

SKRIPSI

**PENGARUH PERLAKUAN SILANE TERHADAP KEKUATAN SERAT DAN
KOMPOSIT POLIMER ECENG GONDOK**

Disusun dan Diajukan oleh :

PUSPITA SARI

D021191082



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENGARUH PERLAKUAN SILANE TERHADAP KEKUATAN SERAT
DAN KOMPOSIT POLIMER ECENG GONDOK**

Disusun dan diajukan oleh:

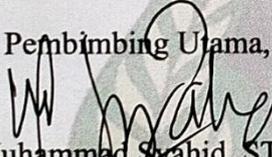
Puspita Sari

D021 19 1082

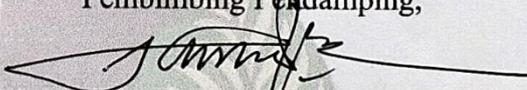
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 28 November 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

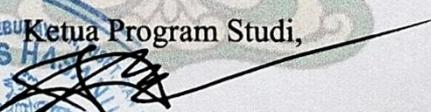
Pembimbing Utama,


Dr. Muhammad Syahid, ST., MT
NIP. 19770707200511 1 001

Pembimbing Pendamping,


Dr. Hairul Arsyad, ST., MT
NIP. 19750322200212 1 001

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, ST., MT
NIP 19720825200003 1 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Puspita Sari
NIM : D021 19 1082
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Pengaruh Perlakuan Silane Terhadap Kekuatan Serat dan Komposit Polimer
Eceng Gondok

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 27 November 2023

Yang Menyatakan



Puspita Sari

ABSTRAK

Salah satu jenis serat alam yang berpotensi untuk digunakan sebagai penguat bahan komposit adalah serat dari tumbuhan eceng gondok. Potensi serat eceng gondok (*Eichornia crassipes*) sebagai material komposit sangat potensial mengingat dari segi ketersediaan bahan baku serat alam Indonesia cukup melimpah. Untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan dari komposit serat alami dapat diatasi dengan *physical treatment* dan *chemical treatment*. Bahan kimia untuk memodifikasi permukaan serat eceng gondok dilakukan menggunakan silane dalam media *methanol*/air deionisasi.

Perlakuan silane sangat berpengaruh terhadap serat dan komposit eceng gondok. Perlakuan silane mampu menghilangkan hemiselulosa dan pektin dari permukaan serat serta meningkatnya kandungan selulosa dan kristalinitas serat sehingga dapat mengurangi penyerapan air yang dapat merubah sifat *fiber* yang hidrofilik menjadi hidrofobik yang akan berdampak pada peningkatan adhesi dan kekuatan mekanik. Kekuatan tarik pada serat tunggal eceng gondok dan komposit setelah diberi perlakuan silane meningkat signifikan dimana keduanya sama menghasilkan nilai kekuatan tarik rata-rata terbesar pada variasi perendaman tertinggi yaitu 0.5%. Berbeda dengan kekuatan tarik yang terus meningkat, pada kekuatan bending komposit eceng gondok, perendaman dengan variasi 0.25% justru menghasilkan kekuatan *bending* rata-rata tertinggi.

Kata Kunci : Serat eceng gondok, silane, komposit, uji tarik, uji *bending*.

ABSTRACT

One type of natural fiber that has the potential to be used as reinforcement for composite materials is fiber from water hyacinth plants. The potential of water hyacinth fiber (Eichornia crassipes) as a composite material is very potential considering the availability of natural fiber raw materials in Indonesia is quite abundant. To increase the strength and stiffness of natural fiber composites can be overcome by physical treatment and chemical treatment. Chemical treatment to modify the surface of water hyacinth fibers is done using silane in methanol/deionized water media.

Silane treatment is very influential on water hyacinth fibers and composites. Silane treatment is able to remove hemicellulose and pectin from the fiber surface and increase cellulose content and fiber crystallinity so as to reduce water absorption which can change the hydrophilic fiber properties to hydrophobic which will have an impact on increasing adhesion and mechanical strength. The tensile strength of water hyacinth single fibers and composites after silane treatment increased significantly where both produced the largest average tensile strength value at the highest immersion variation of 0.5%. In contrast to the tensile strength that continues to increase, in the bending strength of water hyacinth composites, soaking with 0.25% variation actually produces the highest average bending strength.

Keywords : *Water hyacinth fiber, silane, composite, tensile test, bending test.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
KATA PENGANTAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Material Komposit	4
2.2 Komposit Serat Alam	6
2.3 Serat Alam Eceng Gondok	8
2.4 Preparasi Serat Alam	10
2.5 Sifat Mekanis Komposit Serat Alam	19
2.6 Resin <i>Polyester</i>	21

2.7 Kekuatan Tarik Serat dan Komposit.....	22
2.8 Kekuatan <i>Bending</i> Komposit.....	23
2.9 Uji <i>Wettability</i>	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Waktu dan Tempat	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.3 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	31
3.4 Prosedur Penelitian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Spesimen Benda Uji	35
4.2 Hasil Pengujian Serat Tunggal	37
4.3 Hasil Pengujian Komposit.....	42
BAB V PENUTUP	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Material komposit: (a) Helikopter dari CFRP (<i>Carbon Fiber Reinforced Composite</i>) (b) Sepeda ringan dari CFRP (<i>Carbon Fiber Reinforced Composite</i>).	5
Gambar 2 Parameter berpengaruh yang mengatur kinerja komposit.....	7
Gambar 3 Eceng gondok.....	8
Gambar 4 Mikrograf (SEM) (a) tanpa perlakuan alkali (b) diberi perlakuan alkali 5%	12
Gambar 5 Struktur ikatan silane.....	13
Gambar 6 Mikrograf (SEM) (a) tanpa perlakuan silane (b) silane 2% (c) silane 4% (d) silane 6%	14
Gambar 7 Mikrograf (SEM) (a) tanpa perlakuan peroksida (b) dengan peroksida	16
Gambar 8 Mikrograf (SEM) (a) tanpa perlakuan natrium klorit (b) dengan natrium klorit.....	16
Gambar 9 Mikrograf SEM (a) tanpa perlakuan <i>isocynate</i> (b) dengan <i>isocynate</i> ..	18
Gambar 10 Mikrografi SEM (a) tanpa perlakuan <i>stearic acid</i> (b) dengan <i>stearic acid</i>	18
Gambar 11 Grafik perbandingan sifat mekanis serat	20
Gambar 12 Sudut kontak air	24
Gambar 13 Sikat baja	25
Gambar 14 Timbangan digital.....	25
Gambar 15 Gelas beker.....	26
Gambar 16 Jangka sorong digital.....	26
Gambar 17 Cetakan spesimen.....	26
Gambar 18 Gerinda.....	26
Gambar 19 Mesin amplas.....	27

Gambar 20 Alat pengujian tarik	27
Gambar 21 Alat pengujian <i>bending</i>	27
Gambar 22 Mikrostruktur	28
Gambar 23 <i>Microscope</i> USB	28
Gambar 24 Serat eceng gondok	28
Gambar 25 Silane.....	29
Gambar 26 Air deionisasi.....	29
Gambar 27 <i>Methanol</i>	29
Gambar 28 <i>Wax</i>	29
Gambar 29 Resin <i>polyester</i>	30
Gambar 30 Katalis.....	30
Gambar 31 <i>Flowchart</i> penelitian	31
Gambar 32 Proses pemisahan serat dari batang eceng gondok.....	32
Gambar 33 Preparasi serat eceng gondok	32
Gambar 34 Pembuatan spesimen uji	33
Gambar 35 Proses pengujian tarik	33
Gambar 36 Proses pengujian <i>bending</i>	34
Gambar 37 Spesimen benda uji tarik serat tunggal eceng gondok	36
Gambar 38 Spesimen benda uji tarik komposit eceng gondok	36
Gambar 39 Spesimen benda uji <i>bending</i> komposit eceng gondok	37
Gambar 40 Grafik kekuatan tarik serat tunggal (MPa) dengan variasi perendaman silane (%)	38
Gambar 41 Mikrostruktur serat tunggal (a) tanpa perlakuan silane 0% (b) dengan perlakuan silane 0.5%	39
(Gambar 42 <i>Wettability</i> serat 0%)	40
(Gambar 43 <i>Wettability</i> serat 0%)	40

(Gambar 44 <i>Wettability</i> serat 0%)	41
(Gambar 45 <i>Wettability</i> serat 0.25%)	41
(Gambar 46 <i>Wettability</i> serat 0.25%)	41
(Gambar 47 <i>Wettability</i> serat 0.25%)	41
(Gambar 48 <i>Wettability</i> serat 0.5%)	41
(Gambar 49 <i>Wettability</i> serat 0.5%)	41
(Gambar 50 <i>Wettability</i> serat 0.5%)	41
Gambar 49 Grafik kekuatan tarik komposit (MPa) dengan variasi perendaman silane (%)	43
Gambar 52 Grafik elongasi (%) dengan variasi perendaman silane (%)	44
Gambar 53 Grafik kekuatan <i>bending</i> komposit (MPa) dengan variasi perendaman silane (%)	45
Gambar 54 Foto makro patahan komposit uji tarik	46
Gambar 55 Foto makro patahan komposit uji <i>bending</i>	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Parameter lingkungan dalam produksi 1 kg serat	7
Tabel 2 Beberapa aplikasi komposit serat alami	8
Tabel 3 Massa jenis, berat yang hilang dan kekuatan tarik dari serat rami setelah perlakuan.....	14
Tabel 4 Perbandingan sifat mekanis serat	20
Tabel 5 Temperatur penggunaan resin.....	21
Tabel 6 Hasil pengujian tarik serat tunggal.....	37
Tabel 7 Hasil pengujian tarik serat tunggal.....	38
Tabel 8 Hasil pengujian <i>wettability</i>	40
Tabel 9 Hasil pengujian tarik komposit	43
Tabel 10 Hasil pengujian <i>bending</i> komposit.....	45

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
m^2	Meter persegi (satuan luas)
CO_2	<i>Carbon</i> dioksida
SO_2	Sulfur dioksida
NO_2	Nitrogen dioksida
%	Persentase
OH	Hidroksil
NaOH	Natrium hidroksida
g/cm^3	Massa jenis
pH	<i>Potential hydrogen</i>
H_2O_2	Hidrogen peroksida
$NaClO_2$	<i>Sodium chlorite</i>
N	Nitrogen
C	Carbon
O	Oksigen
$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	<i>Stearic acid</i>
$C_4H_3N_3$	<i>Triazine</i>
°C	Derajat <i>celcius</i>
σ_t	Tegangan tarik
F	Beban
A	Luas penampang
MPa	<i>Megapascal</i>
N/mm^2	Newton per milimeter persegi (satuan tekanan)
N	Newton
mm^2	milimeter persegi (satuan luas)
σ_b	Tegangan bending
P	beban
L	Panjang spesimen
b	Lebar spesimen
d	Tebal spesimen
mm	Millimeter (satuan panjang)
ml	Milliliter (satuan panjang)
θ	Sudut kontak
ASTM	<i>American Standard Testing and Material</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA DAN GRAFIK HASIL PENGUJIAN	55
Lampiran 1 Data pengujian tarik serat tunggal eceng gondok.....	55
Lampiran 2 Grafik pengujian tarik serat tunggal eceng gondok 0% (1).....	54
Lampiran 3 Grafik pengujian tarik serat tunggal eceng gondok 0.25% (1).....	55
Lampiran 4 Grafik pengujian tarik serat tunggal eceng gondok 0.5% (1).....	56
Lampiran 5 Grafik pengujian tarik serat tunggal eceng gondok 0% (2).....	57
Lampiran 6 Grafik pengujian tarik serat tunggal eceng gondok 0.25% (2).....	58
Lampiran 7 Grafik pengujian tarik serat tunggal eceng gondok 0.5% (2).....	59
Lampiran 8 Grafik pengujian tarik serat tunggal eceng gondok 0% (3).....	60
Lampiran 9 Grafik pengujian tarik serat tunggal eceng gondok 0.25% (3).....	61
Lampiran 10 Grafik pengujian tarik serat tunggal eceng gondok 0.5% (3).....	62
Lampiran 11 Data pengujian tarik komposit serat eceng gondok	63
Lampiran 12 Grafik pengujian tarik komposit eceng gondok 0% (1)	64
Lampiran 13 Grafik pengujian tarik komposit eceng gondok 0.25% (1)	65
Lampiran 14 Grafik pengujian tarik komposit eceng gondok 0.5% (1)	66
Lampiran 15 Grafik pengujian tarik komposit eceng gondok 0% (2)	67
Lampiran 16 Grafik pengujian tarik komposit eceng gondok 0.25% (2)	68
Lampiran 17 Grafik pengujian tarik komposit eceng gondok 0.5% (2)	69
Lampiran 18 Grafik pengujian tarik komposit eceng gondok 0% (3)	70
Lampiran 19 Grafik pengujian tarik komposit eceng gondok 0.25% (3)	71
Lampiran 20 Grafik pengujian tarik komposit eceng gondok 0.5% (3)	72
Lampiran 21 Tabel data pengujian bending komposit serat eceng gondok	73
Lampiran 22 Grafik pengujian bending komposit eceng gondok 0% (1).....	74
Lampiran 23 Grafik pengujian bending komposit eceng gondok 0.25% (1).....	75

Lampiran 24 Grafik pengujian bending komposit eceng gondok 0.5% (1).....	76
Lampiran 25 Grafik pengujian bending komposit eceng gondok 0% (2).....	77
Lampiran 26 Grafik pengujian bending komposit eceng gondok 0.25% (2).....	78
Lampiran 27 Grafik pengujian bending komposit eceng gondok 0.5% (2).....	79
Lampiran 28 Grafik pengujian bending komposit eceng gondok 0% (3).....	80
Lampiran 29 Grafik pengujian bending komposit eceng gondok 0.25% (3).....	81
Lampiran 30 Grafik pengujian bending komposit eceng gondok 0.25% (3).....	82
LAMPIRAN B HASIL PENGUJIAN <i>WETTABILITY</i>	83
Lampiran 31 Sudut Kontak <i>Wettability</i> Serat 0%	83
Lampiran 32 Sudut Kontak <i>Wettability</i> Serat 0.25%	85
Lampiran 33 Sudut Kontak <i>Wettability</i> Serat 0.5%	87
LAMPIRAN C DOKUMENTASI PENELITIAN.....	89
Lampiran 31 Gambar proses pengambilan data.....	89

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa menjadi penopang dan terman terbaik sepanjang hidupnya dan juga tidak lupa kepada junjungan dan panutan yaitu baginda Rasulullah SAW yang telah membawa keindahan dan rahmat yang begitu besar bagi setiap manusia di muka bumi. Begitu pula dengan kebaikan dan kasihnya yang telah menuntun penulis mampu mengerjakan skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Perlakuan Silane Terhadap Kekuatan Serat dan Komposit Polimer Eceng Gondok”. Penelitian ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) bagi mahasiswa program S-1 di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih yang terdalam untuk kedua orangtua penulis atas cinta, doa, dan juga dukungan moril dan materi yang diberikan kepada penulis. Penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada bapak, Sarwoko, B.Sc dan juga mama Sugiarti yang selalu memberikan kasih sayang yang sangat luar biasa sehingga penulis mampu sampai pada titik ini. Semoga Allah SWT senantiasa menjaga kesehatan, kekuatan, keharmonisan, dan kebaikan bagi kita semua.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, yakni :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc, selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Muhammad Syahid, ST., MT., dan Bapak Hairul Arsyad, ST., MT., selaku pembimbing 1 dan pembimbing 2 yang senantiasa memberikan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Prof. Dr. Ilyas Renreng, MT., dan Bapak Rudi, ST., MT., selaku penguji 1 dan penguji 2 yang senantiasa memberikan koreksi-koreksi dan masukan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

5. Seluruh dosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sangat bermanfaat bagi penulis.
6. Staf Departemen Teknik Mesin yang telah banyak membantu penulis dalam mengurus segala administrasi pada saat seminar hingga mendapatkan gelar sarjana.
7. Teman-teman yang mengambil konsentrasi metalurgi yang telah menjadi partner diskusi dan bertukar pikiran pada saat pengambilan data dan penyusunan skripsi.
8. Saudara seperjuangan mahasiswa Departemen Teknik Mesin Angkatan 2019 BRUZHLEZZ yang telah memberikan bantuan, dukungan, kerjasama yang sudah dijalani selama ini dan semoga kesuksesan selalu menyertai teman-teman sekalian.
9. Pemilik Nomor Induk Mahasiswa D021191065 yang selalu memberikan semangat serta dukungan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat berharap adanya kritik maupun saran yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini di masa yang akan datang. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan juga bagi peneliti selanjutnya. Terima kasih.

Gowa, 27 November 2023

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penelitian pemanfaatan serat alam berbasis selulosa telah banyak dilakukan untuk menemukan keunggulan-keunggulan serat alam agar mampu bersaing dengan serat sintetis. Serat alami lebih mudah didaur ulang sebagian, ramah lingkungan, dan lebih murah. Contoh serat alami adalah rami, kapas, bambu, sisal, sabut, pisang, eceng gondok dll. Serat alami banyak dimanfaatkan pada bidang aplikasi yang luas seperti mobil, dirgantara, pelatir kereta api, produk konsumen, bangunan konstruksi, dll (Rohit Rahman & Upasana Saikia, 2017).

Penggunaan eceng gondok masih belum banyak digunakan di dunia industri. Beberapa ilmuwan memberikan perhatian yang lebih terhadap material komposit yang ramah lingkungan. Material komposit yang banyak digunakan adalah komposit penguatan serat. Dalam perkembangannya, komposit yang terbuat dari *glass fibre reinforced plastic* (GFRP) merupakan polutan sehingga banyak peneliti yang beralih menggunakan serat alam (Sigit, 2007).

Salah satu jenis serat alam yang berpotensi untuk digunakan sebagai penguat bahan komposit adalah serat dari tumbuhan eceng gondok. Potensi serat eceng gondok (*Eichornia crassipes*) sebagai material komposit sangat potensial mengingat dari segi ketersediaan bahan baku serat alam Indonesia cukup melimpah. Tumbuhan eceng gondok yang termasuk dalam kelompok gulma perairan memiliki kecepatan berkembang biak vegetatif yang sangat tinggi, terutama di daerah tropis dan subtropis. Tingkat pertumbuhan eceng gondok yang pesat yaitu satu batang eceng gondok dalam waktu 52 hari mampu menghasilkan tanaman baru seluas 1 m². Hal ini merupakan potensi besar eceng gondok untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat komposit serat alam yang ramah lingkungan (Harahap, dkk., 2003).

Kekuatan dan kekakuan dari serat tanaman terutama tergantung pada kandungan selulosanya, peningkatan kandungan selulosa adalah faktor kunci untuk meningkatkan sifat serat. Adapun keterbatasan dari serat alam eceng gondok tersebut adalah serat alam kurang kompetibel dengan matrik komposit yang bersifat

hidrofobik sehingga menyebabkan kekuatan antarmuka yang lemah, serta kekuatan dan kekakuan serat yang dipengaruhi oleh selulosanya.

Untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan dari komposit serat alami dapat diatasi dengan *physical treatment* dan *chemical treatment*. Perlakuan serat dengan bahan kimia yang sesuai dapat menghilangkan lignin dari permukaan serat alami dan permukaan serat menjadi kasar. Perlakuan kimiawi juga mengurangi jumlah gugus hidroksil bebas dari selulosa, yang menghasilkan pengurangan polaritas molekul selulosa dan meningkatkan kompatibilitas dengan polimer hidrofobik matriks.

Pada penelitian ini, penguatan mekanis untuk matriks dapat dicapai dengan memodifikasi permukaan serat dengan perlakuan yang berbeda dan optimalisasi sifat material komposit. Bahan kimia untuk memodifikasi permukaan serat eceng gondok dilakukan menggunakan silane dalam media *methanol*/air deionisasi. Perlakuan awal serat alami dengan silane menunjukkan bahwa, perlakuan dengan silane menurunkan sudut kontak antara serat alami dengan *epoxy resin* sehingga menghasilkan komposit yang lebih kuat. Perlakuan dengan *silane coupling agent* dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan lentur bahan komposit yang dihasilkan. Perlakuan dengan silane memberikan efek meningkatnya daya ikat adhesi antara serat dan *epoxy resin* (Saputra, et al., 2013).

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai eceng gondok sebagai penguat bahan komposit dengan metode perlakuan kimia. Maka peneliti bermaksud meneliti dengan judul penelitian **“Pengaruh Perlakuan Silane Terhadap Kekuatan Serat dan Komposit Polimer Eceng Gondok”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, ada beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan antara lain :

1. Bagaimana pengaruh perlakuan silane terhadap serat dan komposit eceng gondok.
2. Bagaimana kekuatan tarik serat dan komposit serta kekuatan *bending* komposit eceng gondok setelah diberi perlakuan silane

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, ada beberapa tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menganalisa pengaruh perlakuan silane terhadap serat dan komposit eceng gondok.
2. Menganalisa kekuatan tarik serat dan komposit serta kekuatan *bending* komposit eceng gondok setelah diberi perlakuan silane.

1.4 Batasan Penelitian

Agar dalam penulisan penelitian ini lebih terarah, maka penulis memberikan beberapa batasan masalah yaitu:

1. Serat yang digunakan berasal dari batang dari eceng gondok yang dibeli melalui pengrajin eceng gondok.
2. Variasi perlakuan yang digunakan adalah perendaman 0%, 0.25% dan 0.5% larutan silane.
3. Pengujian mekanik yang dilakukan adalah uji tarik dan uji *bending*.
4. Komposisi resin dan polimer eceng gondok yang digunakan untuk komposit adalah 70:30.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Bagi mahasiswa, diharapkan dapat memberikan rujukan dalam pembuatan komposit serat eceng gondok sebagai inovasi teknologi komposit.
2. Bagi kampus, sebagai referensi akademik analisis eceng gondok sebagai inovasi teknologi komposit.
3. Bagi peneliti, memberikan informasi dan sumbangan pemikiran bagi penelitian-penelitian yang berhubungan dengan komposit dengan masalah yang hampir sama.

BAB II

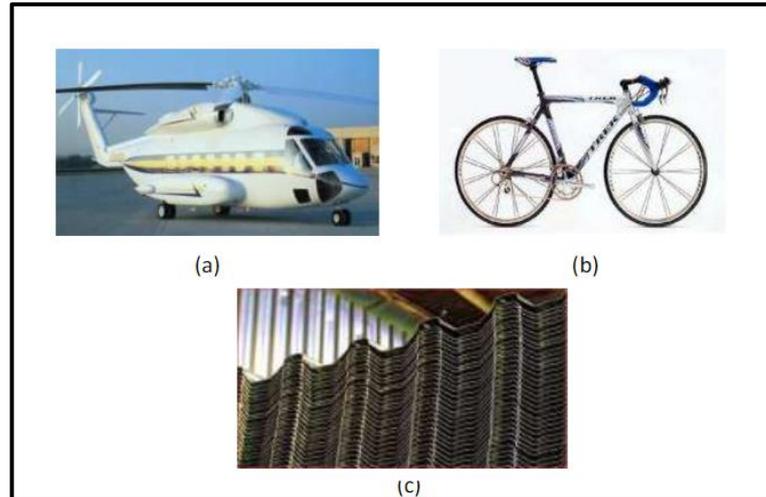
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit

Komposit berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Komposit atau bahan komposit berarti kombinasi dari dua atau lebih bahan yang berlainan dengan sifat berbeda, dalam skala makroskopik dan membentuk komponen tunggal. Sehingga dalam hasil akhir komposit tersebut bahan tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik, jadi dapat diamati secara visual. Perbedaan bahan dapat menjadi kombinasi pada skala mikroskopik seperti pada paduan logam, namun material yang dihasilkan adalah untuk semua tujuan praktis makroskopik homogen komponen tidak dapat dibedakan secara visual (Jones, 1999).

Komposit adalah salah satu jenis material yang ada saat ini disamping material lainnya seperti logam, polimer dan keramik. Material komposit adalah material multi fase yaitu suatu material campuran yang terbuat dari dua atau lebih jenis material, dengan pencampurannya tidak terjadi reaksi secara kimia. Sifat material komposit merupakan paduan dari sifat-sifat material penyusunnya, yaitu matriks dan penguat (*reinforcement*) atau pengisi (*filler*) dimana keduanya memiliki sifat yang berbeda. Ketentuan untuk material penguat, harus dapat menunjang/memperbaiki sifat-sifat matriks dalam membentuk material komposit.

Sifat material komposit secara umum adalah memiliki ikatan yang bervariasi dengan struktur mikro berupa matriks dan penguat. Keunggulan material ini adalah kuat, kaku, dan beratnya ringan, namun ‘kelemahannya’ pada harga mahal dan mengalami *delamination*. Perkembangan sekarang pada abad milenial ini, material komposit telah banyak diaplikasikan pada peralatan transportasi (darat, udara, laut), permesinan, elektronik, dan bangunan (Tjahjanti, 2018).



Gambar 1 Material komposit: (a) Helikopter dari CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Composite*) (b) Sepeda ringan dari CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Composite*) (Tjahjanti, 2018)

Di era moderen ini teknologi material terus dikembangkan, untuk mendapatkan material dengan kekuatan lebih dan dengan bahan baku yang lebih efisien dapat dilakukan dengan teknologi komposit. Komposit dapat terdiri dari beberapa komponen material yaitu matriks, material penguat dan material pengisi. Dari sekian banyak jenis material pembentuk komposit, semuanya dapat dikelompokkan ke dalam tiga bagian, yaitu :

1. Matriks

Matriks berfungsi sebagai pengikat dan pelindung bahan material terhadap pengaruh lingkungan.

2. Material penguat (*reinforcement*)

Material penguat berfungsi untuk membentuk struktur yang memberikan kekuatan pada komposit.

3. Material pengisi (*filler*)

Material pengisi berfungsi untuk mengisi ruang komposit juga untuk mencegah terjadinya porositas bahan komposit tersebut.

Material komposit merupakan material non logam yang saat ini semakin banyak digunakan mengingat kebutuhan material terus meningkat. Di samping memprioritaskan sifat mekanik juga dibutuhkan sifat lain yang lebih baik misalnya ringan, tahan korosi dan ramah lingkungan. Selain itu sifat teknologi merupakan salah satu sifat yang harus dimiliki oleh material komposit tersebut, dimana sifat

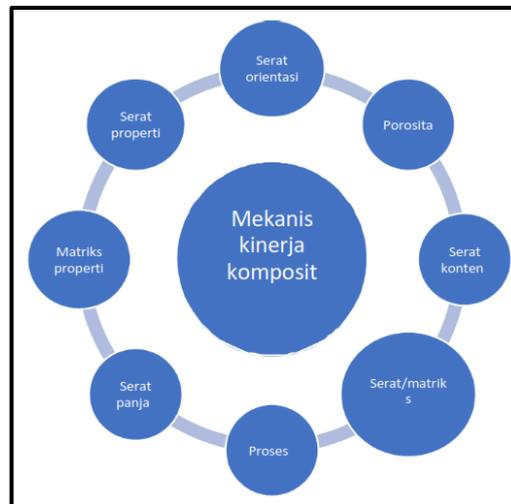
teknologi adalah kemampuan material untuk dibentuk atau diproses. Proses pembuatan atau proses produksi dari komposit merupakan hal yang sangat penting dalam menghasilkan material komposit tersebut. Banyak cara atau metoda yang digunakan untuk menghasilkan material komposit yang diinginkan (Sunardi, dkk., 2015). Beberapa sifat istimewa dari komposit, yaitu ringan, kuat, tidak terpengaruh korosi, dan mampu bersaing dengan logam, dengan tidak kehilangan karakteristik dan kekuatan mekanisnya (Apriani Enda, 2017).

2.2 Komposit Serat Alam

Masalah lingkungan telah menghasilkan banyak minat dalam pengembangan bahan komposit baru berdasarkan sumber daya yang dapat terurai secara hayati serta dorongan untuk mengembangkan material yang inovatif dan lebih ringan dari tersedia secara lokal, lebih murah dan sumber terbarukan. Dalam beberapa tahun terakhir, ada peningkatan minat dalam penggunaan serat tumbuhan alami sebagai penguat komponen. Serat alami telah diklasifikasikan menjadi banyak jenis seperti kulit pohon, daun, biji, buah, dan serat kayu. Serat-serat ini secara tradisional digunakan untuk berbagai keperluan seperti tali, atap, peralatan rumah tangga, perban, dll. Revolusi ini memiliki keuntungan terhadap lingkungan karena bahan-bahan ini dapat terurai secara alami. Komposit yang diperkuat serat alami memiliki sifat mekanik dan termal yang baik. Polimer sintesis telah digantikan dengan komposit serat alami bahan untuk otomotif, komposit kedirgantaraan, dan bahan bangunan. Keuntungan utama dari komposit serat alami ini adalah memiliki kekuatan spesifik yang tinggi dan modulus tinggi, ketersediaannya melimpah, biaya rendah, ringan, dapat didaur ulang, biodegradabilitas, kurangnya bahaya kesehatan, dan sifat non-abrasif. Serat alami merupakan pilihan yang menarik dengan biaya rendah dan emisi CO₂ yang rendah serta sumber dayanya netral, karena komposit serat alami dapat diekstraksi dari berbagai tanaman yang beberapa di antaranya merupakan produk limbah dari agroindustri (Kiruthika, 2017).

Komposit serat alami dapat diklasifikasikan menurut ukuran seratnya, yaitu pendek (tersebar secara acak), sedang (menggunakan matras atau non-anyaman) dan serat panjang (searah atau anyaman), bersama dengan matriks terkait yaitu termoplastik atau termoset. Proses yang digunakan adalah memperbaiki kombinasi keduanya dengan mengingat bahwa matriks harus dibatasi pada suhu yang

kompatibel dengan komposit serat alami. Oleh karena itu, *polietilen* (PE), matriks termoplastik *polypropylene* (PP) memungkinkan untuk ekstrusi, kompresi dan cetakan injeksi komposit, sedangkan komposit termoset epoksi dan poliuretan dapat diproduksi dengan resin cetakan transfer, lembaran dan senyawa cetakan massal. Kinerja keseluruhan tergantung pada sifat komponen (matriks dan serat) dan pada banyak parameter lain yang saling bergantung.



Gambar 2 Parameter berpengaruh yang mengatur kinerja komposit
(Eric Le Bourhis & Fabienne Touchard, 2021)

Tabel 1 Parameter lingkungan dalam produksi 1 kg serat
(Shahzad, 2011).

	Serat rami	Serat kaca
Konsumsi daya (MJ)	3.4	48.3
Emisi CO ₂	0.64	20.4
Emisi SO ₂ & NO ₂	2.15	11.7

Secara progresif, komposit serat alami telah digunakan di sebagian besar sektor termasuk pengemasan, bangunan, transportasi (otomotif, angkatan laut, dan aeronautika), komunikasi meskipun mutasinya masih lambat dan pasar masih didominasi oleh komposit *fiberglass* (Evans & Suddel, 2005). Meskipun demikian, penggunaan besar-besaran komposit dapat menyebabkan masalah serius dalam produksi dan pembuangan limbah.

Sejauh ini komposit harus memenuhi kemampuan penting dalam sifatnya yang mudah terbakar dan benturan pada pembebanannya. Balok penahan beban, atap panel untuk tank, jembatan penyeberangan telah diterapkan. Pengaplikasian pada angkatan laut juga telah dipertimbangkan. Secara khusus, La Rosa, et al.

(2014) menekankan bahwa penilaian siklus hidup dari komposit polimer berbasis bio lebih baik dibandingkan dengan berbasis minyak bumi.

Tabel 2 Beberapa aplikasi komposit serat alami

(La Rosa, et al., 2014).

Contoh komponen	
Transportasi	Aeronautika: Panel interior; otomotif; insulasi, furniture, rak pakaet, interior/eksterior, panel pintu, panel sandaran kursi, bumper, spoiler; kereta api, daun pintu; Angkatan laut
Infrastruktur, bangunan	Insulasi, bahan pengisi, balok bantalan beban sedang, panel atap, bilah kincir angin
Pengemasan	Tekstil, tas, filter

Serat tanaman diperoleh dari berbagai bagian tanaman, seperti biji (kapas, kapuk, *milkweed*), batang (*jute*, *flax*, rami, kenaf, jelatang, bambu, eceng gondok), dan daun (sisal, manila, *abaca*), buah (sabut) dan serat rumput lainnya. Serat dari tanaman ini dapat dianggap benar-benar terbarukan dan dapat terurai secara hayati. Serat tanaman, yang memiliki sejarah panjang dalam peradaban manusia, telah memperoleh nilai ekonomis dan sekarang dibudidayakan dalam skala besar secara global (Mwaikambo & Ansell, 2002).

2.3 Serat Alam Eceng Gondok



Gambar 3 Eceng gondok

Eceng gondok atau enceng gondok adalah tanaman air yang hidup mengapung dengan nama ilmiah *Eichhornia crassipes*. Spesies eceng gondok pertama kali ditemukan oleh seorang ahli botani dari Jerman bernama Carl Friedrich Philipp von Martius. Penemuan ini terjadi ketika ia sedang melakukan ekspedisi ke Sungai Amazon, Brazil.

Bentuk eceng gondok cukup mudah dikenali. Selain ciri utamanya yang hidup mengapung di permukaan air, tumbuhan ini juga memiliki akar serabut seperti rambut untuk menyerap nutrisi. Tinggi tanaman mulai 40 hingga 80 cm dan tidak memiliki batang sejati. Bentuk daunnya tunggal, berbentuk oval, permukaannya licin dan berwarna hijau. Pada bagian ujung serta pangkal daun cenderung meruncing dengan pangkal tangkai daun lumayan menggelembung. Jenis bunga eceng gondok termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir dan kelopaknya berbentuk tabung. Bijinya berwarna hitam dan berbentuk bulat. Ketika berbuah, buahnya berbentuk kotak, memiliki tiga ruang dan berwarna hijau.

Eceng gondok biasa tumbuh di kolam dangkal, rawa, lahan basah, aliran air yang lambat, danau, penampungan air dan sungai yang arus airnya relatif tenang. Tumbuhan air ini dapat berkembangbiak dengan sangat cepat sehingga sering dianggap sebagai gulma yang bisa merusak tatanan lingkungan perairan. Tumbuhan ini mampu beradaptasi dengan perubahan kondisi air yang ekstrem. Mulai dari ketinggian air, kecepatan arus air, jumlah nutrisi di air, pH dan temperatur. Bahkan eceng gondok juga dapat bertahan dari berbagai jenis racun serta zat kimia berbahaya yang terkandung dalam air (pencemaran air) (Rimbakita, 2019).

Sifat serat alam dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor yang mempengaruhi sifat serat alam antara lain: kondisi pertumbuhan tanaman (spesies tanaman, lokasi tanaman dan kondisi iklim setempat), masa panen (umur serat, ketebalan serat) dan tahapan penyediaan (metode pengiriman, kondisi penyimpanan, lama penyimpanan) (Dittenber & Ganga Rao, 2011; Thakur & Thakur, 2014).

Analisis terhadap serat eceng gondok dari tanaman eceng gondok yang tumbuh di danau Lagunade Bay Filipina menunjukkan bahwa, serat eceng gondok memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Serat eceng gondok memiliki kandungan holoselulosa dan alfaselulosa tinggi. Serat eceng gondok memiliki jumlah holoselulosa 83,94% dan alfaselulosa 61,63%. Hasil pengujian menunjukkan persentase kandungan lignin sebesar 3,87% dan hemiselulosa (16,26%) (Tumolva, et al., 2013).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Abdel-Fattah dan Abdel-Naby pada tahun 2012, menunjukkan bahwa eceng gondok yang tumbuh di Sungai Nil memiliki kandungan selulosa 60%, hemiselulosa 8% dan lignin 17%. Karakterisasi kimia

terhadap serat eceng gondok yang diambil dari Aranmanai Kulam Dindigul, Tamilnadu, India mendapatkan eceng gondok mengandung 29% selulosa, 20% hemiselulosa, 18% lignin dan 21% abu. Kandungan kimia serat eceng gondok yang diambil dari Payakumbuh, Indonesia menunjukkan, bahwa serat eceng gondok dari daerah ini mengandung 43% selulosa, 29% hemiselulosa dan 7% lignin. Dari berbagai penelitian tentang kandungan kimia serat eceng gondok tersebut, dapat disimpulkan bahwa serat eceng gondok mengandung selulosa berkisar antara 29 – 61%, kandungan hemiselulosa sebesar 16 – 29%, memiliki kandungan lignin 2,25 – 18%. Kandungan abu yang terdapat pada serat eceng gondok berkisar antara 9 – 11%. (Sivasankari, et al., 2006).

2.4 Preparasi Serat Alam

Karena sensitivitas yang tinggi dari serat alami terhadap kelembaban, penyerapan kelembaban menghasilkan delaminasi antara matriks dan serat, sangat mengurangi sifat mekanik komposit. Hal ini dikaitkan dengan fakta bahwa karena adanya komponen non-selulosa (yaitu, pektin, lignin, dan hemiselulosa), serat alami di alam bersifat polar dan hidrofilik, dan dengan demikian, akan menciptakan kondisi aktif (yaitu, aksesibilitas terhadap hidroksil (OH) dan gugus asam karboksilat) untuk penyerapan air. Selanjutnya, perbedaan dalam kondisi lingkungan, seperti kondisi matahari, hujan, kondisi tanah, dan jumlah air yang diterima tanaman selama masa pertumbuhan, serta kondisi pengolahan dan produksi, juga dapat kondisi pengolahan dan produksi, juga dapat mempengaruhi kinerja serat alami (Campilho RDSG, 2015).

Faktor pembatas lainnya untuk pemanfaatan serat alam dalam komposit adalah rendahnya stabilitas termal yang rendah. Akan tetapi, permasalahan mengenai pemanfaatan serat alam dalam komposit dapat diatasi dengan *physical treatment* dan *chemical treatment* (Faruk O, et al., 2012).

2.4.1 Physical Treatment

Physical treatment pada serat alami meningkatkan adhesi mekanis antara serat alami dan matriks dengan meningkatkan antarmuka tanpa mengubah sifat kimiawi serat. Metode *physical treatment* termasuk korona, plasma, ultraviolet (UV), pemukulan serat, dan perlakuan panas.

Energi permukaan serat selulosa dengan perlakuan korona meningkatkan kompatibilitas antara serat hidrofilik dan matriks (Gassan & Gutowski, 2000) menggunakan tegangan tinggi pada suhu rendah akan menghasilkan sebuah plasma yang bertekanan atmosfer dengan modifikasi permukaan yang mirip dengan perlakuan korona (Marais, et al., 2005). Namun, dalam perlakuan plasma, jenis gas, aliran, tekanan, dan konsentrasi dikontrol, tetapi dalam perawatan korona tidak.

Metode ultraviolet (UV) akan meningkatkan polaritas serat permukaan, yang mengarah pada keterbasahan serat yang lebih baik dan meningkatkan kekuatan komposit. Dalam perlakuan pemukulan serat, peningkatan permukaan area, defibrilasi serat, dan mekanis *interlocking* dapat menghasilkan peningkatan kekuatan sebesar 10% serat alami (Beg MDH & Pickering KL, 2008). Dalam perlakuan panas, serat dipanaskan hingga suhu yang mendekati degradasi serat suhu. Kondisi ini mempengaruhi sifat fisik, mekanik, dan kimia dari serat, termasuk kadar air, kimia, kekuatan, kristalinitas selulosa, dan derajat polimerisasi (Cao Y, et al., 2007).

2.4.2 Chemical Treatment

Chemical treatment pada serat alami akan meningkatkan adhesi antara matriks dan serat alami melalui reaksi kimia. Sifat hidrofilik dari serat alami dan sifat hidrofobik dari matriks dianggap sebagai dua fase yang berbeda, akan menghasilkan ikatan yang lemah pada antarmuka komposit serat alami. Metode pada *chemical treatment* termasuk alkali, silane, *peroxide*, *isocyanate*, *sodium chlorite*, *stearic acid*, dan *triazin*. (Faruk O, et al., 2012)

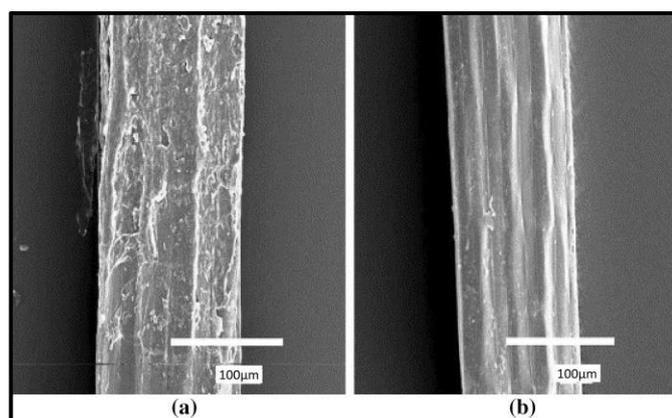
a. Alkali Treatment

Perlakuan alkali adalah salah satu yang paling sederhana dan paling ekonomis dan efektif untuk meningkatkan sifat adhesi dari serat alami ke matriks. Dalam metode ini, struktur molekul selulosa dari serat alami dimodifikasi menggunakan natrium hidroksida (NaOH) (Ray D, et al., 2001).

Perlakuan alkali akan meningkatkan kecepatan fragmentasi serat dan disagregasi. Orientasi dari tatanan selulosa kristal yang sangat padat diubah dengan menciptakan daerah amorf di mana mikro-molekul selulosa dipisahkan kemudian ruang-ruang diisi dengan molekul air. *Alkalisensitive* gugus OH dipecah dan dipindahkan keluar dari struktur serat, dan sel serat-O-Na dibuat

diantara rantai molekul selulosa oleh molekul reaktif yang tersisa. Oleh karena itu, jumlah gugus OH hidrofilik berkurang, maka resistensi serat terhadap kelembaban meningkat, dan sejumlah hemiselulosa, lignin, pektin, lilin, dan minyak dikeluarkan (Campilho RDSG, 2015).

Perlakuan alkali merupakan perlakuan yang efisien untuk eksposisi selulosa alami serat. Perlakuan alkali dapat mempertahankan karakteristik hidrofilik asli dari serat kelapa hijau dan meningkatkan stabilitas termalnya. Gambar 4 menunjukkan *scanning electron microscopy* (SEM) dari tampilan memanjang serat kenaf yang tidak diberi perlakuan alkali dan yang diberi perlakuan alkali 5% (Aziz SH & Ansell MP, 2004).



Gambar 4 Mikrograf (SEM) (a) tanpa perlakuan alkali (b) diberi perlakuan alkali 5% (Aziz SH & Ansell MP, 2004)

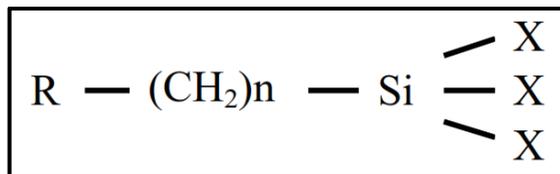
Kris Witono, dkk., (2013) telah melakukan penelitian dengan menggunakan serat mendong. Perlakuan alkali mengakibatkan terjadinya perubahan komposisi kimia pada serat mendong. Perubahan komposisi kimia terjadi akibat dari larutan alkali (NaOH) yang melarutkan unsur-unsur seperti lignin, hemiselulosa, dan zat ekstraktif lainnya, sehingga persentase unsur selulosa didalam serat meningkat. Untuk mengamati perubahan komposisi kimia serat, maka dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian komposisi serat mendong sebelum dan setelah mengalami perlakuan alkali (NaOH 5%). Peningkatan kekuatan tarik serat mendong setelah mengalami perlakuan alkali (NaOH) terjadi karena adanya peningkatan kekakuan serat. Kekakuan serat meningkat karena peningkatan kandungan selulosa dan berkurangnya kandungan unsur lain seperti hemiselulosa, lignin, dll. Namun, peningkatan konsentrasi alkali dan lama perendaman yang berlebih dapat menyebabkan kekuatan serat mendong menjadi

menurun karena terjadi proses delignifikasi dan penetrasi pada rantai selulosa yang berlebihan sehingga menyebabkan kelemahan atau kerusakan pada serat.

b. *Silane Treatment*

Silane (*Silicane*) adalah senyawa anorganik dengan rumus kimia SiH_4 . Ini adalah gas beracun yang tidak berwarna, piroforik, dengan bau yang tajam, dan menyengat, agak mirip dengan asam asetat. Silane dengan ikatan organik dan anorganik digunakan sebagai bahan penghubung (*coupling agent*). Silane merupakan suatu unsur kimia yang berbahan dasar silikon. Silane berfungsi untuk mengikat dua material yang berbeda yaitu *fiber* dan komposit. (Imam, dkk., 2015)

Struktur umum silane adalah $\text{R} - (\text{CH}_2)_n - \text{Si} - \text{X}_3$, dimana R adalah kelompok organofungsional yang bereaksi dengan matrik, $(\text{CH}_2)_n$ merupakan penghubung, Si adalah atom *silicon* dan X adalah kelompok yang menghidrolisis untuk membentuk kelompok silanol dalam larutan dan ini bereaksi dengan gugus hidroksil dari selulosa yang berada dipermukaan serat.



Gambar 5 Struktur ikatan silane

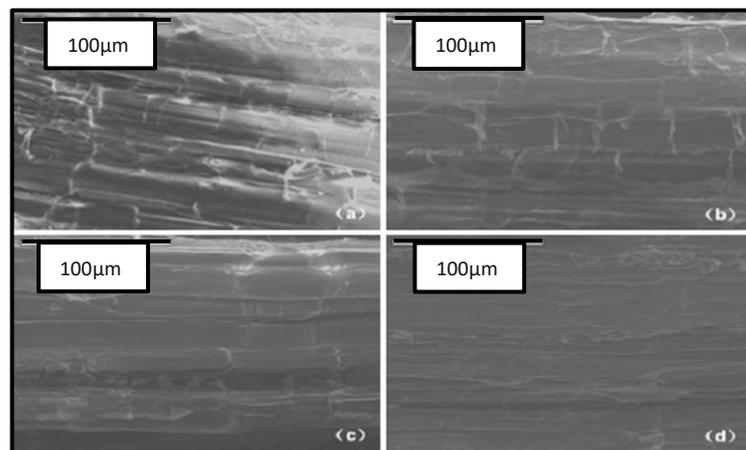
(Galest, 2006)

Gambar 5 menunjukkan mekanisme pengikatan dari *silane coupling agent*. *Interace* kedua zat berinteraksi secara kompleks terhadap faktor-faktor fisik dan kimia. Sebagian besar organosilane banyak yang memiliki satu unsur organik dan 3 unsur terhidrolisis. Grup R terdiri dari beberapa macam seperti, *aminopropyl*, *vynil*, *methacreloxypropyne*, dan lain-lain. Grup X terdiri dari beberapa macam seperti *chloro*, *methoxy*, *etoxy*, dan lain-lain. Permukaan selulosa yang telah terlapsi silane bersentuhan dengan resin (matrik), grup R pada permukaan serat bereaksi dengan gugus fungsi dari polimer resin, maka akan membentuk ikatan kovalen yang stabil dengan polimer. Apabila semua reaksi ini terjadi, maka *silane coupling agent* akan berfungsi sebagai jembatan untuk memperkuat ikatan permukaan selulosa serat dan resin (matrik) dengan

rantai ikatan primer yang kuat. Gambar 5 menunjukkan ilustrasi gambaran ikatan antara *silane coupling agent*, selulosa, dan resin polimer.

Cara kerja silane melalui beberapa tahap yaitu hidrolisis dan kondensasi. *Fiber* yang telah diaplikasikan silane akan membentuk ikatan. Ikatan tersebut akan terbentuk apabila proses hidrolisis dan kondensasi telah terjadi. Proses hidrolisis dilakukan dengan cara menguraikan bahan anorganik melalui proses pengeringan dan berlanjut dengan proses kondensasi agar terjadi ikatan kimia yang kuat. (Foncesa, et al., 2014)

Serat yang mengalami perlakuan silane menunjukkan kekuatan tarik yang lebih baik daripada yang yang mengalami perlakuan alkali. Gambar 6 menunjukkan *scanning electron microscopy* (SEM) dari tampilan permukaan yang tidak diberi perlakuan dan 2%, 4%, dan 6% dari serat rami yang diberi perlakuan silane. (Suardana, et al., 2011)



Gambar 6 Mikrograf (SEM) (a) tanpa perlakuan silane (b) silane 2% (c) silane 4% (d) silane 6%

(Suardana, et al., 2011)

Tabel 3 Massa jenis, berat yang hilang dan kekuatan tarik dari serat rami setelah perlakuan

(Suardana, et al., 2011)

Serat rami	<i>Untreated</i>	Silane		
		2%	4%	6%
Massa jenis (g/cm ³)	1.249	1.216	1.170	1.150
Berat yang hilang (%)		+0.6%	+1.08%	+2.17%
σ_t (MPa)	962.5	976.67	986	1025.2

Perlakuan silane pada serat dapat mempengaruhi stabilitas termal serat alami. Selama pemrosesan komposit, serat alami terkena panas yang sangat tinggi di mesin peracikan atau ekstruder. Oleh karena itu, efek positif pada sifat termal sesuai dengan yang diinginkan. Sistem pengolahan tidak boleh mengandung unsur perusak serat seperti katalis asam (untuk hidrolisis) atau termasuk tinggi suhu. Kondisi asam (sekitar pH 4,0), dalam beberapa kasus, untuk hidrolisis silane yang dikatalisis dengan asam sedang dan pH mendekati pH banyak serat alami, menyebabkan sedikit efek pada kekuatan tarik serat. (Yanjun Xie, et al., 2010)

Silane coupling agent diyakini dapat meningkatkan fungsi permukaan serat bambu dan kemudian memungkinkan serat bambu untuk berikatan secara kimiawi dengan matriks karet. Peningkatan sifat mekanik komposit ketika *silane coupling agent* ditambahkan juga dapat dikaitkan dengan pembasahan dan penyebaran serat bambu yang lebih baik dalam matriks karet. Namun untuk komposit yang sama tetapi dengan adanya *silane coupling agent*, daya rekat yang lebih baik antara serat bambu dan matriks karet menjadi lebih minimum, kekuatan dan kekakuan yang lebih baik ditunjukkan oleh komposit dengan *silane coupling agent*. *Silane coupling agent* meningkatkan adhesi antara serat dan matriks karet sehingga meningkatkan sifat mekanik komposit. (Hanafi Ismail, et al., 2002)

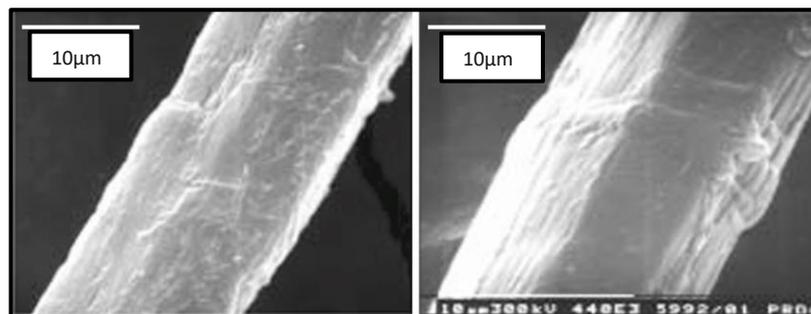
c. *Peroxide Treatment*

Pada *peroxide treatment*, peroksida yang diinduksi pencangkakan *polyethylene* permukaan serat dan radikal bebas peroksida bereaksi dengan gugus OH dari serat dan matriks. (Sreekala, et al., 2000)

Hidrogen peroksida (H_2O_2) adalah zat oksidator biasa digunakan sebagai pemutih yang ramah lingkungan untuk serat alami. Selain itu, hidrogen peroksida memiliki beberapa keunggulan, diantaranya serat yang melalui pemutih memiliki ketahanan yang tinggi dan penurunan kekuatan serat yang sangat kecil. (Saraswati, et al., 2016). Perawatan serat alami dengan hidrogen peroksida dapat digunakan untuk memutihkan bahan selulosa karena kerusakan oksidatif pada bahan biasanya minimal. Pemutihan H_2O_2 menghilangkan lilin,

zat berlemak dan lignin sehingga meningkatkan sifat hidrofobik serat, dan serat dapat disimpan dalam waktu yang lama (Gunti, et al., 2016).

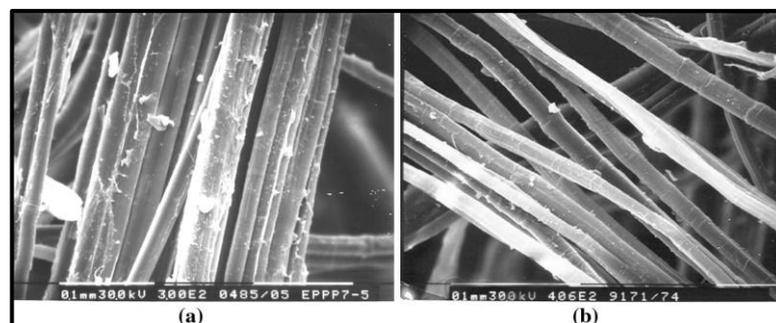
Metode perlakuan dengan peroksida dapat meningkatkan daya rekat serat ke matriks pada antarmuka, mengurangi kelembaban kemampuan penyerapan serat, dan meningkatkan stabilitas termal serat. Gambar 7 menunjukkan Mikrograf SEM dari tampilan permukaan yang tidak diolah dan serat rami yang tidak diolah dan yang diolah dengan peroksida. (Wang, et al., 2007)



Gambar 7 Mikrograf (SEM) (a) tanpa perlakuan peroksida (b) dengan peroksida
(Wang B, et al., 2007)

d. *Sodium Chlorite Treatment*

Pada *sodium chlorite treatment*, serat diputihkan dalam larutan asam menggunakan natrium klorit (NaClO_2). Proses ini menghilangkan kelembapan dari serat dan meningkatkan hidrofobik yang akan meningkatkan fleksibilitas serat. Gambar 8 menunjukkan mikrograf SEM dari tampilan permukaan serat rami yang tidak diberi perlakuan dan yang diberi perlakuan natrium klorit (Li X, et al., 2009).



Gambar 8 Mikrograf (SEM) (a) tanpa perlakuan natrium klorit (b) dengan natrium klorit
(Li X, et al., 2009)

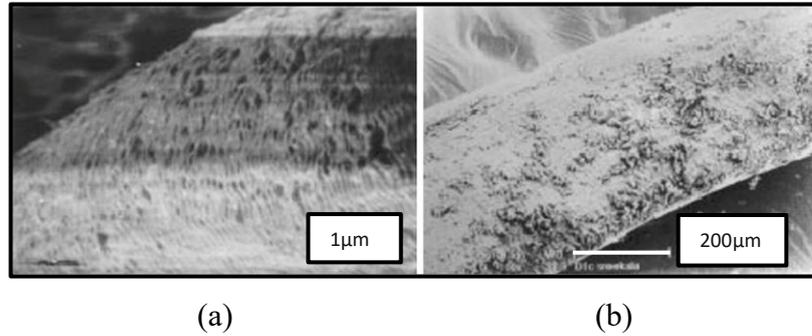
RDH Putera (2012) telah meneliti dengan larutan ekstraksi serat selulosa pada variasi pelarut NaClO_2 , dinilai memiliki karakteristik selulosa yang

dominan. Hal ini dapat dilihat dari kandungan gugus apa saja yang dimiliki selulosa untuk variasi ini. Terdapat peak yang mengindikasikan terdapatnya ikatan hidrogen yang menjadi pertanda akan adanya struktur selulosa. Juga terdapat puncak yang berasal dari β -glycosidic yang menghubungkan antara unit glukosa pada selulosa. Sisa lignin dan hemiselulosa yang didapatkan dengan penggunaan pelarut *sodium chlorite* ini cukup sedikit. Hal ini dapat diperhatikan dari analisis TGA (*Thermogravimetric Analysis*) yang dihasilkan bahwa sisa residu pada sampel ini yang paling sedikit jika dibandingkan sampel variasi pelarut lainnya. Adanya senyawa lignin menyebabkan warna menjadi kecoklatan, sehingga perlu dilakukan pemisahan lignin (delignifikasi) melalui pemutihan (*bleaching*). Lignin sangat reaktif yang berarti bahwa lignin mudah dipengaruhi oleh bahan yang digunakan. Kemudian molekul lignin terurai menjadi partikel yang lebih kecil, yang larut dalam air, dan dapat dihilangkan dari *pulp* itu sendiri.

e. *Isocyanate Treatment*

Isocyanate treatment dapat meningkatkan sifat ikatan antara serat dan matriks dengan memberikan ikatan kovalen yang kuat di antara mereka. Hal ini juga meningkatkan ketahanan kelembaban sifat-sifat serat. Kovalen yang kuat kovalen yang kuat (ikatan kimia) dan ketahanan kelembaban diperoleh melalui reaksi gugus fungsi ($-N = C = O$) dari isosianat dengan gugus OH dari konstituen selulosa dan lignin dari serat. *Isocyanate* adalah senyawa yang sangat rentan terhadap reaksi dengan gugus hidroksil selulosa dan lignin dalam serat. Isosianat dilaporkan bekerja sebagai agen penghubung yang digunakan dalam komposit yang diperkuat serat.

Gambar 9 menunjukkan mikrograf SEM dari tampilan permukaan kelapa sawit yang tidak diolah dan yang diolah dengan *isocyanate* (Sreekala, et al., 2000).

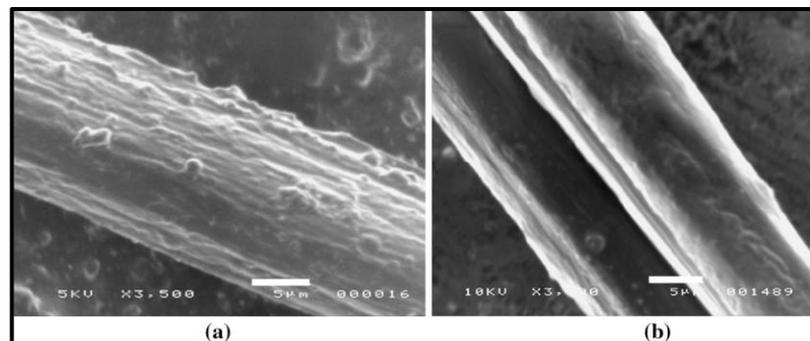


Gambar 9 Mikrograf SEM (a) tanpa perlakuan *isocyanate* (b) dengan *isocyanate*
(Sreekala, et al., 2000)

Membandingkan silane dengan komposit serat kayu-PS yang diberi perlakuan *isocyanate*, telah melaporkan bahwa perlakuan *isocyanate* lebih efektif daripada perlakuan silane dalam meningkatkan sifat mekanik sifat-sifat komposit serat selulosa-PS. (Maldas, et al., 1989)

f. *Stearic Acid Treatment*

Pada perlakuan *stearic acid*, ketahanan air dari serat meningkat karena reaksi gugus karboksil dari asam stearat, yang diperoleh dari larutan etil alkohol, dengan gugus OH hidrofilik dari serat, sehingga menghilangkan konstituen non-kristal dari struktur serat. Oleh karena itu, serat terdispersi lebih baik dalam matriks dengan memecah ikatan serat dengan lebih banyak fibrilasi. Gambar 10 menunjukkan mikrograf SEM dari tampilan permukaan serat rami yang tidak diberi perlakuan dan yang diberi perlakuan *stearic acid* (George, et al., 1996)



Gambar 10 Mikrografi SEM (a) tanpa perlakuan *stearic acid* (b) dengan *stearic acid*
(George J, et al., 1996)

Stearic acid, $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH})$ dalam *ethyl alcohol* telah diselidiki dalam perlakuan serat oleh Paul dkk. (1997) dan Zafeiropoulos (2002). Dilaporkan bahwa perlakuan ini menghilangkan konstituen non-kristal dari serat, sehingga mengubah topografi permukaan serat. Zafeiropoulos (2002) juga

mengamati bahwa serat rami yang diolah lebih kristalin daripada yang tidak diolah dan stearasi menurunkan energi bebas permukaan serat.

g. *Triazine Treatment*

Pada perlakuan *triazine* ($C_4H_3N_3$), sifat adhesi dari serat akan meningkat dan matriks menyediakan ikatan kovalen di antara keduanya sehingga akan meningkatkan ketahanan kelembaban dari serat. Ikatan kovalen dan ketahanan kelembaban diperoleh melalui reaksi gugus fungsi triazin dengan gugus OH hidrofilik dari selulosa dan konstituen lignin. *Triazine* dapat digunakan dalam proses modifikasi serat nabati untuk komposit serat alami untuk mengurangi jumlah gugus hidroksil selulosa yang tersedia untuk penyerapan air (Li X, et al., 2009)

2.5 Sifat Mekanis Komposit Serat Alam

Sifat-sifat komposit yang diperkuat serat alam bergantung pada sejumlah parameter seperti fraksi volume serat, rasio aspek serat, adhesi serat-matriks, transfer tegangan pada antarmuka, dan orientasi. Sebagian besar studi tentang komposit serat alam melibatkan studi tentang sifat mekanik sebagai fungsi dari kandungan serat dan efek dari berbagai perlakuan serat. Aspek lain termasuk prediksi modulus dan kekuatan menggunakan beberapa model yang mapan untuk sistem dua fase dan perbandingan dengan data eksperimen. (Garcia, et al., 1995)

Sifat matriks dan serat penting dalam meningkatkan sifat mekanik komposit. Kekuatan tarik lebih sensitif terhadap sifat matriks, sedangkan modulus tergantung pada sifat serat. Untuk meningkatkan kekuatan tarik, antarmuka yang kuat, konsentrasi tegangan rendah, perlu adanya orientasi serat. Sedangkan untuk meningkatkan konsentrasi serat, pembasahan serat dalam fase matriks, dan rasio aspek serat yang tinggi perlu untuk menentukan modulus tarik. Rasio aspek sangat penting untuk menentukan sifat fraktur. Untuk kekuatan benturan yang baik, diperlukan tingkat ikatan yang optimal. Tingkat adhesi, daya serat, dan mekanisme untuk menyerap energi adalah beberapa parameter yang dapat mempengaruhi kekuatan komposit.

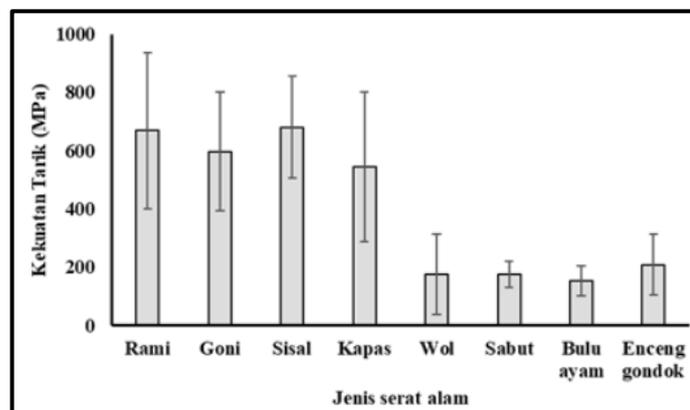
Secara umum, sifat mekanik dari serat alami lebih rendah dibandingkan dengan komposit serat sintetis. Namun, sifat-sifat ini dapat ditingkatkan dengan

modifikasi yang tepat dari serat alam serat dan matriks melalui penerapan teknik-teknik yang telah dirangkum pada bagian sebelumnya.

Tabel 4 Perbandingan sifat mekanis serat

(Chonsakorn, et al., 2018)

Nama serat	Kekuatan tarik (Mpa)	Elongasi (%)
Rami	400 – 938	2,0 – 3,8
Goni/ <i>Jute</i>	393 – 800	1,5 - 1,8
Sisal	507 – 855	2,0 – 2,5
Kapas	287 – 800	3,0 – 10
Wol	50 – 315	13,2 – 35
Sabut	131 – 220	15 – 30
Bulu ayam	100 – 203	6,9
Eceng gondok	105 – 313	2,51 - 14



Gambar 11 Grafik perbandingan sifat mekanis serat

(Chonsakorn, et al., 2018)

Berdasarkan data pada tabel 4 dan grafik pada gambar 11 dapat disimpulkan bahwa kekuatan salah satu serat yaitu serat eceng gondok masih di bawah kekuatan serat rami, serat goni/jute atau serat sisal. Elongasi serat eceng gondok lebih tinggi jika dibanding dengan ketiga serat tersebut. Serat eceng gondok memiliki kekuatan tarik yang relatif sama jika dibanding dengan kekuatan tarik serat dari kapas atau sabut kelapa dan cenderung lebih tinggi jika dibanding kekuatan tarik serat wol dan bulu ayam. Rasio kekuatan terhadap densitas serat eceng gondok sebesar 447 MPa/(g/cm³) (Chonsakorn, et al., 2018).

2.6 Resin *Polyester*

Resin adalah suatu material yang berbentuk cairan atau dapat berbentuk padatan, dan akan meleleh pada suhu diatas 200°C. Pada dasarnya resin adalah matriks, sehingga memiliki fungsi yang sama dengan matriks yaitu sebagai perekat/pengikat dan pelindung. Resin terdiri dari 2 macam yaitu resin termoset dan termoplastik, memiliki perilaku berbeda bila dipanaskan. Perbedaan sifatnya ditentukan oleh struktur dalamnya. (Sunardi, dkk., 2015)

Resin *polyester* merupakan jenis resin termoset atau lebih populernya sering disebut *polyester* saja. Resin ini berupa cairan dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin termoset lainnya.

Tabel 5 Temperatur penggunaan resin

Resin	Temperatur Maximum (°C)
<i>Polyester</i>	Temperatur Ruang
<i>Epoxies</i>	200
<i>Phenolics</i>	260
<i>Polimides</i>	300
<i>Polibeninidozole</i>	Diatas 300

Bahan yang bertugas sebagai pelindung dan pengikat serat di sebut sebagai matrik. Matrik juga berfungsi sebagai penyatu, perekat dan pelapis serat. Matrik yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu jenis resin *polyester* 157. Resin jenis ini merupakan resin tak jenuh yaitu polimer zat organik yang terdiri dari unsur-unsur karbon, hidrogen, dan oksigen yang berbentuk padat atau cair. Tipe resin ini tahan terhadap air (suhu normal), asam lemah dan resin ini dapat digunakan pada suhu kerja sampai 79°C. Bahan tambahan yang digunakan untuk mengeras resin yaitu menggunakan katalis. Katalis yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu katalis metil etil keton peroksida (MEKPO) dengan berbentuk cair dan berwarna bening. Fungsi dari katalis ini ialah untuk mempercepat terjadinya proses pengerasan pada bahan matrik suatu komposit.

Dalam memproduksi material komposit terdapat beberapa metode yang digunakan, namun metode yang sering digunakan ialah metode *hand lay-up*. *Hand lay-up* adalah metode cetakan terbuka (*open mould*). Metode ini dilakukan dengan

cara mengaplikasikan resin pada bahan penguat dengan menggunakan kuas/rol. *Hand lay-up* adalah proses laminasi dimana *fiber* dan resin belum menyatu, dan proses ini dilakukan dengan melaminasi campuran resin dan hardener pada *fiber* dengan menggunakan kuas atau *roller*, dimana tingkat kerataan resin sangat tergantung pada cara melaminasi resin ke *fiber*. Tingkat kemudahan atau kesusahan tersebut menjadi alasan untuk dipilihnya sebagai metode pembuatan komposit. Namun disamping kemudahan dalam proses pembuatannya, komposit hasil metode ini terkadang terdapat bagian yang berongga akibat udara yang terperangkap diantara matriks dan serat yang dapat mempengaruhi kekuatan komposit tersebut. Dalam proses pembuatan spesimen secara *hand lay-up*.

Selain metode *hand lay-up*, metode yang kerap kali digunakan adalah metode *vacuum bag*. Metode tersebut merupakan metode penyempurnaan dari metode *hand lay-up* dimana pada metode ini tidak hanya dilakukan laminasi saja melainkan dilakukan tahapan *vacuum* terhadap laminasi untuk menghilangkan resin yang berlebih dan menghilangkan udara yang terperangkap pada laminasi. *Vacuum Bag* adalah suatu metode pembuatan spesimen komposit dengan cara pengepresan menggunakan kantong kedap udara untuk menekan suatu laminasi dari *gelcoat*, *fiber* dan lapisan lainnya pada cetakan sampai lapisannya menyatu sebagai suatu bahan komposit struktural. *Vacuum Bag* menggunakan tekanan atmosfer sebagai penjepit untuk menekan lapisan laminasi secara bersamaan dengan tekanan yang sama rata.

2.7 Kekuatan Tarik Serat dan Komposit

Pengujian tarik dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan komposit terhadap tegangan tarik. Uji tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara menarik specimen sampai putus. Teori menyatakan bahwa suatu bahan berkelakuan secara elastis dan memperlihatkan suatu hubungan linier antara tegangan regangan yang disebut elastis secara linier.

Beban tarik dimulai dari nol hingga berhenti pada beban atau tegangan patah tarik (*ultimate strenght*) dari suatu material. Beban uji yang telah dinormalisasikan ukurannya dipasang pada mesin tarik, kemudian diberi beban (gaya tarik) secara perlahan-lahan dimulai dari nol hingga beban maksimum. Untuk menentukan nilai kekuatan tarik digunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \dots \dots (1)$$

Dimana:

σ = Tegangan tarik (N/mm²)

F = Beban (N)

A = Luas penampang (mm²)

2.8 Kekuatan *Bending* Komposit

Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat pengujian *bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah. Hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan *bending* pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan bending pada sisi bagian bawah (Harun, et al., 2016).

Perhitungan kekuatan bending dapat dirumuskan sebagai berikut (Gibson, 1994) :

$$\sigma = \frac{3 PL}{2 bd^2} \quad \dots \dots (2)$$

Dimana:

σ = Tegangan bending (Mpa)

P = Beban (N)

L = Panjang spesimen (mm)

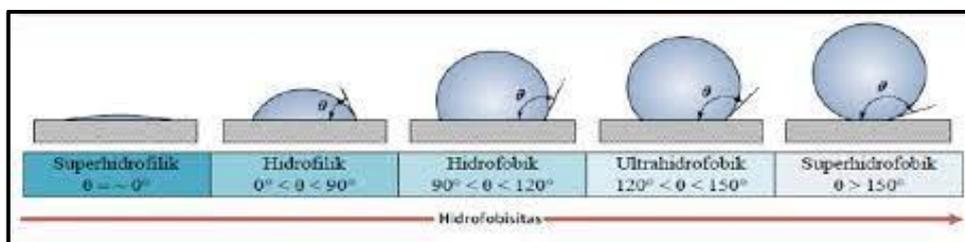
b = Lebar spesimen (mm)

d = Tebal spesimen (mm)

2.9 Uji *Wettability*

Keterbasahan (*wettability*) adalah kondisi suatu permukaan yang menentukan sejauh mana cairan akan ditarik oleh permukaan, mempengaruhi absorpsi, penetrasi dan penyebaran perekat (Marra, AA., 1992). Dalam material komposit, ikatan antara serat dan matriks akan berpengaruh pada sifat mekanisnya, dimana

karakteristiknya melibatkan kemampuan basah serat (*wettability*). Parameter *wettability* antara lain ditentukan dengan sudut kontak yang terbentuk antara matriks dan permukaan serat serta ikatan antar muka (*interfacial bonding*). Sifat adhesi antara serat sebagai penguat dan matriks sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis material komposit yang dihasilkan (Bisanda ETN, 2000).



Gambar 12 Sudut kontak air

(Wenten dkk, 2015)

Secara umum keterbasahan dibagi menjadi dua yaitu hidrofobik dan hidrofilik. Hidrofilik adalah suatu sifat yang mampu menerima dan menyerap air (suka air), Sedangkan Hidrofobik adalah suatu sifat yang tidak menerima atau menyerap air (tidak suka air). Permukaan material yang mempengaruhi Hidrofobik harus sifatnya non polar karena sifat air yang tidak simetri atau polar. Suatu sifat hidrofobik apabila sudut kontak air sekitar $90^\circ - 180^\circ$ sehingga tolakan air menjadi lebih tinggi yang akan menyebabkan kotoran yang terdapat pada permukaan akan teradsorpsi pada air dan tergelincir ke bawah (Li et al., 2014). Hidrofobik juga memanfaatkan energi yang rendah menurunkan nilai *wettability* pada permukaan yang bersifat hidrofobik.