan dilakukan pengamatan secara mikroskopik sehingga didapat gambaran ikatan yang terjadi antara eceng gondok, *silane coupling agent*, dan resin epoksi. Daya rekat antara eceng gondok dengan resin epoksi dapat diketahui pula melalui jenis patahan serta ada tidaknya rongga – rongga pada patahan komposit. Gambar 3.20 menunjukkan sampel yang sedang diletakkan ke dalam alat SEM.



Gambar 3.20 Patahan komposit dimasukan ke dalam SEM (Sumber : Balai Penelitian dan Pengembangan Bogor)

3.4.8 *Prosedur Pengolahan Data*

Melalui uji SEM dapat dibuat tabel antara karakteristik masing – masing komposit pada perbandingan resin epoksi dengan eceng gondok yang bervariasi. Sedangkan dari *three bending test* dapat diketahui tekanan dan tegangan maksimum yang diterima masing – masing komposit. Dari data inilah dapat dibuat grafik dengan memplot data perbandingan resin epoksi dan eceng gondok serta tekanan dan tegangan maksimum. Sehingga dari grafik akan diketahui komposit yang memiliki kekuatan tertinggi dengan daya rekat yang baik.

3.4.9 *Prosedur Analisis Pengaruh Silane Coupling Agent Terhadap Daya Rekat Eceng Gondok dengan Resin Epoksi*

Melalui pengamatan dengan SEM dan pengujian mekanis akan didapat karakteristik masing – masing komposit (kekuatan komposit, daya rekat eceng gondok dan resin, jenis patahan yang terjadi). Maka dapat dianalisis hubungan karakteristik komposit dengan jenis dan konsentrasi *silane coupling agent* yang digunakan. Dari proses analisis ini dapat ditentukan komposit yang terbaik yang memiliki karakteristik yang tepat untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Energi Berkelanjutan Departemen Teknik Kimia sedangkan pengujian dilakukan di luar departemen sebagai berikut :

- Uji tarik dan *bending test* di Balai Besar Kemasan (Pasar Rebo) dan Biomaterial LIPI Cibinong.
- Uji *Contact Angle* di Badan Aplikasi dan Pengembangan Isotop dan Radiasi BATAN (Cinere).
- *SEM (Scanning Electron Microscopy)* untuk uji morfologi di Balai Penelitian dan Pengembangan Bogor.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Preparasi Eceng Gondok

Eceng gondok yang digunakan dalam penelitian ini berjenis eceng gondok kolam yang berasal dari daerah Grogol. Eceng gondok kolam cenderung lebih pendek dibanding eceng gondok rawa. Penggunaan eceng gondok kolam dikarenakan ketersediaan yang cukup banyak di sekitar Jabodetabek dibanding eceng gondok rawa. Proses awal ialah pemotongan eceng gondok agar dapat dipisahkan bagian daun, batang, dan akar. Bagian yang digunakan dalam penelitian ini ialah batang. Bagian batang memiliki sifat yang kuat dibanding daun dan akar.

Proses pembersihan batang dilakukan untuk menghilangkan pengotor. Kandungan air maupun udara di dalam batang eceng gondok amat banyak. Hal ini dikarenakan porositas dari eceng gondok yang cukup besar sekitar 69.6 – 74.1%. Oleh karena itu, dilakukan pengeringan di bawah sinar matahari sekitar 5 hari. Eceng gondok kering memiliki panjang rata-rata sebesar 13 cm. Sedangkan diameter rata – rata pada bagian ujung 0.5 cm dan pada bagian tengah 1 cm.

Eceng gondok yang telah kering kemudian dijadikan serat sebagai bahan dasar pembuatan komposit melalui proses penekanan. Tujuannya ialah menghilangkan udara yang terdapat pada batang sehingga pengamatan lebih fokus terhadap penampang batang yang akan dibuat. Proses penekanan menggunakan mesin penekan dengan beban sebesar 10 ton seperti dalam gambar 4.1.



Gambar 4.1 Mesin penekan

Terdapat 3 variasi penekanan eceng gondok yaitu :

- ✓ Tanpa penekanan (*no press*)
- ✓ Tekan dingin (*cold press*)

Dilakukan dengan pembebanan seberat 10 ton, suhu ruangan selama 2 menit.

- ✓ Tekan panas (*hot press*)

Dilakukan dengan pembebanan seberat 10 ton, suhu divariasikan 90°C , 110°C , 130°C , 150°C , dan 180°C selama 2 menit.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.2 Eceng gondok (a) tanpa ditekan, (b) tekan dingin, (c) tekan panas

Hasil dari masing – masing penekanan terdapat di dalam gambar 4.2. Eceng gondok yang tidak ditekan memiliki bentuk yang lebih besar karena udara masih terperangkap di dalam penampang pada batang. Selain itu permukaan dari eceng gondok yang tidak mengalami penekanan cenderung tidak rata dan

bergelombang. Sedangkan untuk tekan dingin maupun panas, bentuk eceng gondok menjadi pipih yang menandakan udara keluar dari penampang batang. Dari pengamatan secara umum, perbedaan antara tekan dingin tidak terlalu terlihat. Pada Masing – masing serat akan diketahui karakteristiknya melalui pengujian.

Dalam menghasilkan serat eceng gondok yang dapat berikatan dengan resin maka dilakukan proses perlakuan permukaan menggunakan *silane coupling agent*. Pemilihan jenis *silane coupling agent* ini dikarenakan kemampuannya yang dapat berikatan dengan epoksi maupun *filler* organik. Selain itu memiliki ketahanan kimia yang baik dan meningkatkan daya absorpsi permukaan fiber terhadap resin. Gugus fungsi Si (OCH₃)₃ akan berikatan dengan filler sedangkan C₂H₃O akan berikatan dengan resin.

Serat eceng gondok dicelupkan ke dalam silane selama 5, 10, dan 15 menit dengan konsentrasi larutan silane sebesar 99%. Variasi waktu dilakukan untuk menentukan waktu optimum pencelupan silane agar silane dapat bereaksi dengan selulosa pada eceng gondok. Diharapkan silane akan dapat berikatan dengan eceng gondok maupun resin epoksi. Hal ini bertujuan agar komposit yang dihasilkan mempunyai sifat fisik maupun mekanik yang baik sehingga mampu diaplikasikan dalam berbagai bidang.



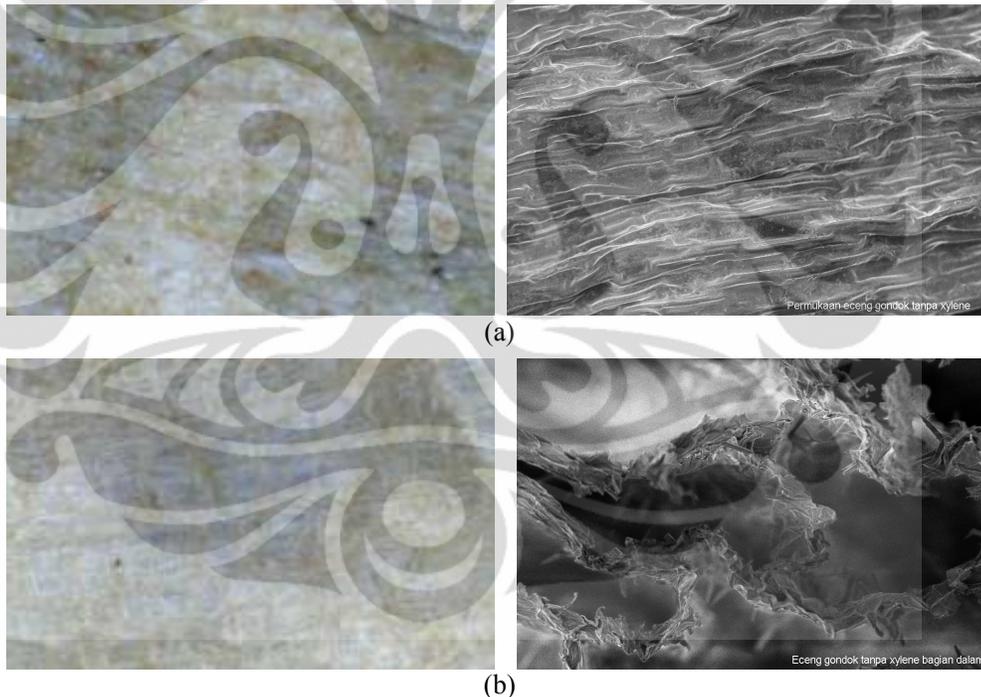
Gambar 4.3 Eceng gondok dicelupkan dalam larutan silane

Gambar 4.3 menunjukkan proses perlakuan permukaan eceng gondok melalui penambahan larutan silane. Perubahan secara umum tidak terlihat secara jelas. Oleh karena itu dilakukan pengujian untuk masing – masing jenis serat agar

dapat diketahui perubahan maupun jenis serat eceng gondok yang baik digunakan sebagai bahan dasar komposit.

4.2 Morfologi Eceng Gondok

Dalam mengamati eceng gondok yang akan dibuat menjadi komposit, maka digunakan pengamatan morfologi menggunakan mikroskop optik digital dengan pembesaran 20X. Mikroskop yang digunakan berjenis mikroskop optik FC Rohs dengan resolusi gambar yang dihasilkan sebesar 1.3 MP. Sedangkan mikroskop electron yang digunakan ialah Zeiss dengan jenis EVO 50. Dari hasil pengamatan didapat penampakan untuk eceng gondok yang tidak mengalami penekanan (*no press*) sebagai berikut :



Gambar 4.4 (a) Permukaan luar (b) bagian dalam eceng gondok tanpa penekanan dengan mikroskop optik dan SEM

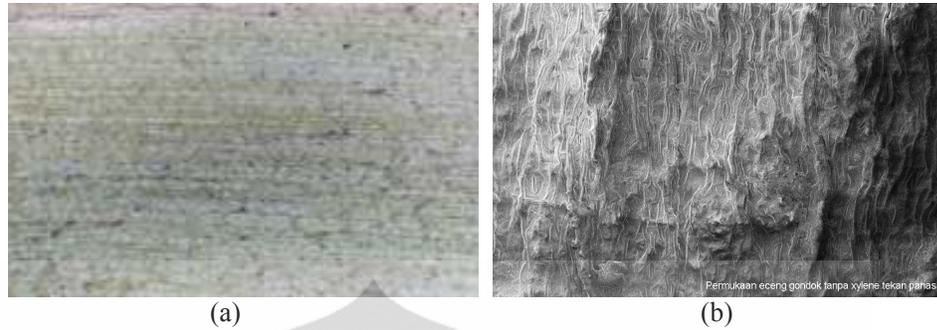
Gambar 4.4 (a) menunjukkan permukaan eceng gondok dengan perbesaran 25X dengan mikroskop optik sedangkan pembesaran 100X dengan mikroskop elektron. Eceng gondok memiliki struktur permukaan luar yang tidak rata dan cenderung bergelombang. Namun serat eceng gondok memiliki arah serat yang

beraturan. Sedangkan pada gambar 4.4 (b) bagian dalam eceng gondok menunjukkan rongga – rongga yang cukup besar dan porositas yang tinggi. Hal ini memungkinkan fluida mudah mengalir di antara rongga – rongga tersebut. Permukaan yang tidak rata akan menyebabkan keterbasahan antara silane dan resin cenderung kecil. Silane dan resin akan lebih mudah membasahi permukaan eceng gondok yang rata sehingga dapat berikatan satu sama lain dan menghasilkan karakteristik komposit yang baik pula. Sedangkan pada permukaan bagian dalam dapat diketahui struktur serat yang tidak beraturan di dalam eceng gondok.



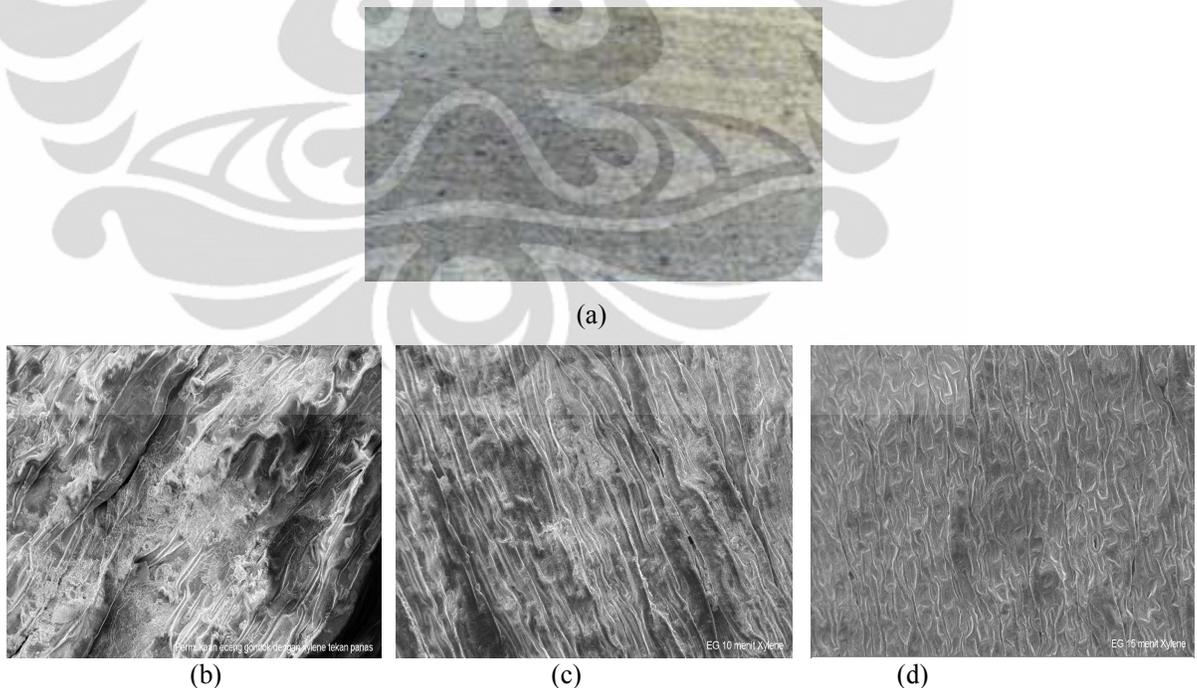
Gambar 4.5 Permukaan luar eceng gondok dengan penekanan dingin (*cold press*) melalui mikroskop optik (a) dan mikroskop electron (b) perbesaran 100X

Sedangkan jika eceng gondok yang mengalami penekanan dingin yang ditampilkan dalam gambar 4.5, struktur seratnya cenderung tersusun baik secara vertikal dengan permukaan yang datar. Sedangkan jika melalui mikroskop electron, penampakan hampir sama dengan tanpa penekanan. Pada suhu ruangan, morfologi dari eceng gondok tidak mengalami perubahan yang signifikan. Sedangkan permukaan yang lebih rata akan menyebabkan silane dan resin lebih mudah membasahi permukaan eceng gondok sehingga komposit yang dihasilkan cenderung memiliki sifat fisik dan mekanis yang lebih baik dibanding tanpa penekanan.



Gambar 4.6 Permukaan eceng gondok dengan penekanan panas (*hot press*) (a) melalui mikroskop optik dan (b) mikroskop electron dengan perbesaran 100X

Gambar 4.6 menunjukkan permukaan eceng gondok yang sudah mengalami proses penekanan panas. Penampakan serat lebih teratur dibanding dengan eceng gondok yang mengalami penekanan dingin. Hal ini menunjukkan bahwa panas dapat mengubah struktur dan arah serat sehingga lebih teratur dan menjadikan permukaan serat lebih datar. Sedangkan penampakan dengan SEM, struktur morfologi sedikit berubah karena adanya panas yang diberikan pada proses penekanan.



Gambar 4.7 Permukaan eceng gondok dengan penekanan panas (*hot press*) (a) melalui mikroskop optik dan mikroskop elektron dengan perendaman silane selama 5 menit (b), (c) 10 menit, (d) 15 menit dengan perbesaran 100X

Gambar 4.7 menunjukkan permukaan eceng gondok yang sudah mengalami proses penekanan panas dengan perendaman silane selama 5 menit. Penampakan dengan pembesaran 20X menunjukkan tidak adanya perbedaan dengan eceng gondok yang mengalami penekanan panas tanpa perendaman silane. Namun melalui SEM, penampakan terlihat bahwa silane menutupi sebagian permukaan eceng gondok. Pada silane yang mengalami perendaman selama 5 menit, sebagian permukaan tertutupi silane (ditandai warna putih di beberapa bagian permukaan). Sedangkan pada eceng gondok yang mengalami perendaman selama 10 menit dan 15 menit permukaan hampir seluruhnya tertutupi oleh silane. Hal ini menunjukkan daya adsorpsi eceng gondok terhadap silane amat baik. Sedangkan morfologi dari serat cenderung tetap hanya saja tertutupi oleh silane. Dari hasil pengamatan, maka serat eceng gondok yang mengalami proses penekanan memiliki sifat yang lebih baik untuk melekat terhadap silane maupun resin. Sehingga berpotensi menjadi komposit yang memiliki sifat mekanik yang baik.

4.3 Sifat Fisik Eceng Gondok

Dalam mengetahui sifat fisik eceng gondok maka dilakukan pengujian sudut kontak serat dengan silane maupun resin epoksi. Alat yang digunakan ialah *Contact Angle Meter* dengan merk Face Kyowa Kaimenkagaku co, Ltd Japan yang berada di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi BATAN. Dari masing – masing jenis serat didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Sudut Kontak Eceng Gondok

Jenis Eceng Gondok		Sudut Kontak (derajat)	
		Silane	Resin Epoksi
Tanpa penekanan	Tanpa silane	23.5	57.5
	Dengan silane		48
Tekan dingin	Tanpa silane	4.5	50
	Dengan silane		41
Tekan panas	Tanpa silane	2.75	48
	Dengan silane		33

Proses pengamatan dilakukan dalam waktu 2 menit. Semakin cepat suatu pengamatan maka hasil yang diberikan lebih akurat karena sudut kontak yang terukur merupakan sudut kontak yang langsung antara cairan dengan permukaan eceng gondok dengan penyerapan cairan yang sedikit. Sedangkan jika terlalu lama maka cairan akan terabsorpsi ke dalam eceng gondok sehingga tidak terlihat sudut kontak yang sebenarnya.

Dari tabel 4.1, masing – masing eceng gondok memberikan hasil yang berbeda – beda dengan cairan silane maupun resin epoksi. Serat tanpa penekanan memiliki sudut kontak dengan silane yang amat besar sebesar 23.5° . Sudut kontak yang besar dikarenakan larutan silane yang kurang membasahi permukaan eceng gondok karena struktur permukaan eceng gondok tanpa penekanan tidak datar. Hal ini mengakibatkan luas permukaan yang dapat dibasahi menjadi lebih terbatas dan dapat mengakibatkan interaksi antara serat eceng gondok dengan resin epoksi kurang maksimal.

Serat eceng gondok yang mengalami penekanan dingin memiliki sudut kontak yang kecil sebesar 4.5° . Hal ini dikarenakan pada proses penekanan, permukaan eceng gondok akan menjadi lebih datar sehingga luas permukaan kontak dengan silane menjadi lebih besar. Sedangkan pada proses tekan panas, sudut kontak amat kecil sekitar 2.75° . Hal ini menunjukkan panas yang diberikan memberi pengaruh pada sudut kontak eceng gondok dengan silane. Panas akan mengubah struktur permukaan dari eceng gondok menjadi lebih teratur dan mengubah daya adsorpsi permukaan eceng gondok menjadi lebih tinggi.

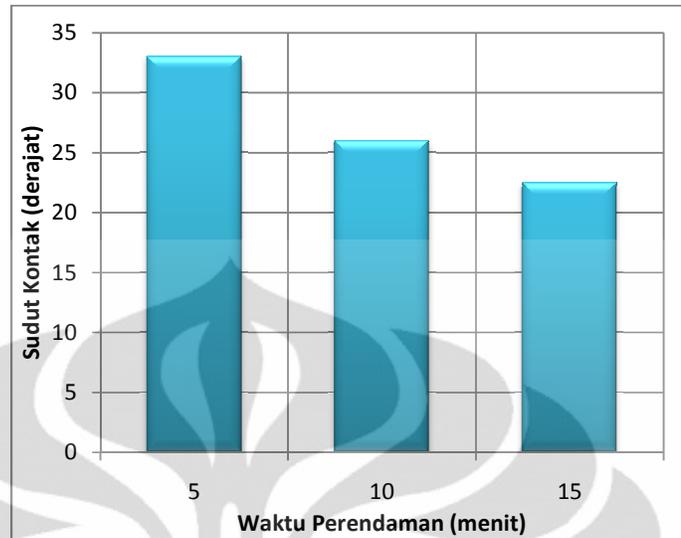
Pengamatan sudut kontak masing – masing serat terhadap resin epoksi memiliki hasil yang bervariasi. Secara umum serat eceng gondok tanpa penekanan memiliki sudut kontak yang lebih besar dibanding serat yang mengalami penekanan. Hal ini dikarenakan struktur serat yang tidak datar sehingga membatasi area kontak serat dengan silane. Sedangkan jika serat diberi perlakuan permukaan dengan silane maka akan mengubah sudut kontak serat dengan resin epoksi. Hal ini membuktikan bahwa dengan perlakuan permukaan, interaksi serat dengan resin akan lebih maksimal dan memperkuat ikatan antara serat dengan resin.

Sedangkan serat dengan penekanan dingin maupun panas memiliki sudut kontak yang lebih kecil dengan resin epoksi. Penekanan maupun pengaruh perlakuan permukaan memberikan hasil sudut kontak yang lebih maksimal. Penekanan mampu memberikan bentuk permukaan yang datar sedangkan perlakuan permukaan memberikan ikatan yang lebih kuat antara serat dengan resin. Dari masing – masing serat, serat dengan penekanan dingin maupun panas dan diberi perlakuan permukaan mempunyai sudut kontak yang kecil dengan resin. Hal ini menunjukkan serat yang potensial dijadikan sebagai komposit ialah serat dengan penekanan dingin dan panas yang telah diberi perlakuan permukaan melalui *silane coupling agent*.

Dalam hasil yang didapat sebelumnya, eceng gondok yang mengalami penekanan panas dengan penambahan silane cenderung memiliki sudut kontak yang kecil sehingga *wettability* dengan resin epoksi cukup besar. Sehingga dipilih jenis eceng gondok dengan penekanan panas untuk dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan komposit. Namun diperlukan penentuan lamanya perendaman menggunakan silane dengan waktu yang tepat. Maka dilakukan variasi waktu perendaman yaitu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Dari masing – masing variasi didapatkan sudut kontak sebagai berikut :

Tabel 4.2 Sudut Kontak Eceng Gondok Tekan Panas dengan variasi Waktu Perendaman

Lamanya Perendaman dengan Silane (menit)	Sudut Kontak dengan Resin Epoksi (derajat)
5	33
10	26
15	22.5



Gambar 4.8 Hubungan Waktu Perendaman Eceng Gondok dalam *Silane Coupling Agent* Terhadap Sudut Kontak dengan Resin Epoksi

Tabel 4.2 dan gambar 4.8 menunjukkan sudut kontak eceng gondok tekan panas yang telah direndam dalam silane di berbagai waktu dengan resin epoksi. Semakin lama waktu perendaman, sudut kontak eceng gondok dengan resin epoksi akan semakin kecil. Hal ini menunjukkan *wettability* dari eceng gondok akan meningkat seiring dengan lamanya waktu perendaman. Di dalam rentang waktu yang berbeda (5, 10, 15 menit) silane akan berikatan dengan selulosa pada eceng gondok maupun dengan resin.

Uji *wettability* juga dilakukan pada eceng gondok yang hanya memiliki satu lapisan dimana permukaan atas dengan permukaan bawah akan memiliki karakteristik yang berbeda. Permukaan atas cenderung memiliki lapisan yang lebih tebal disbanding permukaan bawah. Permukaan bawah memiliki struktur serat yang terlihat jelas dengan ketebalan yang cenderung lebih tipis. Keterbasahan masing – masing permukaan dapat dilihat melalui sudut kontak terhadap resin epoksi di dalam tabel 4.3 .

Tabel 4.3 Sudut Kontak Eceng Gondok Tekan Panas pada Penampang Atas dan Bawah

Jenis Perlakuan Permukaan Eceng Gondok	Sudut Kontak dengan Resin Epoksi (°)	
	Penampang Atas	Penampang Bawah
Tanpa silane	48	38
Dengan Silane (15 menit)	22.5	12

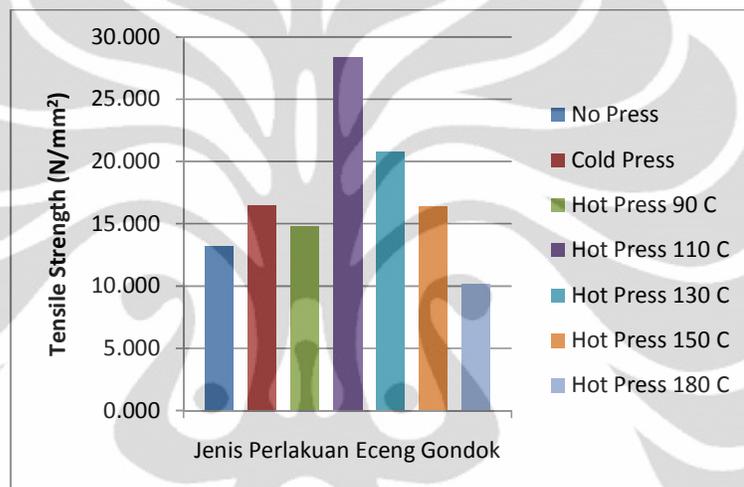
Tabel 4.3 menunjukkan sudut kontak eceng gondok tekan panas dengan dan tanpa silane pada penampang eceng gondok. Penampang atas cenderung memiliki keterbasahan yang kecil dibanding penampang bawah. Hal ini ditandai dengan nilai sudut kontak pada penampang atas yang lebih besar dibanding pada penampang bawah. Penampang atas memiliki daya adsorpsi yang lebih kecil dibanding penampang bawah karena struktur penampang atas yang lebih tebal dan porositas yang lebih kecil dibanding penampang bawah. Penampang bawah cenderung terdiri atas serat – serat dan strukturnya berongga. Oleh karena itu resin mudah membasahi penampang bawah eceng gondok. Dengan adanya *silane coupling agent*, keterbasahan eceng gondok terhadap resin akan semakin meningkat. Ditandai dengan sudut kontak yang semakin kecil. Silane memiliki gugus yang berbeda di dalam ikatannya. Gugus fungsi Si (OCH₃)₃ akan berikatan dengan filler sedangkan C₂H₃O akan berikatan dengan resin. Semakin lama waktu perendaman, jumlah selulosa maupun resin yang berikatan dengan silane akan semakin banyak sehingga mengubah sifat dari eceng gondok. Eceng gondok akan mudah berikatan dengan resin karena adanya penambahan *silane coupling agent*. Dari hasil yang didapat, eceng gondok yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan dasar komposit ialah eceng gondok tekan panas dengan lama perendaman 15 menit.

4.4 Sifat Mekanik Eceng Gondok

Dalam mengetahui sifat mekanik eceng gondok, dilakukan pengujian melalui uji tarik yang dilakukan di Balai Penelitian Kimia dan Kemasan. Pengujian dilakukan sesuai dengan ASTM D 882 dengan dimensi 17 cm x 1.5 cm x 0.5 cm. Dari proses pengujian didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.4 Kekuatan Tarik Eceng Gondok

JENIS ECENG GONDOK	TENSILE STRENGTH (N/mm ²)	
Tanpa Penekanan (<i>No Press</i>)	13,200	
Tekan Dingin (<i>Cold Press</i>)	16,460	
Tekan Panas (<i>Hot Press</i>)	90 ⁰ C	14,813
	110 ⁰ C	28,360
	130 ⁰ C	20,819
	150 ⁰ C	16,398
	180 ⁰ C	10,197



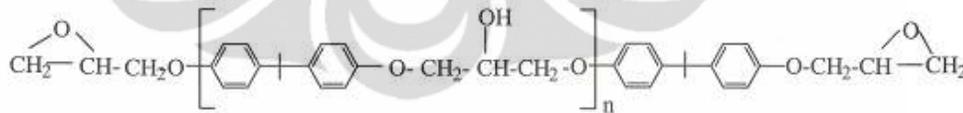
Gambar 4.9 Kekuatan Tarik Eceng Gondok Tanpa Penekanan, Tekan Dingin, dan Tekan Panas

Tabel 4.4 dan gambar 4.9 menunjukkan berbagai jenis eceng gondok yang telah mengalami berbagai jenis preparasi. Eceng gondok yang tidak mengalami penekanan memiliki kekuatan tarik yang rendah yaitu 13.2 N/mm². Hal ini dikarenakan struktur eceng gondok tanpa penekanan memiliki porositas yang tinggi sehingga fluida seperti udara mengisi rongga – rongga tersebut. Hal ini mengakibatkan kekuatan tarik dari eceng gondok tersebut tidak maksimal. Sedangkan eceng gondok yang mengalami penekanan dingin memiliki kekuatan tarik sebesar 16.46 N/mm². Dengan adanya penekanan pada suhu ruang, udara yang terjebak pada eceng gondok akan keluar dan permukaannya akan menjadi rata. Struktur permukaan dari eceng gondok sedikit berubah namun akan menaikkan kekuatan dari eceng gondok tersebut.

Pada penekanan panas dilakukan variasi suhu agar diketahui suhu penekanan panas eceng gondok yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Suhu divariasikan dari 90⁰C hingga 180⁰C dengan interval 20⁰C. Dari masing – masing hasil uji tarik, didapatkan kekuatan maksimum dari eceng gondok yang mengalami penekanan panas pada suhu 110⁰C. Hal ini dikarenakan pada suhu dibawah 110⁰C, kandungan air di dalam eceng gondok belum menguap sehingga masih berada di dalam eceng gondok. Kandungan air akan mempengaruhi sifat mekanik dari eceng gondok yang dapat menurunkan kekuatan tarik. Sedangkan jika penekanan dilakukan diatas suhu 110⁰C, akan mempengaruhi morfologi eceng gondok secara signifikan. Struktur kristal di dalam serat eceng gondok akan berkurang dan menyebabkan eceng gondok akan menjadi getas/*brittle*. Hal ini akan menyebabkan eceng gondok memiliki kekuatan tarik yang rendah. Dari hasil pwnujian tarik, eceng gondok yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan dasar komposit ialah eceng gondok tekan panas pada suhu 110⁰C.

4.5 Sifat Mekanik Komposit berbahan dasar Eceng Gondok

Dalam proses pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay up*, digunakan resin epoksi *Diglycidyl ether* dari bisphenol A (DGEBA) yang memiliki gugus fungsi seperti dalam gambar 4.10. Resin yang digunakan memiliki viskositas sekitar 3.5 Pa-s.



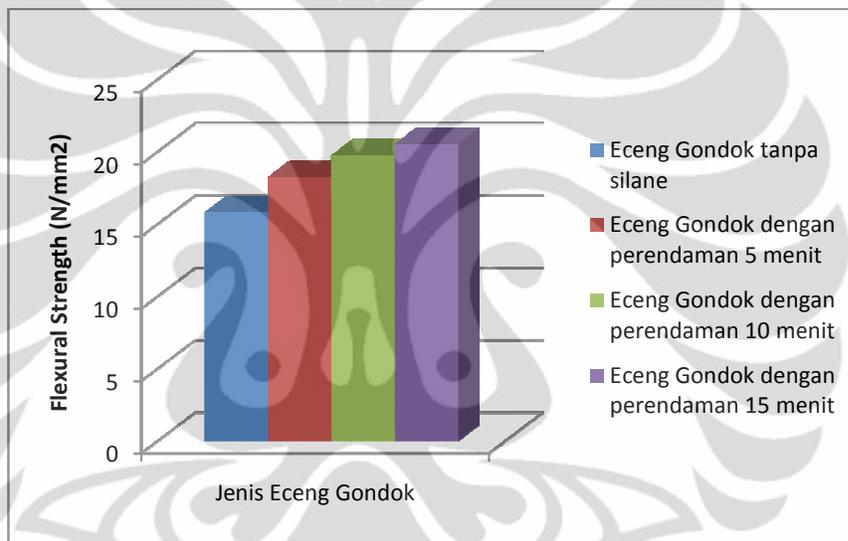
Gambar 4.10 *Diglycidyl ether* dari bisphenol A (DGEBA) (Anonim, 2005)

Proses yang dilakukan selanjutnya ialah pemilihan jenis eceng gondok yang digunakan. Pemilihan didasarkan atas hasil pengujian tarik maupun *wettability* dengan resin epoksi. Hal ini dilakukan agar resin epoksi dapat merekat ke permukaan eceng gondok secara maksimal dan menghasilkan kekuatan yang tinggi. Oleh karena itu dilakukan proses pengujian *bending* untuk mengetahui kekuatan komposit yang dihasilkan. Proses dilakukan di Biomaterial LIPI

Cibinong. Pengujian dilakukan sesuai dengan ASTM 790 dengan dimensi 10 cm x 2.5 cm x 0.4 cm. Dari proses pengujian didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.5 Kekuatan *Bending* Komposit Eceng Gondok dengan Resin Epoksi

Jenis Komposit Berbahan Dasar Eceng Gondok	Flexural Strength N/mm ²
Komposit dengan Eceng Gondok tanpa perendaman silane	15.821
Komposit dengan Eceng Gondok dengan perendaman 5 menit	18.264
Komposit dengan Eceng Gondok dengan perendaman 10 menit	19.748
Komposit dengan Eceng Gondok dengan perendaman 15 menit	20.524

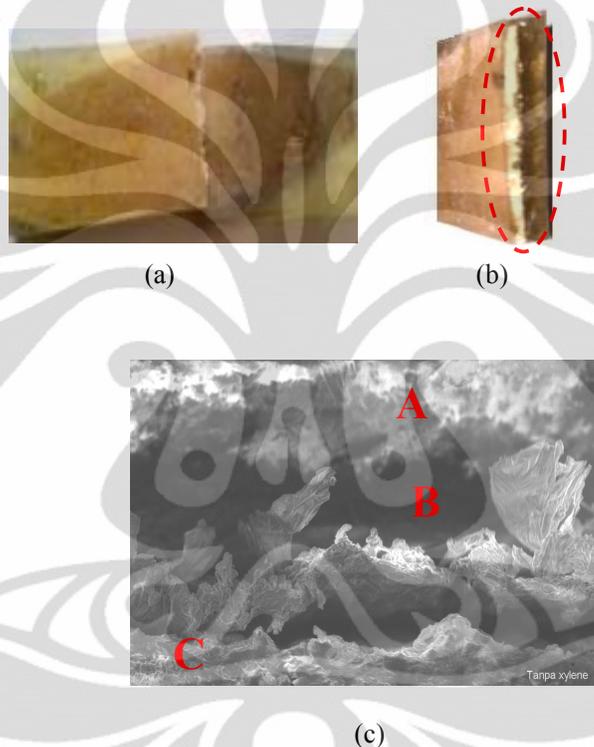


Gambar 4.11 Kekuatan *Bending* Komposit Eceng Gondok dengan Resin Epoksi

Tabel 4.5 dan gambar 4.11 menunjukkan kekuatan *bending* dari komposit berbahan dasar eceng gondok dengan variasi lama perendaman eceng gondok terhadap silane. Dari hasil yang diperoleh, komposit yang menggunakan eceng gondok dengan perendaman silane selama 15 menit, memiliki kekuatan *flexural* (lentur) yang tinggi dibanding yang lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa dengan proses perendaman silane, eceng gondok lebih mudah merekat dengan resin epoksi sehingga menghasilkan kekuatan yang tinggi dibanding dengan yang lainnya. Interaksi diantara permukaan eceng gondok dengan resin epoksi akan semakin baik .

4.6 Morfologi Patahan Komposit Eceng Gondok dengan Resin Epoksi

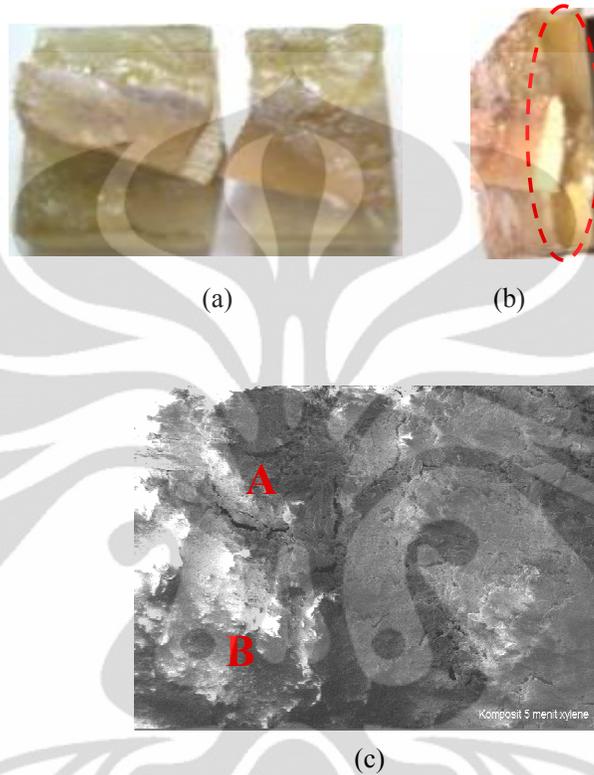
Melalui pengujian *bending*, masing – masing komposit akan patah karena tekanan yang diberikan. Pola patahan dari masing – masing komposit, dapat menunjukkan interaksi yang berbeda antara resin dengan eceng gondok. Oleh karena itu dari masing – masing jenis komposit yang telah dibuat, dilakukan pengamatan pada setiap patahan secara makroskopik maupun mikroskopik menggunakan SEM.



Gambar 4.12 Patahan komposit dengan eceng gondok tanpa perendaman silane dilihat secara makroskopik bagian penampang atas (a), penampang melintang (b), penampang melintang secara mikroskopik (c) dengan perbesaran 100X

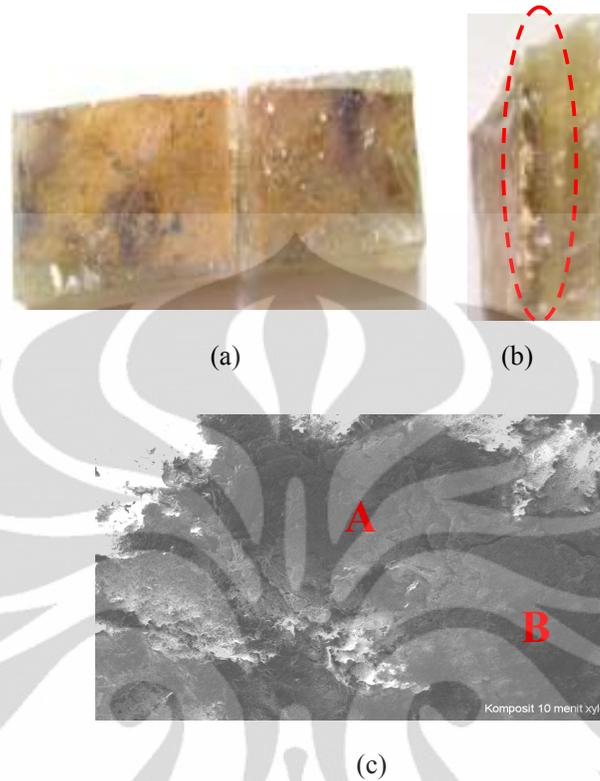
Gambar 4.12 menunjukkan patahan komposit dengan bahan dasar eceng gondok tanpa direndam dengan silane. A menunjukkan serat eceng gondok, B menunjukkan rongga dan C menunjukkan resin epoksi. Patahan yang dihasilkan menunjukkan bahwa sebagian eceng gondok tidak merekat terhadap resin epoksi. Hal ini diperkuat oleh penampakan secara mikroskopik dengan SEM dimana eceng gondok tidak merekat ke permukaan resin sehingga menunjukkan banyaknya rongga diantara resin dengan eceng gondok. Interaksi yang cenderung rendah

antara eceng gondok dengan resin dikarenakan eceng gondok yang terdiri atas selulosa, lignin, hemiselulosa, dan SiO_2 tidak mampu berikatan dengan resin epoksi.



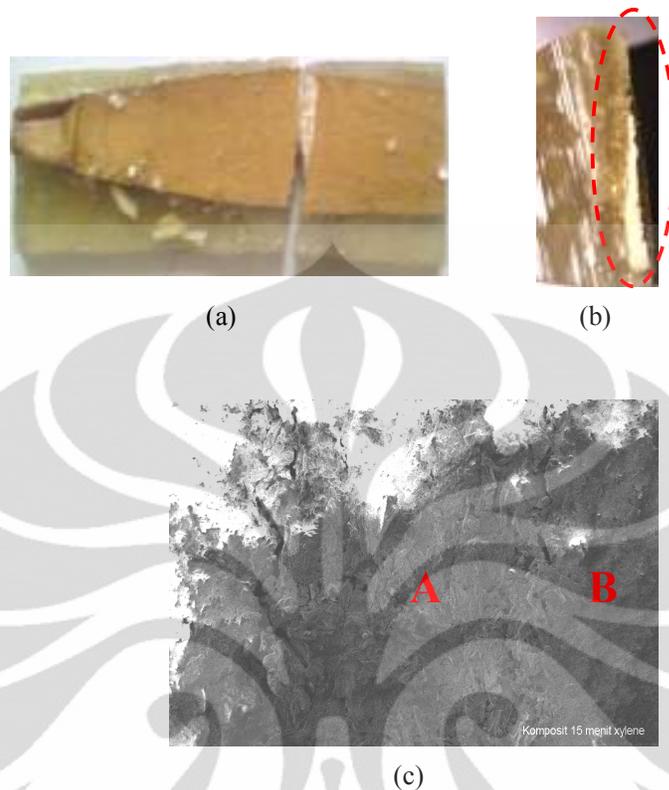
Gambar 4.13 Patahan komposit dengan eceng gondok dengan perendaman silane 5 menit dilihat secara makroskopik bagian penampang atas (a), penampang melintang (b), penampang melintang secara mikroskopik (c) dengan perbesaran 100X

Gambar 4.13 menunjukkan pola patahan komposit berbahan dasar eceng gondok dengan perendaman silane selama 5 menit. A menunjukkan eceng gondok sedangkan B menunjukkan resin epoksi. Secara makroskopik, sebagian eceng gondok belum merekat secara sempurna dengan resin epoksi. Hal ini ditandai dengan pola patahan yang menunjukkan bahwa sebagian serat yang terlepas dari resin epoksi. Perendaman eceng gondok kurang menghasilkan daya rekat yang signifikan terhadap resin epoksi.



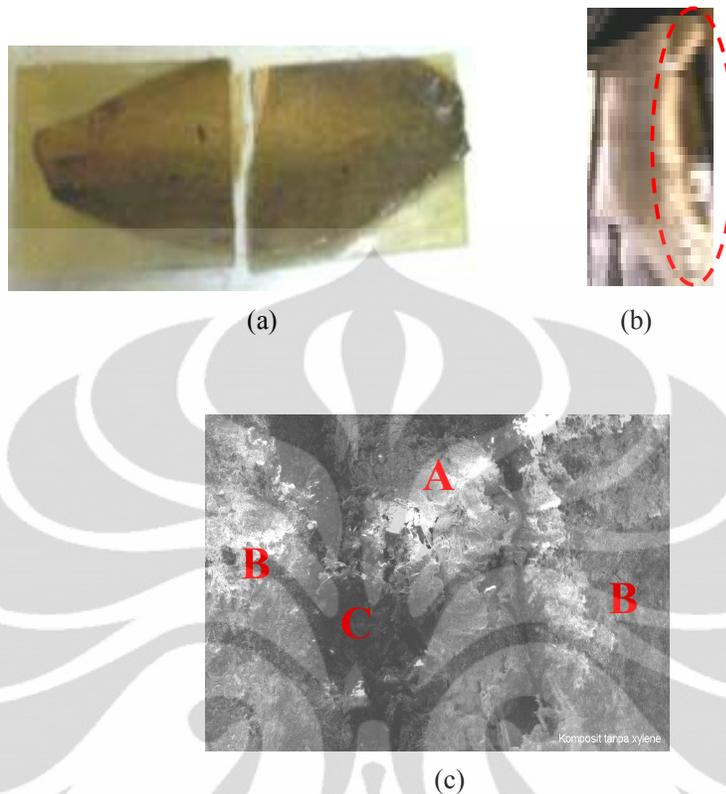
Gambar 4.14 Patahan komposit dengan eceng gondok dengan perendaman silane 10 menit dilihat secara makroskopik bagian penampang atas (a), penampang melintang (b), penampang melintang secara mikroskopik (c) dengan perbesaran 100X

Gambar 4.14 menunjukkan pola patahan komposit dengan bahan dasar eceng gondok yang direndam dengan silane selama 10 menit. A menunjukkan eceng gondok sedangkan B menunjukkan resin epoksi. Sebagian besar eceng gondok masih terikat dengan resin. Hal ini menunjukkan bahwa perendaman dengan silane selama 10 menit sudah mengubah permukaan eceng gondok untuk dapat berikatan dengan resin epoksi. Sedangkan jika dilihat secara mikroskopik, rongga antara eceng gondok dengan resin amat kecil. Resin epoksi mampu merekat dengan eceng gondok akibat adanya silane.



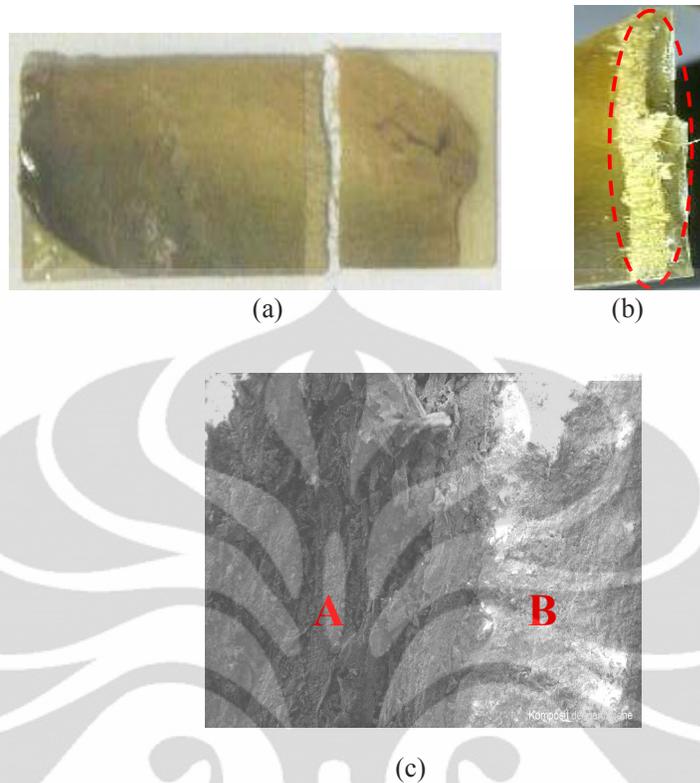
Gambar 4.15 Patahan komposit dengan eceng gondok dengan perendaman silane 15 menit dilihat secara makroskopik bagian penampang atas (a), penampang melintang (b), penampang melintang secara mikroskopik (c) dengan perbesaran 100X

Gambar 4.15 menunjukkan patahan komposit berbahan dasar eceng gondok yang direndam dalam silane selama 15 menit. Secara makroskopik, patahan menunjukkan eceng gondok yang masih melekat di resin. A menunjukkan eceng gondok sedangkan B menunjukkan resin epoksi. Eceng gondok yang digunakan merupakan eceng gondok tekan panas yang terdiri atas 2 lapisan (permukaan atas dan permukaan bawah) namun diantara kedua lapisan tidak ada perekat sehingga pada saat dipatahkan cenderung saling terpisah satu sama lain. Namun karena daya rekat yang cukup kuat dengan resin epoksi, permukaan atas eceng gondok cenderung melekat ke lapisan resin epoksi bagian atas begitu pula permukaan bawah eceng gondok akan melekat pada lapisan bawah resin epoksi. Sedangkan hasil pengamatan mikroskopik menggunakan SEM, dapat diketahui bahwa resin epoksi dengan eceng gondok saling melekat satu sama lain ditandai dengan rongga – rongga diantara resin dengan eceng gondok yang cenderung sedikit.



Gambar 4.16 Patahan komposit dengan eceng gondok tanpa perendaman silane (satu lapis) dilihat secara makroskopik bagian penampang atas (a), penampang melintang (b), penampang melintang secara mikroskopik (c) dengan perbesaran 100X

Komposit yang sebelumnya telah dibahas menggunakan eceng gondok yang terdiri atas 2 lapisan. Sedangkan jika menggunakan satu lapisan, pola patahan yang dihasilkan tidak jauh berbeda. Hal ini ditandai dengan pola patahan pada gambar 4.16. Pola patahan yang dihasilkan menunjukkan sebagian eceng gondok tidak merekat pada resin epoksi. Pada pengamatan mikroskopik dengan SEM, A merupakan eceng gondok yang kurang merekat pada resin (ditunjukkan pada B). Hal ini menyebabkan adanya rongga (ditunjukkan pada C) sehingga terdapat batas antara eceng gondok dengan resin. Penampang atas maupun penampang bawah menunjukkan daya rekat yang kurang baik dengan resin epoksi. Kedua penampang memiliki sifat yang sama sehingga tidak mudah berikatan dengan resin. Secara umum, eceng gondok dengan resin tidak merekat satu sama lain.



Gambar 4.17 Patahan komposit dengan eceng gondok dengan perendaman silane 15 menit (satu lapis) dilihat secara makroskopik bagian penampang atas (a), penampang melintang (b), penampang melintang secara mikroskopik (c) dengan perbesaran 100X

Gambar 4.17 menunjukkan patahan komposit dengan menggunakan eceng gondok satu lapis pada perendaman silane 15 menit. Secara makroskopik, patahan yang dihasilkan menunjukkan eceng gondok masih melekat pada resin. Sedangkan secara mikroskopik, daya rekat eceng gondok dengan resin amat baik ditandai dengan tidak adanya rongga antara eceng gondok dengan resin. *Silane coupling agent* dapat mengubah sifat eceng gondok sehingga dapat melekat dengan resin epoksi. Jumlah lapisan eceng gondok tidak memberikan perbedaan yang signifikan. Eceng gondok satu lapis dengan eceng gondok dua lapis memberikan hasil yang sama. Hanya saja pada penampang bawah cenderung lebih mudah berikatan dengan resin jika diberi silane. Hal ini dikarenakan porositas yang lebih besar sehingga resin lebih mudah membasahi permukaan.

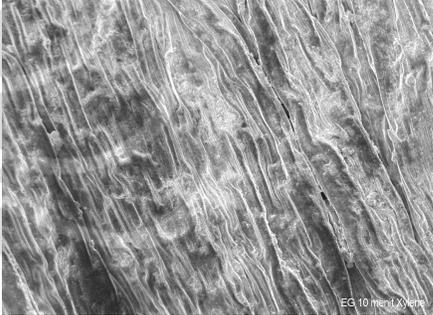
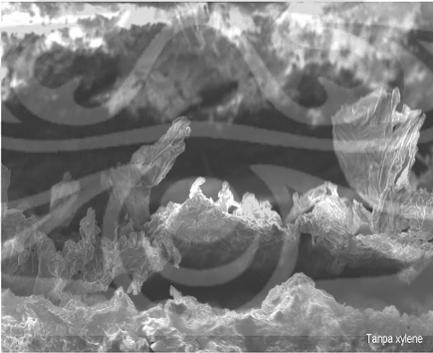
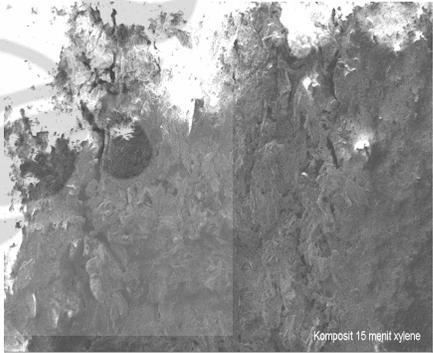
Dari keseluruhan pola patahan yang didapat, komposit yang berbahan dasar eceng gondok dengan lama perendaman selama 15 menit cenderung lebih melekat satu sama lain. Pada proses perendaman, silane akan bereaksi dengan

eceng gondok terlebih dengan selulosa. Eceng gondok terdiri atas 12% lignin, 20% hemiselulosa, dan 65.2 % selulosa (Gani, 2002). Selulosa merupakan polimer dari glukosa yang mampu berikatan dengan gugus metil pada silane. Sedangkan gugus R akan berikatan dengan resin epoksi (Momentive, 2008). Lamanya proses perendaman mengindikasikan ikatan yang terjadi dengan silane. Semakin lama proses perendaman maka semakin banyak pula ikatan yang terjadi antara selulosa dengan silane.

4.7 Analisis Interaksi Eceng Gondok dengan Resin Epoksi melalui Sudut Kontak, *Bending Strength*, dan Morfologi Patahan Komposit

Dalam pembahasan sebelumnya, eceng gondok tekan panas (110°C) yang mengalami perlakuan permukaan menunjukkan karakteristik yang berbeda dibanding tanpa mengalami perlakuan permukaan. Variasi perlakuan permukaan berupa lama perendaman 5, 10, dan 15 menit menunjukkan hasil yang berbeda – beda. Namun dengan perendaman silane selama 15 menit, karakteristik dengan eceng gondok tanpa perlakuan permukaan amat terlihat. Karakteristik seperti sudut kontak, kekuatan *bending*, dan morfologi serat maupun patahan menunjukkan perbedaan yang signifikan. Oleh karena itu diperlukan analisis yang lebih mendalam mengenai perbedaan antara kedua jenis eceng gondok tersebut. Berikut merupakan perbedaan *contact angle*, *bending strength* dan morfologi patahan dari komposit eceng gondok yang mengalami perlakuan permukaan dengan *silane coupling agent* dan tanpa *silane coupling agent* :

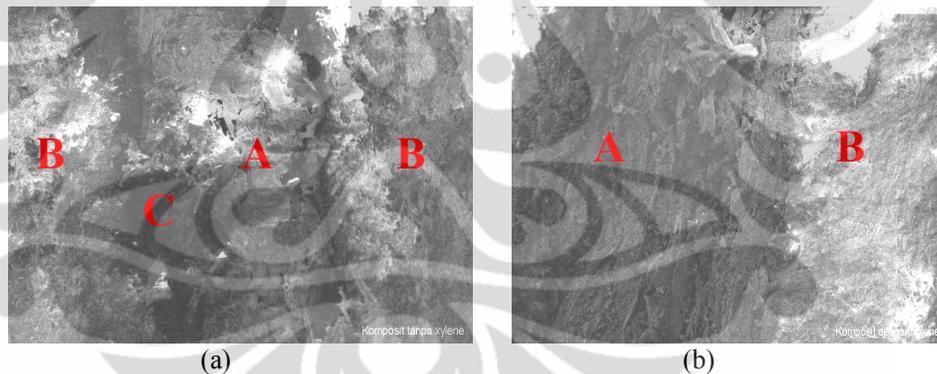
Tabel 4.6 Karakteristik Eceng Gondok dengan dan Tanpa Perlakuan Permukaan menggunakan *Silane Coupling Agent*

Karakteristik	Eceng Gondok Tanpa Perlakuan Permukaan	Eceng Gondok dengan Perlakuan Permukaan
Sudut kontak (θ)	48	22.5
Kekuatan <i>Bending</i> (N/mm ²)	15.821	20.524
Morfologi Serat (perbesaran 100X)	 <p>Permukaan eceng gondok tanpa xylena tekan panas</p>	 <p>EG 10 menit Xylene</p>
Morfologi Patahan Komposit (perbesaran 100X)	 <p>Tanpa xylena</p>	 <p>Komposit 15 menit xylena</p>

Tabel 4.6 menunjukkan perbedaan karakteristik eceng gondok tanpa dan dengan perlakuan permukaan menggunakan *silane coupling agent*. Karakteristik seperti sudut kontak tanpa dan dengan perlakuan permukaan amat berbeda. Eceng gondok tanpa perendaman silane cenderung memiliki sudut kontak yang lebih besar dibanding dengan eceng gondok yang mengalami perlakuan permukaan. Semakin besar sudut kontak menunjukkan keterbasahan yang semakin kecil dan

menunjukkan daya rekat yang kurang baik. Dengan adanya *silane coupling agent*, permukaan eceng gondok akan termodifikasi sehingga mudah terikat dengan resin epoksi.

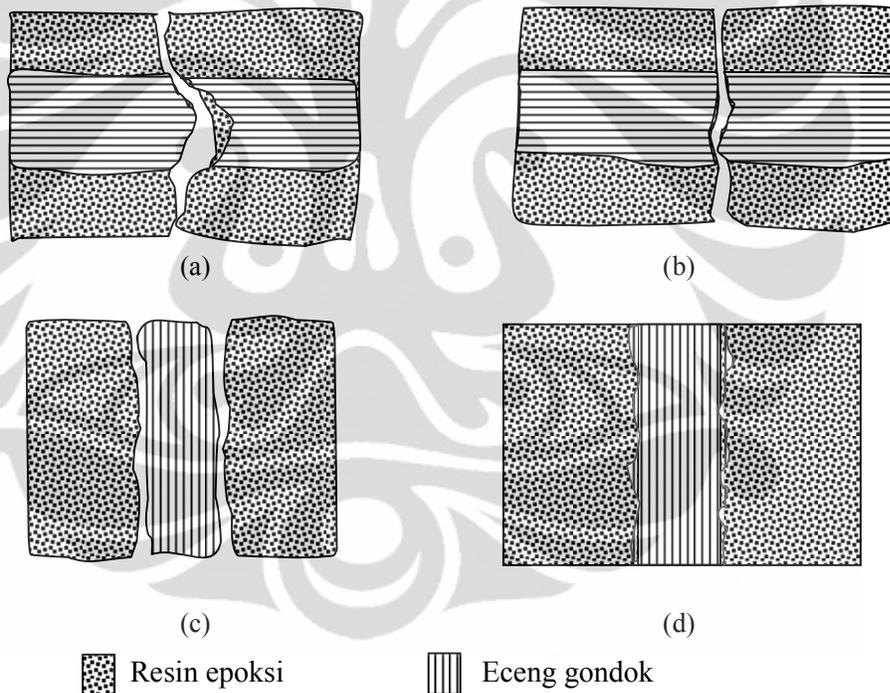
Karakteristik seperti morfologi eceng gondok tanpa dan dengan *silane coupling agent* menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu besar. Hanya saja eceng gondok dengan perendaman silane akan terlihat memiliki warna lebih putih dibanding tanpa perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa silane dapat diadsorpsi oleh permukaan eceng gondok. Setelah eceng gondok dijadikan sebagai komposit, interaksi dengan resin epoksi semakin terlihat. Dari hasil pengujian *bending*, komposit dengan eceng gondok yang diberi perlakuan permukaan memiliki kekuatan *bending* yang lebih besar. Perbedaan kekuatan *bending* juga termasuk besar sekitar 5 N/mm^2 . Dapat dikatakan bahwa eceng gondok yang diberi perlakuan permukaan dapat merekat pada resin epoksi sehingga tidak mudah dipatahkan.



Gambar 4.18 Patahan komposit dengan eceng gondok (1 lapis) secara mikroskopik dengan perbesaran 100 X (a) tanpa perendaman silane dan (b) dengan perendaman silane 15 menit

Gambar 4.18 menunjukkan patahan komposit secara mikroskopik melalui SEM dengan eceng gondok yang terdiri dari 1 lapis. A menunjukkan eceng gondok, B menunjukkan resin epoksi, dan C menunjukkan rongga antara eceng gondok dengan resin epoksi. Hasil pengamatan secara mikroskopik menunjukkan hasil yang hampir sama dengan eceng gondok yang terdiri atas 2 lapis. Komposit dengan eceng gondok tanpa perlakuan permukaan cenderung memiliki rongga

diantara eceng gondok dengan resin epoksi. Eceng gondok yang bersifat hidrofilik tidak mampu merekat dengan resin epoksi yang bersifat hidrofobik. Sehingga terdapat batas antara eceng gondok dengan resin epoksi yang ditunjukkan oleh rongga. Sedangkan komposit dengan eceng gondok yang mengalami perlakuan permukaan menunjukkan daya rekat eceng gondok dengan resin epoksi yang amat baik. Ditunjukkan dengan tidak adanya rongga diantara resin dengan eceng gondok. Bahkan eceng gondok dengan resin epoksi terlihat saling menyatu sehingga sulit dibedakan antara resin dengan eceng gondok. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya *silane coupling agent* mampu mengubah sifat eceng gondok sehingga mudah berikatan dengan resin epoksi.



Gambar 4.19 Ilustrasi patahan komposit secara makroskopik (a) tanpa perlakuan permukaan, (b) dengan perlakuan permukaan dan secara mikroskopik (c) tanpa perlakuan permukaan, (d) dengan perlakuan permukaan

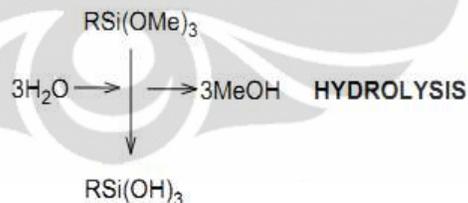
Gambar 4.19 menunjukkan ilustrasi patahan komposit tanpa dan dengan perlakuan permukaan secara makroskopik maupun mikroskopik. Tanpa adanya perlakuan permukaan, resin epoksi dan eceng gondok cenderung mengalami

kepatahan dimana eceng gondok tidak menempel dengan resin epoksi. Sedangkan dengan adanya perlakuan permukaan, eceng gondok akan patah dengan kondisi eceng gondok yang masih berikatan dengan resin epoksi. Secara mikroskopik, eceng gondok dengan resin tidak dapat menempel ditandai adanya rongga antara resin dengan eceng gondok. Sedangkan jika diberi perlakuan permukaan berupa perendaman dengan silane maka eceng gondok dapat merekat pada resin. Sehingga tampak tidak ada rongga antara resin dengan eceng gondok. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya *silane coupling agent*, dapat mengubah kemampuan eceng gondok sehingga dapat berikatan dengan resin epoksi.

Umumnya serat alam bersifat hidrofilik sehingga tidak mudah berikatan dengan resin yang bersifat hidrofobik. Namun dengan dilakukan modifikasi melalui *silane coupling agent*, gugus hidroksil akan berkurang sehingga daya absorpsi terhadap air akan berkurang dan meningkatkan kemampuan untuk berikatan satu sama lain (Liu, 2007). Selain itu sifat mekanik dari serat alam akan bertambah karena adanya ikatan hidrogen antara *coupling agent* dengan serat alam.

Mekanisme ikatan *silane coupling agent* dengan serat alam terjadi dalam beberapa proses yaitu :

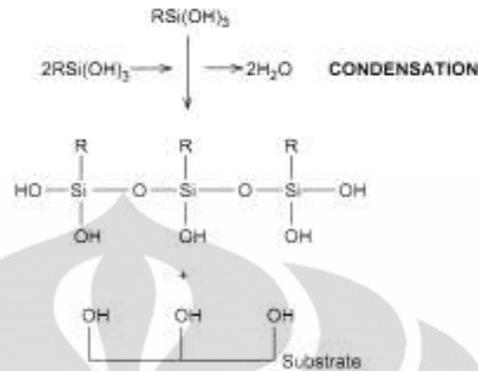
- Tahap inisiasi ditunjukkan dengan proses hidrolisis dari silane



Gambar 4.20 Tahap hidrolisis *silane coupling agent* (UnitedChem, 2008)

Gambar 4.20 menunjukkan proses hidrolisis *silane coupling agent* dimana gugus fungsi silane akan terhidrolisis oleh air atau kandungan air yang terdapat pada substrat untuk membentuk gugus silanol Si-OH (Buyl, 2005). Gugus OH nantinya akan berikatan dengan substrat.

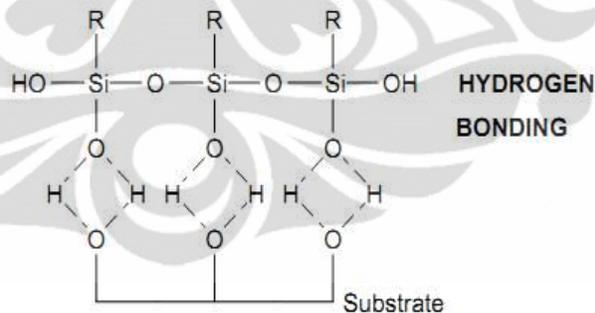
- Tahap kondensasi



Gambar 4.21 Tahap kondensasi *silane coupling agent* (UnitedChem, 2008)

Gambar 4.21 menunjukkan proses kondensasi *silane coupling agent* dimana gugus silanol akan terkondensasi dengan masing – masing struktur polimer yang stabil pada substrat (Buyl, 2005). Umumnya akan berikatan dengan substrat seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

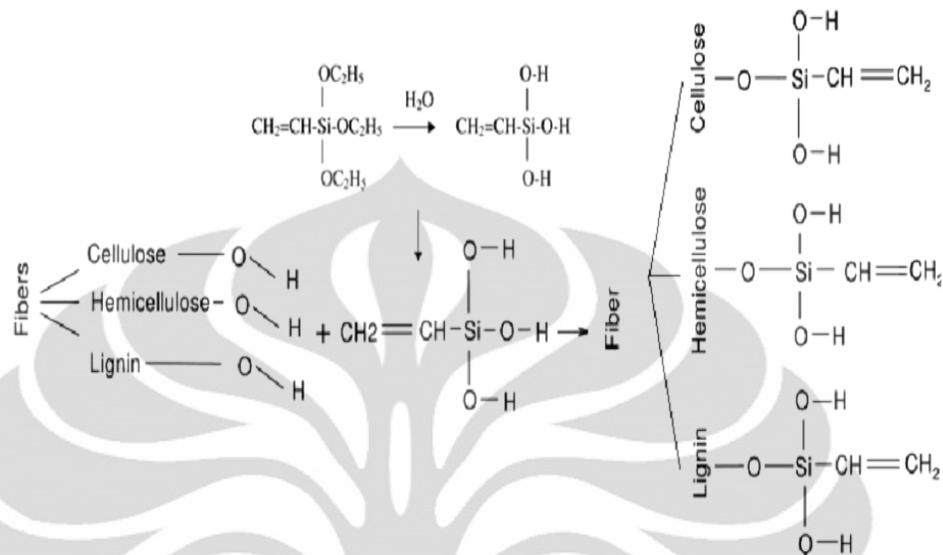
- Ikatan hidrogen akan terbentuk antara *silane coupling agent* dengan substrat.



Gambar 4.22 Ikatan Hidrogen antara *silane coupling agent* dengan substrat (UnitedChem, 2008)

Gambar 4.22 menunjukkan ikatan hidrogen antara *silane coupling agent* dengan substrat yang akan memodifikasi sifat mekanik dari substrat yang digunakan.

- Setelah proses *curing* ikatan kovalen akan terbentuk antara substrat dengan *silane coupling agent* dan menghasilkan air sebagai hasil sampingan.



Gambar 4.23 Ikatan *Silane Coupling Agent* dengan Serat Alam (Cristaldi, 2009)

Gambar 4.23 menunjukkan proses ikatan antara *silane coupling agent* dengan serat terutama serat alam. Selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada serat alam dapat berikatan kovalen dengan silane. Hasil sampingan yang menunjukkan reaksi sudah tercapai ialah terbentuknya air. Reaksi tersebut dapat terjadi namun dipengaruhi beberapa faktor seperti jenis silane yang digunakan, konsentrasi silane yang digunakan, jenis serat alam, dan waktu *curing*. Dalam penelitian ini *silane coupling agent* dengan gugus fungsi Gamma-Glycidoxypropyltrimethoxysilane dapat berikatan dengan eceng gondok yang terdiri atas 12% lignin, 20% hemiselulosa, dan 65.2 % selulosa. Selulosa dan hemiselulosa dapat berikatan dengan *silane coupling agent* ditandai dengan sudut kontak yang baik, kekuatan *bending* yang tinggi, dan morfologi patahan yang menunjukkan rongga yang relatif amat kecil. Permukaan eceng gondok akan memiliki gugus organik yang reaktif ($\text{C}_2\text{H}_3\text{O}$) akibat perendaman silane sehingga akan berikatan dengan resin epoksi. Dapat dikatakan bahwa eceng gondok dengan perlakuan permukaan menggunakan *silane coupling agent* mampu memberikan daya rekat yang baik dengan resin epoksi.

BAB 5

KESIMPULAN & SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapat beberapa kesimpulan seperti berikut :

1. Eceng gondok kering dengan penekanan panas pada suhu 110⁰C memiliki ketebasaan yang tinggi terhadap resin epoksi dan memiliki kekuatan tarik yang baik.
2. *Silane coupling agent* dapat meningkatkan keterbasahan eceng gondok dengan resin epoksi.
3. Komposit berbahan dasar eceng gondok dengan penekanan panas dan perendaman silane selama 15 menit memiliki sifat mekanik yang paling baik dan memiliki interaksi yang optimal antara eceng gondok dengan resin epoksi.
4. *Silane coupling agent* dapat meningkatkan daya rekat eceng gondok dengan resin epoksi melalui pengurangan gugus hidroksil sehingga daya absorpsi terhadap air akan berkurang dan meningkatkan kemampuan untuk berikatan antara resin dengan serat.
5. Eceng gondok memiliki potensi yang besar untuk dijadikan bahan dasar komposit karena ketersediaan yang melimpah maupun sifat fisik dan mekanis yang tinggi.

5.2 SARAN

1. Adanya penelitian yang lebih lanjut tentang komposit berbahan dasar eceng gondok agar dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang.
2. Menggunakan *Transmission Electron Microscope* (TEM) agar diketahui interaksi eceng gondok dengan resin epoksi secara lebih rinci.
3. Menggunakan jenis resin lain agar diketahui polimer yang cocok untuk dijadikan sebagai komposit.

DAFTAR PUSTAKA

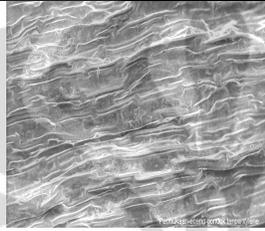
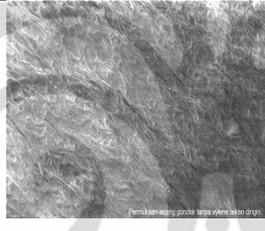
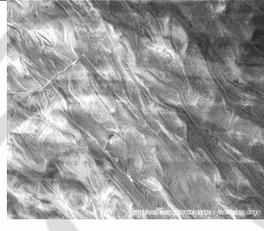
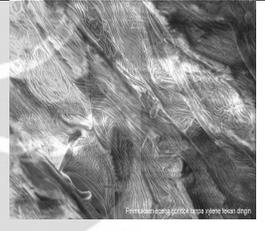
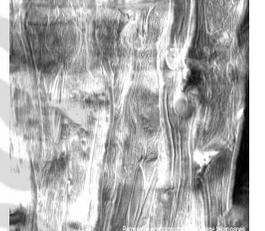
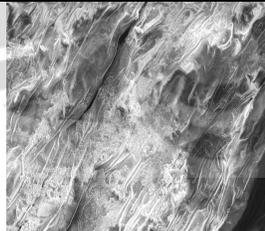
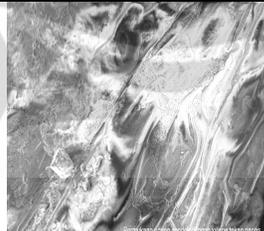
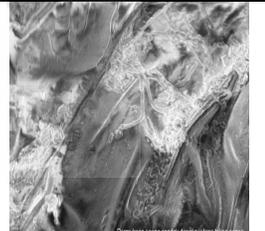
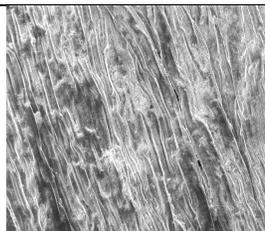
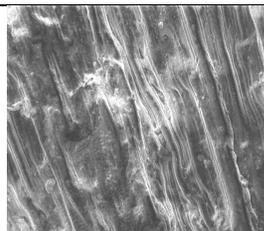
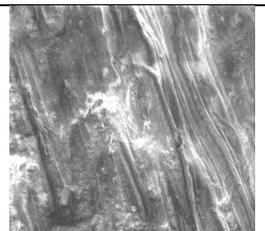
- Abral, H. (2011). *Perlakuan Serat Komposit*
- Akovali, G. (2001). *Handbook of Composite Fabrication*
- Anonim. (2005). *Epoxy Resins*, Retrieved 2011, from <http://www.ismithers.net/downloads/chapters/Thermoset%20Resins.pdf>
- Anonim. (2008). *Eceng Gondok*, 2011, from http://www.eco-exotic/eceng_gondok.html
- Bledzki, A. K., Gassan, J. (1999). *Composites Reinforced with Cellulose Based Fibers*. 221-274.
- Buyl, F. (2005). *Organo-Functional Silanes. Inorganic Polymers (Silicones in Industrial Applications)*.
- ChemQuest. (2009). *Surface Treatment* Retrieved 2011, from http://www.adhesives.org/Portals/0/adhesives_org/AdhSeal/SurfaceTreat/SurfacePrep_adhesives.org.pdf
- Cristaldi, G., Latteri, A., Recca, G., Cicala, G. . (2009). *Composites Based on Natural Fibre Fabrics*. Catania: University of Catania – Department of Physical and Chemical Methodologies for Engineering.
- Denny. (2011). *Pemanfaatan & Pengolahan Eceng Gondok Sebagai Pupuk Organik dan Aplikasinya Terhadap Tanaman Hortikultura* from <http://balitbangda.kutaikartanegarab.go.id/?p=259>
- Dinda. (2009). *Resin. Medikafarma* Retrieved 19 Mei, 2011, from <http://medicafarma.blogspot.com/2009/01/resin.html>
- Duncan, B., Broughton, B. (2004). *Characterising Strength of Adhesion. (NPL Measurement Good Practice Guide)*.
- Foundation, A. F. (2004). *Eichhornia crassipes*, 2011, from http://aquaplant.tamu.edu/images/plant_photos?floating_plants/drawing/water_hyacinth.html
- Gani, M. N., Alam, A.K.M., Rahman, M., Iqbal, S., Samad, M.A., Asaduzzaman, M., Gomes, I., Gomes, R. (2002). Gani, M.N., Alam, A.K.M., Rahman, M., Iqbal, S., Samad, M.A., Asaduzzaman, M., Gomes, I., Gomes, R. *Journal of Biological Science*, 2(8), 558-559.

- Hardianto, D. (2010). Material komposit berbasis polimer menggunakan serat alami.
- Knight, M. (2011). Coupling agent mechanism Retrieved 15 Maret, 2011, from http://www.adhesion/Couplingagentmechanism_AdhesionPromotersCenter_FunctionalPolymers_SpecialChem4Polymers.mht
- Koes, W. (2010). Telaga Rawa Pening, Masyarakat Banyu Biru, dan Eceng Gondok 2011, from http://catatan_go_blog.blogspot.com/2010_08_01_archivee.html
- Liu, X. Y., Dai, G.C. (2007). Surface modification and micromechanical properti jute fiber mat reinforced polypropylene composites. *XPRESS Polymer Letters*, 1(5), 299-307.
- Masami, O., Usui, I.Y., Urano, N. (2008). Ethanol production from the water hyacinth *Eichhorniacrassipes* by yeast isolated from various hydrospheres. *African Journal of Microbiology Research*, 2, 110-113.
- Methacanona, P., Weerawatsophona, U., Sumransina, N., Prahsarna, C., Bergadob, D.T. (2010). Properties and Potential Application of The Selected Natural Fibers as Limited Life Geotextiles. *Carbohydrate Polymers*, 82, 1090–1096.
- Momentive. (2008). Silquest Silane (pp. 5): Momentive Performance materials Inc.
- Nallis, K. (2009). *Comparative Study on The properties of Rice Straw/Polypropylene and Micaceous Clay/Polypropylene Composites*. University of Sains Malaysia.
- Potiyaraj, P., Panchaipech, P., Chuayjuljt, S. (2001). Using Water-Hyacinth Fiber as a Filler in Natural Rubber. *Journal of Science Research*, 26(1).
- Purboputro, P. I. (2006). Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit Eceng Gondok dengan Matriks Poliester. *Media Mesin*, 7(2), 70-76.
- Rijswijk, K. V., Brouwer, W.D., Beukers,A. (2001). Natural Fibre Composites
- Sastranegara, A. (2009). Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam, from <http://www.infometrik.com/2009/09/mengenal-uji-tarik-dan-sifat-sifat-mekanik-logam.htm>

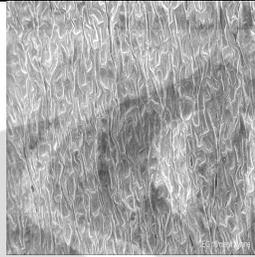
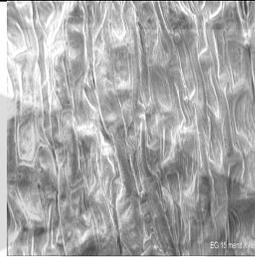
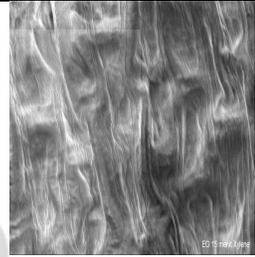
- Scientific, B. (2010). Contact Angle, 2011, from http://www.attension.com/contact_angle.htm
- Sibon. (2010). Silane Coupling Agents Retrieved 23 Mei, 2011, from http://www.sibond.com/silanes/coupling_agent.htm
- Sibond. (2010). Silane Coupling Agent Retrieved 24 Mei, 2011, from http://www.sibond.com/silanes/coupling_agent.htm
- Sisib. (2009). Products-Silane Coupling Agents Retrieved 24 Mei 2011, from <http://www.sisib.com/silanecouplingagents.html>
- Sitorus, R. (2009). *Sifat Fisis dan Kimia dari Campuran Antara Epoksiprena dengan Polipropilena dan Metil Metakrilat*. Universitas Sumatera Utara.
- Supri, A. G., Lim, B.Y. (2009). Effect of Treated and Untreated Filler Loading on the Mechanical, Morphological, and Water Absorption Properties of Water Hyacinth Fibers- Low Density Polyethylene Composites. *Journal of Physical Science*, 20, 85-96.
- Taj, S., Munawar, M.A., Khan, S.U. (2007). Natural Fiber-Reinforced Polymer Composites.
- Tillmann, W., Vogli, E. . (2003). Selecting Surface-treatment Technologies, 2011, from http://www.wiley-vch.de/books/sample/3527315322_c01.pdf
- UnitedChem. (2008). Silane Coupling Agent Guide Retrieved 2011, from www.unitedchem.com
- Zulfia, A. (2010). Komposit Retrieved 5 Maret, 2011, from <http://www.google.co.id/28909ajyhkn/komposit.htm>

LAMPIRAN

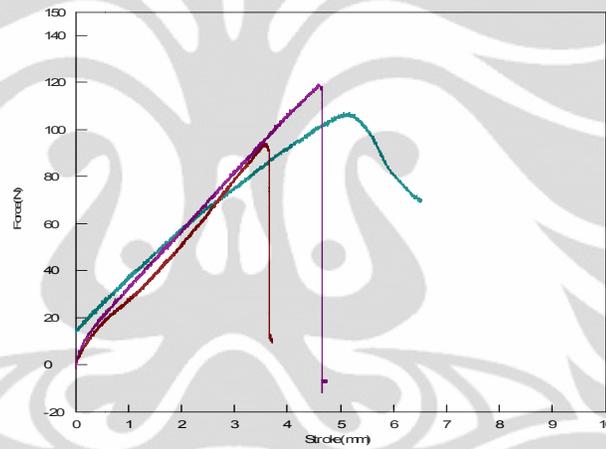
Lampiran 1. Hasil Pengamatan Eceng Gondok secara Mikroskopik dengan SEM

Jenis Eceng Gondok	Perbesaran		
	100 X	250 X	500 X
Tanpa Penekanan			
Tekan Dingin			
Tekan Panas tanpa silane			
Tekan panas dengan perendaman silane 5 menit			
Tekan panas dengan perendaman silane 10 menit			

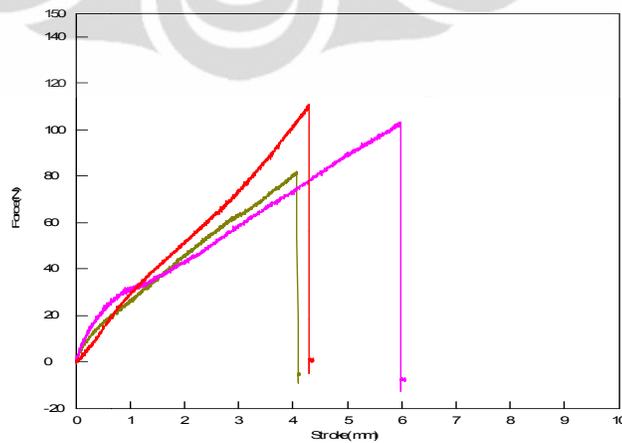
Lampiran 1. Hasil Pengamatan Eceng Gondok secara Mikroskopik dengan SEM

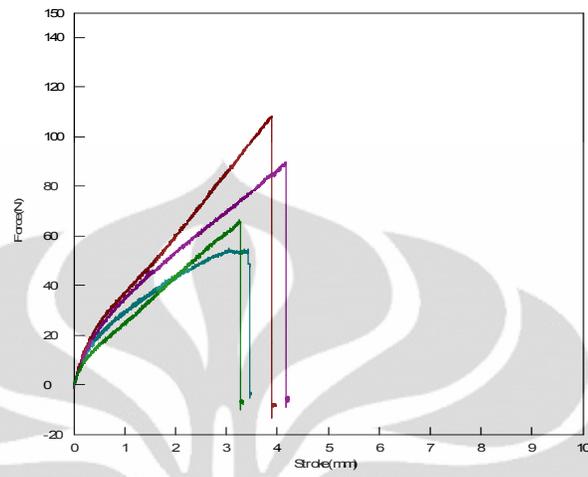
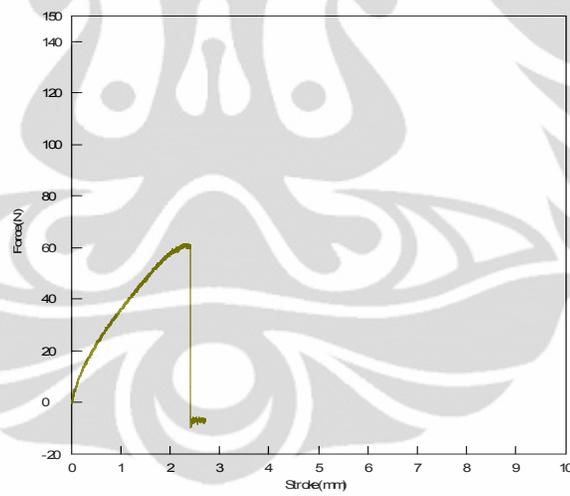
Jenis Eceng Gondok	Perbesaran		
	100 X	250 X	500 X
Tekan panas dengan perendaman silane 15 menit			

Lampiran 2. Kekuatan Tarik Serat Eceng Gondok pada suhu 90⁰ C

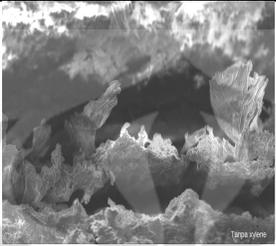
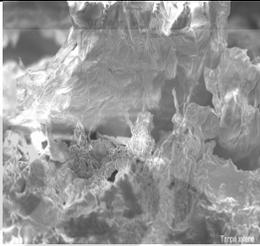
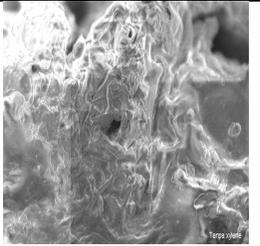
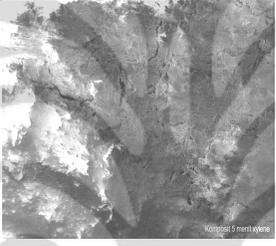
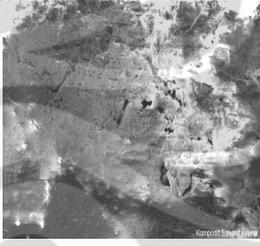
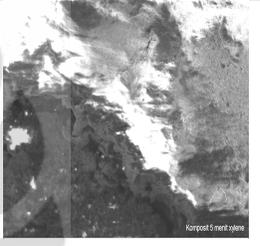
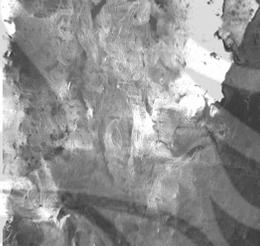
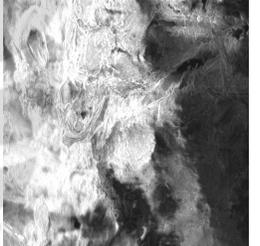
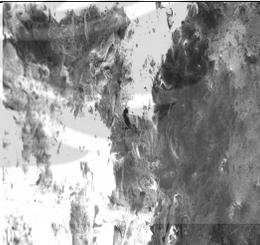


Lampiran 3. Kekuatan Tarik Serat Eceng Gondok pada suhu 130⁰ C

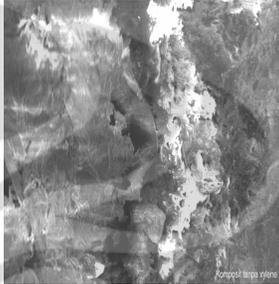
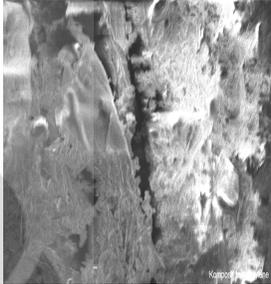


Lampiran 4. Kekuatan Tarik Serat Eceng Gondok pada suhu 150⁰ C**Lampiran 5.** Kekuatan Tarik Serat Eceng Gondok pada suhu 180⁰ C

Lampiran 6. Hasil Pengamatan Patahan Komposit secara Mikroskopik dengan SEM

Jenis Patahan Komposit	Perbesaran		
	100 X	250 X	500 X
Komposit dengan Eceng Gondok Tanpa Perendaman Silane			
Komposit dengan Eceng Gondok dengan perendaman silane 5 menit			
Komposit dengan Eceng Gondok dengan perendaman silane 10 menit			
Komposit dengan Eceng Gondok dengan perendaman silane 15 menit			

Lampiran 7. Hasil Pengamatan Patahan Komposit dengan Eceng Gondok 1 lapis secara Mikroskopik dengan SEM

Jenis Patahan Komposit	Perbesaran		
	100 X	250 X	500 X
Komposit dengan Eceng Gondok Tanpa Perendaman Silane			
Komposit dengan Eceng Gondok dengan perendaman 15 menit	