BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material

Material digunakan dalam proses pembuatan produk atau barang jadi yang memiliki nilai guna yang lebih tinggi. Material didefinisikan sebagai substansi yang tersusun atau dibentuk dari bahan-bahan tertentu (Callister & William, 2004). Material merupakan bahan dasar yang diolah dalam perusahaan industri, yang dapat diperoleh melalui pembelian lokal, impor, maupun proses pengolahan internal (Mulyadi, 2000). Menurut Ensiklopedia Nasional Indonesia, material mencakup semua zat yang keberadaannya penting, meliputi penempatannya dalam ruang serta sifat-sifat mekaniknya. Hasan Shadaly (1983) menyatakan bahwa material adalah bahan pokok yang digunakan untuk membentuk suatu objek. Secara umum, material dapat diartikan sebagai objek yang dapat dirasakan oleh panca indera, memiliki ciri berupa volume, massa, dan kemampuan bergerak, serta dipengaruhi oleh variabel ruang dan waktu. Berdasarkan definisi-definisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa material merupakan bahan-bahan yang digunakan untuk menghasilkan produk atau barang jadi yang memiliki nilai guna.(Rizqy et al.,).

2.1.1 Jenis-jenis Material.

Jenis material dapat diartikan berdasarkan klasifikasi utama, jenis material utama meliputi logam, polimer, keramik, dan komposit yang masing masing memiliki karakteristik dan aplikasi unik yang digunakan dalam industri dan konstruksi. Material sendiri terbagi menjagi tiga jenis secara umum yaitu:

1. Logam (metal)

Matrerial ini adalah material yang yang memiliki bahan yang bersifat kuat, keras, padat, dan tidak tembus cahaya, serta memiliki konduktivitas listrik dan termal yang baik. Selain itu, logam juga dapat di tempah dan di tarik menjadi kawat . sifat- ini menjadikanya bahan serbaguna untuk berbagai aplikasi seperti konstruksi, mesin, dan peralatan rumah tangga. Logam dapat di temukan sebagai unsur murni atau dalam bentuk paduan, dan umumnya di tambah dari bijih logam yang di temukan dalam bumi. Logam ini terdiri dari dua yaitu:

a. Ferro

Logam *ferro* ialah logam paduan yang bahan dasarnya adalah besi (Fe)sebagai unsur utama dan dicampur dengan karbon serta unsur lain seperti mangan, silikon, dan nikel, fosfor, dan sulfur. Logam ini merupakan tulang punggung industri karena sifatnya yang kuat, tahan lama, dan magnetis, dengan baja dan besi cor sebagai contohnya.

b. Non- Ferro

Logam *non-ferro* merupakan logam yang tidak mengandung besi sebagai unsur utamanya. Secara detai, logam ini di kenal karena sifatnya yang tidak magnetis, tahan korosi, lebih ringan, dan mudah di bentuk di bandingkan logam *ferro*, menjadikannya cocok untuk berbagai aplikasi seperti kabel dan struktur pesawat.

2. Non logam

Material non- logam adalah material yang tidak mengandung unsur logam dan tidak memiliki sifat menghantarkan listrik yang baik dan kekuatan yang tarik yang tinggi seperti halnya material logam. Non logam cenderung menerimah elektron untuk membentuk ion negatif, memiliki elektronegativitas dan energi ionisasi yang tinggi. Serta sering kali berwujud gas pada suhu kamar meskipun ada juga yang berbentuk padat atau cair..

3. Komposit

Komposit adalah material yang terbuat dari gabungan dua atau lebih material penyusun yang berbeda-beda secara kimia dan fisik yang disatukan untuk menghasilkan material yang lebih baik dan baru serta memiliki sifat yang lebih unggul dari komponen aslinya.Sifat gabungan ini seperti memiliki kekuatan tinggi dengan bobot yang ringan, memungkinkan komposit digunakan dalam berbagai aplikasi.

2.1.2 Sifat-sifat Material

Sifat material adalah karakteristik yang menggambarkan suatu material saat di beri gaya atau perubahan temperatur. Secara detail, memahami sifat-sifat ini sangat penting untuk memili dan mengoptimalkan penggunaan material dalam berbagai berbagai aplikasi teknik dan industri. Ada sifat-sifat material antara lain sebagai berikut:

1. Sifat mekanik

Sifat mekanik merupakan sifat yang menjelaskan bagaimana suatu material bereaksi terhadap gaya atau beban eksternal, Sifat ini

menjelaskan bagaimana material dalam kemampuan menahan deformasi atau kegagalan. Sifat mekanik ini terdiri dari:

a. Kekuatan

Kemampuan material untuk menahan beban tampa kegagalan atau deformasi yang signifikan dan tidak kembali ke bentuk semula. Ini sangat penting dalam ilmu teknuik dan desain untuk memastikan material dapat berfungsi dengan aman dan efektif dalam berbagai aplikasi struktural.

b. Ketangguhan

Kemampuan material untuk menyerap energi sebelum patah. Secara detail, ini diujur dari luas area dibawah kurva tegangan-regangan yang menunjukan total energi yang dapat diserap oleh material hingga titik patah. Material yang tangguh memiliki keseimnangan antara kekuatan dan keuletan yang baik.

c. Keuletan

Keuletan adalah sifat fisik suatu material yang menggambarkan kemampuanya mengalami deformasi plastis dibawah tegangan tarik, tampah mengalami patah. Sifat ini memungkinkan material untuk diregangkan, ditarik, atau dibentuk menjadi kawat atau lembaran tipis tampa putus.

d. Kekerasan

Kemampuan material untuk menahan penetrasi, seperti goresan, abrasi atau lekukan yang diukur dengan seberapa baik material

tersebut menahan dari benda yang lebih keras. Sifat ini sangat penting karena berkaitan dengan kekuatan, keausan, dan sifat mekanis lainnya

2. Sifat termal

Sifat termal adalah karakteristik suatu bahan yang menentukan responnya terhadap panas atau perubahan suhu, meliputi konduktivitas termal, kapasitas panas, dan ekspansi termal. Sifat-sifat ini mendefinisikan bagaimana material bereaksi saat terkena energi panas , seperti mengalami kenaikan suhu, perubahan fase, atau perubahan ukuran. Sifat ini meliputi:

a. Konduktivitas termal

Kemampuan suatu material untuk menghantarkan panas. Material dengan konduktivitas tinggi adalah konduktor panas yang baik seperti logam. Perpindahan panas terjadi melalui getaran molekul.

b. Kapasitas panas

Ini mencakup jumlah energi panas yang perlukan untuk meningkatkan suhu suatu material sebesar satu derajat. Sementara kapasitas panas spesifik adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk satu satuan massa. Kapasitas panas spesifik merupahkan ukuran seberapa besar suatu material menyerap panas dari lingkungan.

c. Ekspansi termal

Perubahan volume atau dimensi suatu material ketika suhunya berubah, hal ini terjadi karena peningkatan suhu meningkatkan

energi kinetik molekul, menyebabkan mereka bergerak menjauh satu sama lain, sehingga material memuai.

3. Sifat kimia

   Karakteristik yang mencul saat materiak mengalami perubahan kimia atau bereaksi dengan zat lain, sehinggah identitas kimianya berubah. Sifat ini tidak dapat diamati hanya dengan melihat atau menyentuh, karena memerlukan reaksi kimia seperti pembakaran, oksidasi, atau toksisitas untuk dapat diamati dan diukur.

4. Sifat fisis

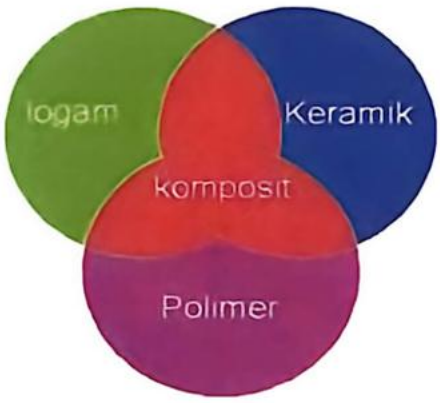
   Sifat fisis ini menunjukan karakteristik yang dapat di ukur atau diamati tampa mengubah komposisi kimia material tersebut. Sifat ini mendeskripsikan keadaan sifat material.

2.2 Komposit

Kata komposit berasal dari kata *"compose"* yang berarti menyusun atau menggabungkan. Material komposit adalah bahan yang terdiri dari dua atau lebih material yang tetap terpisah dan berbeda pada level makroskopik, namun bergabung membentuk satu komponen tunggal. Material ini memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda dari masing-masing bahan pembentuknya. Biasanya, material komposit terbentuk dari bahan matriks (pengikat) yang elastis dan bahan penguat yang lebih kaku serta kuat, seperti serat atau partikel. Kombinasi ini menghasilkan material dengan kekuatan mekanik yang lebih tinggi, ringan, tahan korosi, dan memiliki sifat yang bisa disesuaikan sesuai kebutuhan, membuat komposit banyak digunakan dalam berbagai industri, terutama penerbangan dan

otomotif. Material komposit secara umum lebih unggul daripada material konvensional dalam hal kekuatan, berat, dan ketahanan.

Pada dasarnya karakterisasi material komposit dapat di tunjukkan melalui dua nilai yaitu kekakuan dan kekuatan. Kekuatan komposit didefinisikan sebagai fungsi modulus elastisitas serat. Dalam penyusunanya, penulis sedikit terinspirasi dan mengacu kepada penelitian penelitian terdahulu terkait dengan latar belakang masalah pada tulisan ini.



Gambar 2.1 Konsep Material Komposit
Sumber : *(S Sunardi. 2014)*

Adapun komponen pembentuk komposit yaitu

1. Matriks

   Matriks adalah bahan utama dari sebuah material komposit. Matriks akan di naikkan nilai mechanical propertiesnya oleh bahan penguat *(reinforcement*). Matriks tersebut berupa resin yang merupakan polimer, agar tidak terjadinya *fiber pull out* atau terlepasnya serat dari matriks, maka resin harus mampu mengikat reinforcementdengan baik.

2. Penguat

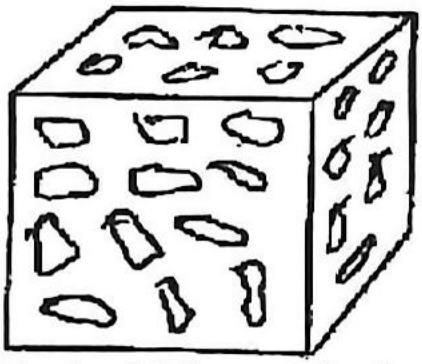
Komponen penguat adalah suatu struktur internal dan komponen utama pembentuk komposit yang terdiri dari bahan serat dan partikel dan di susun di dalam matriks.

2.3 Struktur Penyusun Komposit

Struktur komposit menurut bentuk penyusunnya tediri dari empat yaitu:

1. Komposit serpi *(flake composite)*

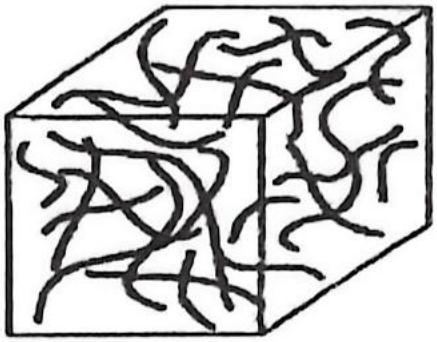
   Komposit serpi merupakan komposit yang menggunakan bahan serpi yg dapat berupa metal, mika, dan kaca yang di campur dengan metriks.



Gambar 2.2 Komposit Serpih
Sumber: (Schwartz, 1984)

2. Komposit serat (*fiber composite*)

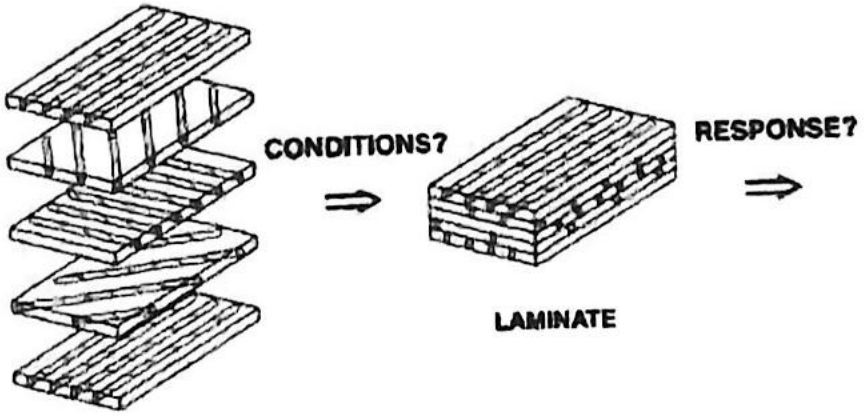
   Komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguat yang terdispersi di dalam sauatu matriks, seperti polimer, logam, atau keramik. Komposit ini di desain untuk menggabungkan sifat yang unggul dari serat dan matriks sehingga menghsilkan matyerial yang baru dengan kekuatan dan kekakuan yang lebih baik.



Gambar 2.3 Komposit Serat
Sumber: *(Dwi Kurniawan S. 2013)*

3. Komposit laminate

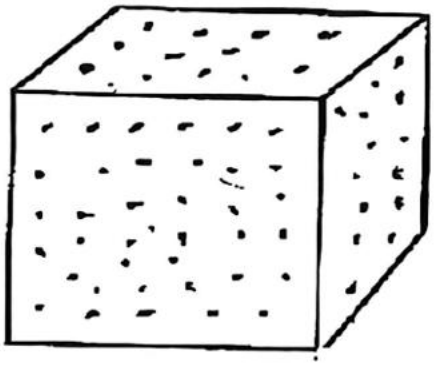
Komposit ini ialah komposit yang di mana di dalamnya d susun oleh layer, di mana layer tersebut dapar berbeda materialnya dan orientasi penguatnya.



Gambar 2.4 Komposit Laminate
Sumber: (Jones, 1999)

4. Komposit partikel *(particulate composit)*

Komposit ini menggunakan serbuk sebagai bahan di dakam matriks. Dalam partikel ini material di tambahkan secara tidak terkontrol di bandingkan dengan komposit serpi.



Gambar 2.5 Komposit Partikel
Sumber: *(Schwartz, 1984)*

2.4 Serat

Serat merupakan material yang tersusun dari fragmen-fragmen komponen yang membentuk sebuah struktur jaringan panjang dan kontinu. Secara rinci, serat memiliki rasio panjang terhadap lebar yang sangat tinggi dengan molekul penyusunnya terorientasi dominan sepanjang sumbu panjang. Serat umumnya ditemukan dalam tekstil dan bahan kain, dan diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu serat alami dan serat sintetis.

Serat alami diperoleh dari sumber biotik seperti tumbuhan (misalnya serat daun, batang, dan biji), hewan (contohnya wol dari bulu domba dan sutra dari kepompong ulat), serta dari proses geologis. Contoh serat alami meliputi kapas, rami, dan wol. Komposisi utama serat tumbuhan adalah selulosa, hemiselulosa, dan kadang-kadang lignin. Sebaliknya, serat sintetis diproduksi secara kimia oleh manusia dengan sifat-sifat khusus, seperti kekuatan mekanik dan ketahanan terhadap gesekan. Dalam dunia material, serat memiliki didefinisikan sebagai berbagai jenis bahan yang memiliki karakteristik fisik tertentu. Serat di bedakan menjadi dua berdasarkan sumbernya yaitu serat alam dan serat sintetis.

2.4.1 Serat Sintetis

Serat sintetis iyalah serat yang di buat melalui proses kimiawi dan fisika dari bahan- bahan polimer atau bahan anorganik. Serat ini di rancang untuk tidak memiliki sifat -sifat tertentu seperti sifat yang di miliki oleh serat alami seperti kekuatan tarik yang tinggi, elastisitas yang baik, atau ketahanan terhadap bahan kimia dan cuaca.

2.4.2 Serat Alam

Serat alam merupakan serat yang berasal dari sumber biologis alami yang ditemukan pada tumbuhan, hewan, atau mineral tanpa melalui proses kimia yang rumit. Serat ini berbentuk filamen memanjang yang memiliki fleksibilitas dan kekuatan, umumnya berstruktur seperti benang yang digunakan sebagai bahan baku dalam produksi tekstil, kertas, dan material komposit. Serat alam memiliki karakteristik ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara biologis (*biodegradable*), tersedia melimpah, dapat diperbaharui dengan mudah, tidak bersifat toksik, serta tidak menyebabkan pencemaran lingkungan.

Serat alami dari tumbuhan umumnya tersusun atas komponen selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang banyak ditemukan pada bagian batang, daun, atau biji tanaman seperti kapas, rami, bambu, pisang, dan kelapa. Sementara itu, serat alam dari hewan terutama mengandung protein, seperti fibroin pada ulat sutera dan keratin pada wol domba. Secara morfologi, serat alam memiliki dimensi panjang-lebar yang besar dengan orientasi molekuler dominan memanjang, yang berkontribusi pada peningkatan kekuatan mekanik dan sifat fleksibilitasnya. Beberapa jenis serat alam seperti dalam tabel berikut ini.

Tabel 2.1 Jenis Serat Alam

Serat	Density (g/cm^3)	Tensile streangth (Mpa)	Young modulus (Gpa	Elongation at break
jute	1,23	325-770	37,5-55	2,5
flax	1,38	700-1000	60-70	2,3
hemp	1,35	53o-1110	45	3
ramie	1,44	915	23	3,7
banana	1,35	721,5-910	29	2
pineaple	1,5	1020-1600	71	0,8
kenaf	1,2	745-930	41	1,6
coir	1,2	140,5-175	6	27,5
sisal	1,2	460-855	15,5	8
abaca	1,5	410-810	41	3,4
cotton	1,21	250-500	6-10	7

sumber: *(Nandang Suhendra, 2021)*

2.4.3 Jenis Serat Alam

Berikut ini beberapa jenis serat di antaranya sebagai berikut:

1. Serat dari Batang (*bast Fiber*)

Serat batang batang atau dalam bahasa Inggris di sebut *bast fiber*, merupakan serat alami yang diperoleh dari jaringan kulit bagian luar batang tanaman berkayu atau semikayu,tepatnya dari lapisan fluem (kulit bagian dalam) yang berada di antara kulit bagian luar (epidermis) dan inti kayu (xilem). Lapisan floem batang tanaman memiliki kekuatan tarik

tinggi, daya serap baik, serta ramah lingkungan. Berikut adalah contoh gambar serat batang pisang.



Gambar 2.6 Serat Batang
Sumber: *(Yusventus frem,2025)*

2. Serat dari Daun (*Leab*)

Serat daun atau *leaf fiber* adalah serat alami yang di peroleh dari jaringan pembuluh atau serat penguat yang terdapat pada daun tanaman tertentu, terutama tanaman berdaun tebal, panjang, dan berserat kuat seperti pisang abaka, nanas, agave dan sisal. Serat ini tidak berasal dari permukaan daun, melainkan dari berkas pembuluh yang terdapat dalam tulang daun atau jaringan sklerenkima yang berfungsi memberikan kekuatan dan kekakuan pada daun agar tidak mudah robek atau layu. Serat ini kuat, tahan lama, dan ramah lingkungan. Berikut ini adalah contoh gambar serat daun.



Gambar 2.7 Serat dari Daun
Sumber: *(Supryanto.2021)*

3. Serat dari Buah atau Biji (*Seed Fruid Fiber*)

Serat buah atau biji adalah serat yang di ambil dari jaringan yang terdapat di sekitar buah atau biji tanaman tertentu biasanya di gunakan sebagai bahan baku dalam industri tekstil, tali, karung dan bahan kerajinan. Contoh gambar di bawah ini adalah serat buah kelapa.



Gambar 2.8 Serat dari Buah
Sumber: *(Anugerah Ergiantoro.2022)*

4. Serat dari Tangkai atau Pelepah

Serat tangkai adalah serat alami yang berasal dari bagian tangkai atau batang daun tanaman. Serat ini di peroleh dari jaringan penguat pada tangkai daun atau tangkai buah. Gambar di bawah ini merupakan contoh serat tangkai.

5. Serat dari Rumput atau Tumbuhan Air

Serat dari rumput atau tumbuhan air adalah serat alami yang berasal dari batang , daun, atau semua bagian tumbuhan jenis rumput-rumputan dan tumbuhan yang hidup di air, Serat ini di ambil melalui proses pengeringan, perendaman, atau penguraian jaringan. Serat ini d manfaatkan karena mudah di dapat, ramah lingkungan, kuat, serta fleksibel.

2.5 Batang Pisang

Batang pisang adalah bagian tumbuhan yang pada umumnya terdiri dari dua bagian yaitu batang asli (umbi) didalam tanah dan batang semu yang tampah di permukaan. Batang semua adalah batang yang paling sering dilihat dan terbentuk dari tumbukan pelepah daun yang saling menutupi satu sama lain dengan rapat, sementara batang aslinya sebagai bonggol yang berfungsi sebagai titk tumpuh untuk menghasilkan daun dan bunga. Bagian ini memiliki banyak kegunaan seperti sumber serat, nutrisi, dan bahan untuk media tanam, pisang membutuhkan waktu sekitar 10-12 bulan dari penanaman hingga panen, dan menghasilkan buah hanya sekali seumur hidup satu batang pisang. setelah dipanen, batang pisang tersebut kemudian jadi limbah, dari limbah batang pisang tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan serat. selain itu batang pisang jugs memiliki sifat- seperti dalam tabel berikut:

Tabel 2.2 Sifat Batang Pisang

Kategori sifat	**Sifat/komponen**	**Deskripsi/nilai perkiraan**
	tekstur	Lunak, berpori dan tidak berkayu
	Kandungan air	Sangat tinggi (sekitar

Kategori sifat	Sifat/komponen	Deskripsi/nilai perkiraan
Sifat fisik/ morfologi		74%)
	Densitas serat	Sekitar 721 kg/m^3
	Penyerapan air	Sangat tinggi (higroskopis)
	Panjang serat rata-rata	Sekitar 4 mm
	Diameter serat rata-rata	Sekitar 163 mm
Sifat kimia/komposisi	selulosa	26,6%-64%
	hemiselulosa	Sekitar 27,79% (dalam bahan kering)
	lignin	5%-9,92%
	Protein kasar(PK)	Sekitar 3%
	Serat kasar(SK)	29,4%
	Abu/mineral total	25,12%
	Kalium(k)	Sekitar23 %
	Fospor (p)	Sekitar 32%
	Kalcium (ca)	Sekitar 16%

sumber: *(Sri Wahyuna Saragih, 2023)*

2.5.1 Serat Batang Pisang Kepok

Serat batang pisang kepok merupakan salah satu jenis serat alami yang terdapat dalam struktur batang pohon pisang kepok. Pada umumnya, setelah proses panen buah pisang, batang pohon tersebut langsung ditebang tanpa pemanfaatan lebih lanjut, karena masyarakat masih terbatas pemahamannya mengenai potensi kegunaan lain dari batang pisang. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan serat batang pisang kepok sebagai bahan baku dalam pembuatan material komposit.Serat batang pisang kepok merupakan jenis serat yang berkualitas baik, dan merupakan salah satu bahan potensial alternatif yang dapat digunakan sebagai filler pada pembuatan komposit polivinil klorida atau biasa disingkat PVC

Serat pisang kepok yang diekstraksi dari pelepah batang semu merupakan material alami kaya selulosa, yang dimanfaatkan dalam aplikasi tekstil (pakaian dan kerajinan) serta sebagai penguat pada komposit. Kelimpahan dan biaya rendahnya menjadikannya alternatif potensial pengganti serat sintetis, meskipun sifat ringannya memerlukan modifikasi kimia. Pisang kepok memiliki potensi sebagai bahan material yang ramah lingkungan. Serat pisang kepok memiliki sifat mekanik yang baik seperti kekuatan tarik dan fleksibilitas, hal ini membuat serat batang pisang kepok dapat digunakan sebagai pengisi (*filler*) dalam komposit polimer. Pengolahan serat pisang kepok menjadi material juga dapat membantu mengurangi dampak lingkungan. Proses pengolahan serat pisang kepok relatif sederhana dan tidak memerlukan bahan kimia berbahaya

Batang pisang kepok sebagai limbah dapat dimanfaatkan menjadi sumber serat agar mempunyai nilai ekonomis. Rahman (2006) menyatakan bahwa perbandingan bobot segar antara batang, daun, dan buah pisang berturut-turut 63, 14, dan 23%. Batang pisang memiliki bobot jenis 0,29 3 g/cm dengan ukuran panjang serat 4,20 5,46 mm dan kandungan lignin 33,51% (Syafrudin, 2004). Pada pemanfaatan serat batang pisang perlu ada perlakuan sebelum serat batang pisang dicampur dengan bahan lain. Perlakuan dengan alkali (HCL) diharapkan dapat berpengaruh terhadap komposit yang dihasilkan, karena fungsi alkali dapat menghilangkan lignin yang ada (Muiz, 2005). Ketersediaan bahan baku kayu di alam mulai berkurang, maka tidak menutup kemungkinan dikembangkan produk papan komposit dari limbah pertanian (agrobased- composite) dengan kualitas yang sama dengan bahan baku kayu. Limbah batang pisang merupakan salah satu

alternatif bahan baku yang murah dan mudah diperoleh. Pemberian perlakuan alkali pada bahan berlignin selulosa mampu mengubah struktur kimia dan fisik permukaan serat(Cahyono et al., 2023)



Gambar 2.9 Serat Batang Pisang kepok
Sumber: *(Yusventus frem,2025)*

2.6 Resin *Polyester*

Resin *polyester* adalah jenis resin cair yang mempunyai nilai viskositas rendah dan akan mengeras pada temperatur kamar dengan menggunakan katalis. Selain harga yang lebih terjangkau resin *polyester* juga memiliki sifat yang kaku, rapuh, ketahanan terhadap cuaca yang baik, tahan terhadap kelembapan, transparan, dan kuat terhadap asam kecuali asam pengoksid. Salah satu keuntungan dari resin *polyester* adalah mudah dikombinasikan dengan serat baik serat alam maupun serat sintetis.

Tabel 2.3 Sifat mekanis resin polyester

Sifat mekanis	Nilai Umum	Keterangan
Kekuatan tarik	40 - 90 Mpa	Menunjukan kemampuan resin menahan gaya tarik sebelum patah. semakin tinggi semakin kuat.
Modulus elastisitas	2.0 – 4.5 Gpa	Mengukur kekuatan resin terhadap gaya tarik. Nilai tinggi berarti tinggi berarti bahan tidak mudah melar
Kekuatan lentur	70 – 120 Mpa	Kemampuan resin menahan beban lentur tampa penguat. nilai ini

		meningkat bila di kombinasi dengan serat
Modulus lentur	2.5 – 4.5 Gpa	Ukuran kekakuan terhadap lenturan. penting untuk desain struktur komposit
Ketangguhan impact(izod)	10 – 20 j/m	Daya serap energi benturan mendadak tanpapatah. nilai ini biasanya renda tanpa serat
Densitas	± 1.2 g/cm^3	Menunjukan berat jenis bahan, penting untuk pertimbangan ringan
Elongasi saat putus	1% - 2%	Ukuran keuletan atau seberapa jauh resin bisa memanjang sebelum patah

Sumber: *(Bledzki & Gassan. 2005)*

Resin ini termasuk ke dalam jenis *resin thermoset*. resin *polyester* jenis termoset merupakan resin yang paling bnayak di gunakan industri karena harga yang murah dan memiliki kekerasan yang tinggi, resin termoset juga banyak digunakan dalam komponen otomotif, pesawat terbang, konstruksi kapal, dan aplikasi teknik lainya, karena kekuatan mekaniknya yang cukup baik, warna yang mengkilat, mudah di bentuk dan cukup tahan terhadap perubahan cuaca. Disamping kelebihannya material ini mempunyai beberapa kelemahan diantaranya kaku, getas dan apabila terkena beban benturan dan pukulan akan mengalami retak yang menjalar, hal ini terjadi karena termoset memiliki struktur jaringan molekul dengan ikatan kovalen yang sangat besar dengan kerapatan rantai silang yang terikat satu sama lain yang saling mengunci, dan sangat sulit untuk terjadi deformasi plastis (Noubnome, 2020).



Gambar 2.10 Resin Polyester

Sumber: *(Siti Auliana Rahmawaty)*

2.7 HCL

Asam klorida (HCL) merupakan salah satu asam kuat yang sering digunakan dalam pengolahan material, termasuk material komposit. Dalam konteks ini, HCL berperan penting sebagai bahan untuk aktivitas permukaan pembersihan oksida, serta pengujian ketahanan terhadap lingkungan asam. Pada tahap awal pembuatan komposit, perlakuan HCL dapat meningkatkan keterikatan antara penguat (seperti serat, partikel, atau nanotube) dan matriks dengan cara mengikis (*etching*) lapisan oksida atau kotoran di permukaan penguat. Proses ini menghasilkan permukaan yang lebih bersih dan kasar secara mikroskopis, sehingga meningkatkan adhesi antarfase dan memperkuat ikatan mekanik antara penguat dan matriks.

Selain itu, HCL juga sering digunakan untuk menguji ketahanan material komposit terhadap lingkungan asam. Komposit yang terpapar larutan HCL dapat mengalami degradasi pada antarmuka penguat-matriks, penurunan kekerasan, serta korosi pada penguat logam. Misalnya, penelitian menunjukkan bahwa perendaman komposit epoxy-granite dalam larutan HCL 1–2 M menyebabkan penurunan kekerasan akibat degradasi matriks dan rusaknya ikatan antarfase (University of Baghdad Repository, 2023). Pada sisi lain, penelitian lain memperlihatkan bahwa perlakuan HCL pada serat karbon atau nanotube justru meningkatkan kekuatan tarik dan sifat elektrokimia karena peningkatan kekasaran permukaan dan area kontak (Deng et al., *RSC Advances*, 2024). Dengan demikian,

efek HCL sangat bergantung pada konsentrasi, waktu kontak, serta jenis komposit yang digunakan.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan HCL dalam material komposit memberikan manfaat dan risiko yang perlu dipertimbangkan secara hati-hati. Perlakuan HCL yang terkontrol dapat meningkatkan performa mekanik dan adhesi antarfase, seperti ditunjukkan dalam studi oleh Le Hoa Thi Ngoc et al. (2024) pada komposit selulosa/TiO_2 yang menunjukkan perubahan fasa positif akibat perlakuan HCL. Namun, perlakuan yang berlebihan dapat merusak struktur penguat atau matriks. Oleh karena itu, dalam penelitian dan industri, optimasi parameter perlakuan HCL seperti konsentrasi, waktu, dan suhu—menjadi kunci untuk mendapatkan manfaat maksimal tanpa menurunkan sifat mekanik maupun ketahanan lingkungan komposit.(Deng et al., 2024).

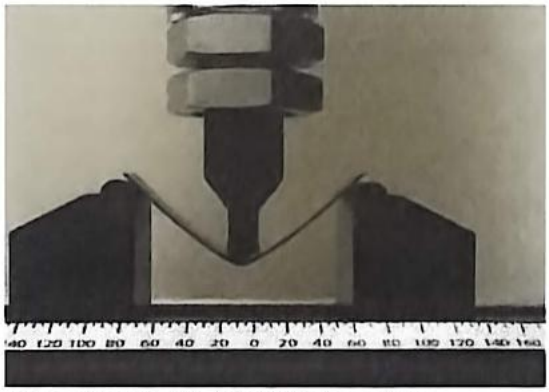


Gambar 2.11 Asam Klorida
Sumber:*(Aswan S, 2024)*

2.8 Kekuatan Bending *(Bending Strength)*

Uji bending adalah metode pengujian mekanik yang bertujuan untuk menilai kualitas material secara visual serta mengukur kekuatan dan kekenyalan

material akibat pembebanan. Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan spesimen pada dua titik tumpuan dan memberikan beban pada titik tengah spesimen untuk mensimulasikan kondisi pembebanan. Dalam proses uji bending, bagian atas spesimen mengalami gaya tekan sementara bagian bawah mengalami gaya tarik. Kegagalan yang umumnya terjadi pada uji ini adalah patah pada bagian bawah spesimen akibat ketidakmampuan menahan tegangan tarik.(Maulana et al., 2024)



Gambar 2.12 Alat Uji Bending
Sumber: *(Fauzan Maulana, 2024)*

Rumus untuk uji lentur dinyatakan sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{3\,PL}{2\,bd^2} \quad \text{(2.1)}$$

Dimana:

σ_b = Tegangan lentur maksimun (Mpa)

P = Gaya maksimun (N)

L = Panjang spesimen (mm)

b = lebar spesimen uji (mm)

d = tebal spesimen uji (mm)

Selanjutnya , nilai regangan lentur maksimum (ε_b) pada permukaan luar permukaan di hitung di hitung dengan rumus:

$$\varepsilon_b = \frac{6\,dt}{2L^2} \quad \text{.....(2.2)}$$

Keterangan:

ε_b = Regangan Lentur Maksimum (tanpa satuan)

d = Defleksi maksimum di titik tengah batang (mm)

L = Panjang Bentang (mm)

t = Tebal spesimen (mm)

Untuk menggambarkan kekakuan material terhadap lenturan, di gunakan parameter modulus elastisitas lentur (E_b) yang di hitung dari kemiringan kurva, gaya terhadap defleksi di daerah elastis rumusnya sebagai adalah:

$$E_b = \frac{L^3 m}{4bt^3} \quad \text{.....(2.3)}$$

E_b = Modulus elastisitas lentur (MPa atau N/mm^2)

m = Gradien garis lurus pada kurva gaya-defleksi (N/mm)

L = Panjang bentang (mm)

t = Tebal spesimen (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

2.9 Pengujian ketangguhan

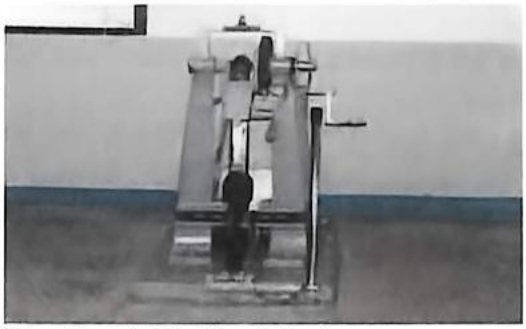
Dalam dunia material, ketangguhan adalah kemampuan suatu zat untuk menyerap energi dan mengalami perubahan secara plastis sebelum mengalami kegagalan. Bila semakin besar ketangguhan yang dimiliki suatu material, maka karakteristik suatu material tersebut semakin kuat. Ketangguhan suatu material

dapat di ketahui melalui uji dengan memberikan pukulan (uji impact) secara tiba-tiba. Pengujian ini untuk mengetahui ketahanan suatu material dalam menerima energi sebelum patah.

Pengujian ketangguhan (impact) meliputi:

Pengujian Charpy

Pengujian ketangguhan charpy ialah uji impak yang mengukur energi yang di serap oleh material saat patah ketika menerima\ benturan mendadak. Pengujian charpy ketangguhan dapat dilakukan pada berbagai temperatur, karena ketangguhan sebuah material dapat berubah tergantung seberapa suhu pada lingkungan. Pengujian sangat penting untuk mengetahui sifat mekanik material serta memastikan bahwa material tersebut memenuhi standar kualitas yang di perlukan dalam dunia industri.



Gambar 2.13 Alat Uji charpy
Sumber*: (Aladin Eko Purkuncoro, 2018)*

Rumus alat uji impak Charpy dinyatakan sebagai berikut:

$$K = \frac{E}{A} \quad \ldots\ldots (2.4)$$

$$A_0 = L \times T \quad \ldots\ldots (2.5)$$

Keterangan:

A_0 = Luas penampang (mm^2)

K = Kekuatan impact(J/mm$^{2)}$

E = Energi serap (J)

L = Lebar efektif spesimen (cm)

Pengujian Izod

Selain metode pengujian charpy, pengujian ketangguhan juga biasanya dengan metode izod. Pengujian izod adalah metode yang di gunakan untuk mengukur ketangguhan material terhadap patah dan retakan. pengujian izod ketangguhan salah satu metode untuk memahami sifat mekanik material dan memastikan bahwa material tersebut memenuhi standar kualitas.

2.10 Jurnal Rujukan

(Fikran, 2026). Perkembangan teknologi material komposit telah mengalami kemajuan pesat dalam beberapa dekade terakhir, terutama dalam upaya menggantikan material konvensional dengan bahan yang lebih ringan, kuat, dan ramah lingkungan,Serat Sisal dikenal karena kekuatan tensile yang tinggi dan modulus elastisitas yang baik. Pengaruh variasi orientasi sudut serat terhadap kekuatan bending dan ketangguhan Impact komposit serat sisal bermatriks Polyester,sangat berpengaruh terhadap kualitas Material. Penelitian ini akan dilakukan dengan metode eksperimental untuk menganalisis pengaruh orientasi sudut terhadap kekuatan bending dan ketangguhan komposit serat sisal bermatriks polyester. Hasil pengujian menunjukkan bahwa orientasi serat berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik komposit. Orientasi 0° menghasilkan nilai kekuatan bending tertinggi sebesar 181,515 (N/mm2) dan energi serap Impact rata-rata 13 J (130 J/mm²), sedangkan orientasi 90° memiliki nilai terendah, yaitu

98,515 (N/mm2) untuk bending dan 4,3 J (43 J/mm²) untuk Impact. Hal ini membuktikan bahwa semakin sejajar orientasi serat dengan arah beban, semakin besar kemampuan komposit menahan gaya lentur maupun menyerap energi tumbukan. Dengan demikian, orientasi serat 0° merupakan konfigurasi paling optimal untuk meningkatkan sifat mekanik komposit serat sisal bermatriks Polyester, sehingga berpotensi digunakan sebagai material alternatif ramah lingkungan untuk aplikasi struktural ringan.

(Megawati, 2016). Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi pektin dari kulit pisang kepok (Musa paradisiaca) menggunakan pelarut HCL dan metode pemanasan Microwave Asisted Extraction (MAE) yang bertujuan untuk mengetahui yield pektin pada berat bahan 10 dan 15 g, daya 600 W, waktu 20 menit, dan konsentrasi HCl 0,25% sebanyak 300 ml. Ekstraksi menggunakan cara pemanasan secara konvensional juga dikerjakan supaya hasil dari metode MAE dapat dibandingkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode MAE menghasilkan pektin 8,9 dan 16,53% w/w kering, masing-masing untuk berat bahan 10 dan 15 g. Hal ini menunjukkan pada berat bahan 15 g, yield pektin menggunakan MAE lebih besar daripada pemanasan konvensional (12,8%).Hasil uji FTIR menandakan adanya pektin, yang terdiri atas gugus karbonil pada 1623,17 dan 1632,81 cm-1 , gugus C-O pada 1230,64 dan 1231,60 cm-1 , dan gugus C-C siklik pada 1143,84 dan 1146,73 cm-1.

(Khofifah Enggar Wihardo, 2024). Dalam penelitian ini Kandungan selulosa pada kulit batang pisang dan kulit jagung sangat tinggi sehingga cocok digunakan menjadi penguat material komposit. Jenis resin, komposisi serat dan

arah serat yang digunakan pada komposit dapat mempengaruhi kekuatan tarik material komposit. Tujuan penelitian ini, yaitu untuk mengetahui kekuatan tarik serta modulus elastisitas komposit hybrid dengan serat batang pisang dan serat kulit jagung. Pembuatan komposit menggunakan metode Hand Layup serta memvariasikan dua jenis resin yaitu epoksi dan polyester, variasi komposisi serat: 12% serat batang pisang: 6% serat kulit jagung dan 6% serat batang pisang: 12% serat kulit jagung, serta variasi arah serat acak dan arah serat sejajar/lurus. Selanjutnya dilakukan pengujian tarik pada sepesimen komposit. Dari penelitian diperoleh hasil modulus elastisitas tertinggi spesimen komposit pada komposisi 12% serat jagung : 6% serat pisang, arah serat lurus menggunakan resin poliester yang memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 37,25 MPa. Dan diperoleh kekuatan tarik tertinggi pada spesimen komposit dengan 6% serat batang pisang: 12% serat kulit jagung dengan arah serat lurus menggunakan resin epoksi dengan kekuatan tarik sebesar 38,53 MPa. Dari hasil kekuatan tarik tersebut komposit hybrid serat batang pisang dan serat kulit jagung memiliki kekuatan tarik lebih besar dari standar bahan material helm SNI dengan kekuatan tarik 33,93 MPa

(Feni Lestari Berutu, 2022). Serat batang pisang dan serat kulit pisang memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi untuk dijadikan sebagai alternatif dalam pembuatan biofoam, yaitu sebanyak 60-65 % dan 17,04 %. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi HCL serta rasio serat batang pisang dan kulit pisang terhadap kualitas biofoam yang dihasilkan, menganalisa pengaruh persentase penambahan serat batang pisang dan kulit pisang terhadap kualitas biofoam yang dihasilkan. Biofoam dibuat dengan metode thermopressing,

waktu pencetakan selama 30 menit, suhu 170 oC, konsentrasi NaOH sebesar 3%, 45, 5%, 6% serta perbandingan serat batang pisang dan kulit pisang adalah 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, dan 0:100. Adapun uji karakteristik biofoam yaitu uji daya serap air, uji densitas, biodegradibilitas, kuat tarik, dan kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH dan penambahan serat berpengaruh terhadap kualitas biofoam yang dihasilkan. Hasil uji karakteristik biofoam terbaik adalah pada konsentrasi NaOH 5 % dengan perbandingan serat batang pisang dan kulit pisang 75 : 25 % memiliki persentase daya serap air sebesar 11,8682 %, densitas 0,7068%, kuat tarik 2,14 MPa, kuat tekan 1,80 MPa, dan nilai biodegradibilitas 22,9884 %.

(Lusi Vusfita Sari,2019). dengan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi HCl terhadap komposisi kimia, fasa yang terbentuk, dan ukuran partikel pada serbuk batu apung. Nanosilika dibuat menggunakan metode solgel dengan konsentrasi NaOH 4 M, H2SO4 5 M dan variasi konsentrasi HCl 0,5; 0,75; 1; 1,25 dan 1,5 M. Hasil XRF menunjukkan nilai persentase komposisi kimia terbesar pada sampel serbuk batu apung yaitu silika dengan nilai 77,80 %. Nilai tersebut mengalami peningkatan setelah melalui tahap sintesis dimana pada nilai komposisi kimia tertinggi pada sampel nanosilika konsentrasi HCL 1,25 M sebesar 87,05 %. Hasil XRD menunjukkan difraktogram sampel serbuk batu apung terbentuk fasa anorthite dan fasa albite sedangkan pada sampel nanosilika konsentrasi HCL 1,25 M fasa yang mendominasi yaitu fasa amorf namun terdapat fasa kristalin yaitu fasa sodium sulfat. Hasil TEM

menunjukkan ukuran terkecil partikel sampel nanosilika konsentrasi HCL 1,25 M yaitu 5 nm dengan rata-rata ukuran partikel (12,02±3,23) nm