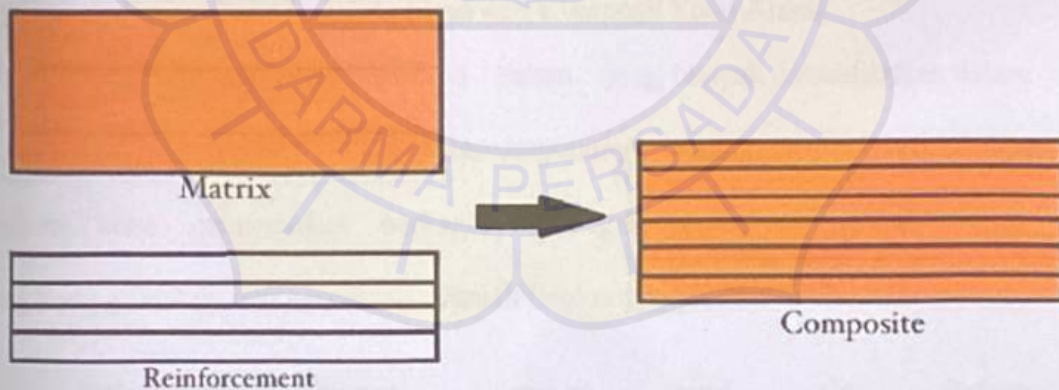


BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Komposit

Material komposit adalah bahan struktural yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang digabungkan pada tingkat makroskopik dan tidak larut satu sama lain [3]. Komposit terdiri dari suatu bahan utama (*matriks*) dan suatu jenis penguatan (*reinforcement*) yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matriks. Penguatan ini biasanya dalam bentuk serat [3]. Fibers ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisajuga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Serat merupakan material yang mempunyai perbandingan panjang terhadap diameter sangat tinggi serta diameternya berukuran mendekati kristal [4].



Gambar 2.1 Kombinasi *Matrix* dan *Reinforcement*

2.2 Sabut Kelapa



Gambar 2.2 Sabut Kelapa

Serat alami dari serat kelapa adalah bahan yang berasal dari lapisan luar buah kelapa, yang berfungsi melindungi biji di dalamnya. Serat kelapa terbuat dari serat alami yang tidak hanya sangat kuat, tetapi juga fleksibel, menjadikannya material yang sangat berguna di berbagai industri [5].

2.3 Material Berbasis Komposit Serat Alami



Gambar 2.3 Aplikasi dari Komposit Serat Alami

Sabut kelapa telah menjadi bahan yang banyak dimanfaatkan dalam pembuatan komposit, berkat kemampuannya dalam meningkatkan sifat mekanik serta menawarkan berbagai keuntungan tambahan seperti ringan, biaya yang rendah, dan keunggulan ramah lingkungan [6].

Dalam proses pembuatan komposit, serat sabut kelapa biasanya dipadukan dengan matriks polimer, seperti resin poliester atau epoxy, untuk menghasilkan material komposit yang dapat diaplikasikan di berbagai bidang, termasuk otomotif, konstruksi, dan produk.

Beberapa karakteristik utama dari komposit yang berbasis serabut kelapa

adalah sebagai berikut:

- Kekuatan Tarik: Komposit berbasis serabut kelapa menunjukkan kekuatan tarik yang cukup baik, meskipun tidak setinggi komposit yang menggunakan serat sintetis.
- Daya Serap Air: Salah satu tantangan dalam penggunaan serat alami adalah kecenderungannya untuk menyerap kelembapan, yang dapat berpengaruh pada sifat mekanik dan stabilitas komposit. Penelitian telah menunjukkan bahwa penambahan bahan pengering atau perlakuan permukaan dapat membantu mengatasi masalah ini.
- Daur Ulang: Komposit berbasis serabut kelapa lebih mudah untuk didaur ulang dibandingkan dengan komposit berbasis plastik sintetis, menjadikannya pilihan yang lebih berkelanjutan untuk aplikasi jangka panjang.

2.4 Resin

Resin adalah bahan kimia yang dapat hadir dalam bentuk cair atau kental dengan sifat unik, yaitu dapat mengeras menjadi padat setelah melalui proses tertentu. Proses ini bisa dilakukan dengan mencampurkan resin dengan bahan lain (seperti pengeras) atau melalui pemanasan. Hasil dari pengerasan ini adalah resin yang sangat keras dan tahan lama. Berkat sifatnya yang unggul, resin banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri, termasuk konstruksi, otomotif, elektronik, seni, dan pembuatan perhiasan. Secara umum, resin dapat dibedakan menjadi dua kategori utama: resin alami dan resin sintetis [7].

1. Resin Alami

Resin alami diperoleh dari tumbuhan, terutama dari jenis pohon tertentu seperti pinus dan damar. Resin ini umumnya muncul dari pohon dalam bentuk getah atau cairan kental dan lengket, berfungsi sebagai mekanisme pertahanan pohon terhadap cedera atau infeksi. Contoh beberapa jenis resin alami meliputi:

- * Damar: Resin yang berasal dari pohon damar, digunakan dalam pembuatan pernis, pelapis, atau bahan baku kertas.
- * Kemenyan (*Frankincense*): Resin dari pohon kemenyan yang digunakan dalam parfum, dupa, dan bahan wewangian.
- * Getah Pinus: Digunakan untuk membuat pernis, bahan bakar, dan beberapa jenis produk industri.

Resin alami ini bisa mengeras secara alami di udara setelah dikeluarkan dari pohon, tetapi sering juga diproses lebih lanjut untuk menghasilkan produk yang lebih kuat dan tahan lama.

2. Resin Sintetis

Resin sintetis adalah jenis resin yang dihasilkan melalui proses kimia di pabrik. Resin ini biasanya lebih fleksibel dan memiliki daya tahan yang lebih baik dibandingkan dengan resin alami. Selain itu, resin sintetis dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan khusus di berbagai sektor industri. Beberapa jenis resin sintetis yang sering digunakan antara lain:

- * Epoxy Resin: Digunakan dalam pembuatan bahan komposit, pelapis anti-korosif, perekat (lem), dan dalam berbagai aplikasi industri seperti otomotif,

elektronik, dan konstruksi. Epoxy resin terkenal karena kekuatan rekatnya yang sangat kuat dan ketahanan terhadap bahan kimia.

* Polyester Resin: Digunakan dalam pembuatan bahan komposit, seperti fiberglass untuk pembuatan kapal, mobil, dan material konstruksi.

* Polyurethane Resin: Digunakan untuk produk yang membutuhkan ketahanan terhadap keausan, goresan, atau cuaca ekstrem, seperti pelapis lantai, cat, atau pelapis logam.

* Phenolic Resin: Tahan terhadap suhu tinggi dan sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan ketahanan panas tinggi, seperti dalam komponen otomotif atau elektronik

2.5 Hardener

Hardener, atau pengeras, adalah bahan kimia yang berfungsi untuk mengaktifkan atau mempercepat proses pengerasan resin. Ketika dicampurkan dengan resin, hardener memicu reaksi kimia yang membuat resin bertransformasi dari bentuk cair atau kental menjadi padat, keras, dan kuat.

Jenis-Jenis Hardener

Hardener bisa berbeda-beda tergantung pada jenis resin yang digunakan. Beberapa jenis hardener yang umum digunakan antara lain:

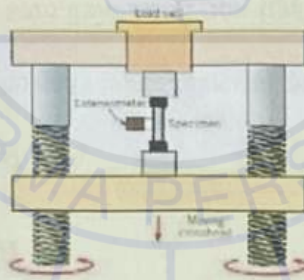
* Hardener untuk Epoxy Resin Epoxy resin adalah jenis resin yang paling sering membutuhkan hardener. Hardener untuk epoxy resin biasanya terdiri dari bahan kimia seperti amina (*amine*) atau anhidrida, yang membuat resin

mengeras setelah dicampur. Epoxy dengan hardener sering digunakan untuk pembuatan bahan komposit, perekat, pelapis, dan berbagai aplikasi lainnya.

* Hardener untuk Polyester Resin Polyester resin sering digunakan dalam pembuatan komposit, seperti fiberglass. *Hardener* untuk polyester resin biasanya berupa bahan kimia seperti MEKP (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*), yang merupakan peroksida yang memulai proses pengerasan resin saat dicampur dengan resin.

* *Hardener* untuk *Polyurethane Resin Polyurethane* resin membutuhkan hardener untuk memulai proses pengerasan. Hardener untuk resin polyurethane umumnya terdiri dari bahan kimia yang dapat mempercepat proses curing, sekaligus memberikan sifat fleksibilitas atau ketahanan yang diinginkan dalam produk akhir.

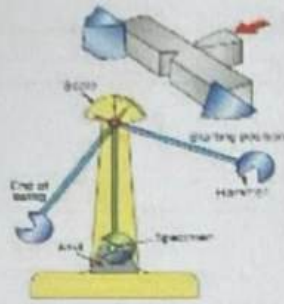
2.6 Uji Tarik



Gambar 2.4 Uji Tarik

Uji tarik adalah instrumen yang digunakan untuk menguji sifat mekanik suatu material, khususnya kemampuan bahan dalam menahan gaya tarik sebelum mengalami kerusakan atau patah. Proses uji tarik ini sangat penting untuk memahami seberapa jauh suatu bahan dapat mengalami regangan atau bertahan

ketika diberikan beban tarik. Hasil dari uji tarik memberikan informasi berharga



Gambar 2.5 Alat Uji Impact

mengenai kekuatan, elastisitas, dan deformasi dari bahan yang diuji [8].

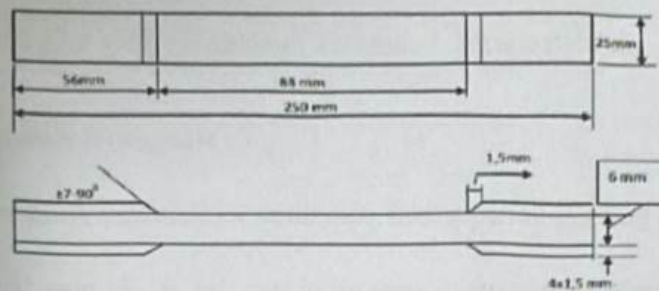
2.7 Uji Impact

Uji Impact merupakan perangkat yang dirancang untuk mengukur sejauh mana ketahanan suatu bahan terhadap beban yang diberikan secara mendadak atau impulsif, yang biasa dikenal sebagai *impact*. Pengujian *impact* bertujuan untuk menilai kemampuan bahan dalam menyerap energi atau mengalami deformasi ketika menghadapi benturan atau gaya yang tiba-tiba. Informasi ini sangat penting untuk memahami kekuatan dan daya tahan material dalam kondisi ekstrem atau saat terjadi benturan mendadak [9].

2.8 Bentuk Spesimen ASTM

Bentuk Spesimen ASTM adalah bentuk, ukuran, dan dimensi spesimen, yang merupakan contoh material atau produk, yang digunakan dalam pengujian material sesuai dengan standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Standar ASTM mencakup berbagai jenis pengujian dan memiliki ketentuan yang jelas mengenai bentuk dan ukuran spesimen yang harus digunakan untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan valid dan dapat diterima dalam penelitian, pengembangan, serta produksi industri [10].

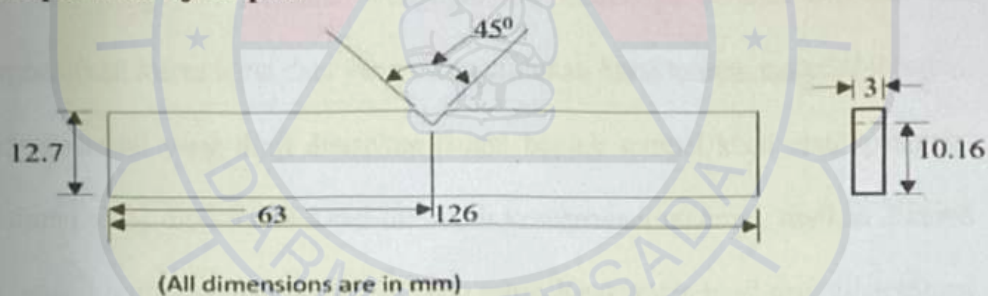
2.8.1 Spesimen Uji Tarik



Gambar 2.6 Desain Spesimen Uji Tarik (D3039)

Menentukan kriteria untuk uji pengujian material komposit untuk memastikan konsistensi dan akurasi tes mekanis ASTM (*American Association for Testing and Material*). Standar yang sering digunakan adalah ASTM D3039, yang menyesuaikan sampel uji kereta bahan komposit.

2.8.2 Spesimen Uji Impact



Gambar 2.7 Desain Spesimen Uji Impact (ASTM D6110)

Proses pengujian Impact dilakukan di Laboratorium Material Universitas Muhammadiyah Semarang. Pengujian ini mengikuti standar ASTM D 5942-96 dan menggunakan peralatan pengujian Impact dengan metode *Charpy*. Dalam prosedur ini, sebuah pendulum atau beban akan dihantamkan ke benda spesimen yang sedang diuji. Energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen dapat dihitung secara langsung dengan mengukur perbedaan energi potensial pendulum dari posisi awal

hingga setelah mengenai spesimen. Sebagai identifikasi, spesimen tersebut diberi takikan pada bagian yang mengalami kerusakan, berupa patahan.

2.9 Sifat Mekanis Komposit

Sifat mekanik merupakan salah satu faktor paling penting dalam pemilihan bahan untuk desain. Sifat ini mencerminkan bagaimana material bereaksi atau berperilaku terhadap beban yang diberikan, yang bisa berupa gaya, torsi, atau kombinasi keduanya. Dalam praktiknya, beban yang diterapkan pada material dibedakan menjadi dua kategori utama: beban statik dan beban dinamik. Perbedaan mendasar antara keduanya terletak pada dampak waktu; beban statik bersifat tetap, sementara beban dinamik terkait erat dengan perubahan yang terjadi seiring waktu.

Untuk memperoleh informasi mengenai sifat mekanik material, biasanya dilakukan pengujian mekanik. Pengujian ini umumnya bersifat merusak dan menghasilkan kurva serta data yang mencerminkan karakteristik material tersebut. Setiap material yang diuji disiapkan dalam bentuk sampel kecil atau spesimen. Spesimen yang diuji harus dapat mewakili keseluruhan material, asalkan diambil dari jenis, komposisi, dan perlakuan yang sama. Keakuratan hasil pengujian sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk ketelitian pengukuran, kinerja mesin, kualitas atau jumlah cacat dalam material, dan kecermatan dalam pembuatan spesimen.

Beberapa sifat mekanik yang perlu diperhatikan meliputi kekuatan tarik, ketangguhan, kelenturan, keuletan, kekerasan, ketahanan aus, kekuatan Impact, kekuatan mulur, kekuatan leleh, serta berbagai sifat mekanik lainnya [11].

2.10 Jenis-Jenis Patahan

2.10.1 Jenis Jenis Patahan Uji Tarik

Dalam pengujian tarik material komposit, penting untuk mengidentifikasi jenis patahan yang terjadi, karena hal ini dapat memberikan gambaran tentang kinerja mekanik dan membantu kita memahami interaksi antara serat penguat dan matriks. Berikut adalah beberapa jenis patahan yang sering dijumpai dalam uji tarik material komposit.

- Patahan Getas (*Brittle Fracture*):

Patahan getas merupakan suatu jenis kerusakan material yang terjadi secara mendadak, tanpa adanya deformasi plastis yang nyata sebelumnya. Ciri khas dari patahan getas adalah material yang mengalami kerusakan akan pecah atau retak dengan tajam dan bersih, sering kali tanpa mengalami perubahan bentuk yang signifikan sebelum terjadinya patahan tersebut.

- Patahan Debonding

Patahan debonding merupakan salah satu bentuk kerusakan atau retakan yang muncul akibat pemisahan antara dua lapisan material dalam sebuah komposit, yang umumnya terjadi antara serat dan matriks. Proses ini berlangsung ketika ikatan atau adhesi antara matriks dan serat, atau antar lapisan material, tidak cukup kokoh untuk menahan gaya yang diterapkan, sehingga menyebabkan lapisan-lapisan tersebut terlepas satu sama lain.

- Patahan *Face Yield*

Patahan *Face Yield* adalah jenis kerusakan yang terjadi pada material, terutama pada komposit atau material komposit berlapis, ketika terjadi deformasi plastis pada permukaan atau lapisan terluarnya. Kerusakan ini

umumnya muncul ketika material telah mencapai batas kemampuan deformasi plastis pada permukaan, sebelum akhirnya mengalami patahan atau keretakan yang lebih parah [12].

2.10.2 Jenis Jenis Patahan Uji Impact

Dalam pengujian *impact* material komposit, mengenali jenis-jenis patahan yang terjadi merupakan langkah penting untuk memahami ketangguhan dan perilaku material saat terpapar beban kejutan. Berikut ini adalah beberapa jenis patahan yang umum ditemukan dalam uji *impact* material komposit.

- Patahan Ulet

Patahan ulet (*ductile fracture*) adalah jenis kerusakan material yang terjadi secara bertahap, di mana material mengalami deformasi plastis yang cukup signifikan sebelum akhirnya pecah. Patahan ini biasa ditemui pada material yang mampu menyerap energi melalui perubahan bentuk, sehingga material tersebut bisa meregang atau melebar sebelum mengalami keretakan.

- Patahan Getas

Patahan getas merupakan suatu jenis kerusakan material yang terjadi secara mendadak, tanpa adanya deformasi plastis yang nyata sebelumnya. Ciri khas dari patahan getas adalah material yang mengalami kerusakan akan pecah atau retak dengan tajam dan bersih, sering kali tanpa mengalami perubahan bentuk yang signifikan sebelum terjadinya patahan tersebut

- Patahan Bonding (*Debonding*)

Patahan debonding merupakan salah satu bentuk kerusakan atau retakan yang muncul akibat pemisahan antara dua lapisan material dalam sebuah komposit, yang umumnya terjadi antara serat dan matriks. Proses ini berlangsung ketika ikatan atau adhesi antara matriks dan serat, atau antar lapisan material, tidak cukup kokoh untuk menahan gaya yang diterapkan, sehingga menyebabkan lapisan-lapisan tersebut terlepas satu sama lain.

- Patahan *Crack Deflection*

Patahan *Crack Deflection* mengacu pada fenomena di mana arah atau jalur retakan dalam suatu material yang mengalami beban atau tegangan tidak mengikuti jalur yang lurus, melainkan mengalami defleksi atau pembelokan sepanjang material tersebut. Istilah ini sering digunakan dalam konteks material komposit, beton, atau jenis material lainnya yang mengalami retakan akibat tekanan atau stres [13].

2.11 *Microstruktire*

Mikroskop optik, atau mikroskop cahaya adalah salah satu metode pertama yang digunakan untuk mempelajari topografi suatu permukaan. Untuk fotografi, mikroskop optik biasanya memiliki satu lensa okuler yang sering dipasangkan pada kamera. Ketika logam dalam kondisi seperti dipoles atau tidak tergores, pemeriksaan sering dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik seperti korosi, erosi, retakan, tumpang tindih atau lipatan, porositas, dan penyusutan. Mikroskop optik dapat digunakan untuk memeriksa permukaan bagian yang tidak terbuat dari logam, seperti keramik, plastik, atau elastomer dengan menggunakan cara kerja yang sama dengan uji coba terhadap bahan logam [14].

cara kerja dari mikroskop optik ini adalah dengan dihubungkan ke komputer dan menghasilkan gambar dua dimensi retakan dengan resolusi spasial hingga mencapai 200 nm. Mikroskop ini menggunakan cahaya tampak dengan memperbesar area yang diinginkan untuk memeriksa suatu sampel uji, contohnya seperti pemeriksaan retakan terhadap kernel. Sampel tingkat mikron dengan resolusi yang sesuai dikarakterisasi menggunakan mikroskop optik, tetapi untuk dilakukan perbesaran tingkat tinggi dengan mikroskop optik tidak dimungkinkan karena keterbatasan alami dari panjang gelombang cahaya [14].

2.12 Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji pemanfaatan serat sabut kelapa sebagai penguat pada komposit berbasis resin *polyester*. Hasil penelitian umumnya menunjukkan bahwa penambahan fraksi serat sabut kelapa mampu meningkatkan ketangguhan material terhadap beban benturan, namun seringkali menurunkan kekuatan tarik, terutama pada fraksi serat yang tinggi. Pengujian tarik pada material komposit banyak dilakukan menggunakan standar ASTM D3039, sedangkan pengujian impak umumnya mengacu pada metode *Charpy* atau ASTM D6110.

Studi-studi yang menggunakan pengujian sesuai ASTM D3039 mengungkapkan bahwa fraksi serat sabut kelapa sekitar 15–40% dapat memberikan keseimbangan antara kekuatan tarik dan ketangguhan impak. Pada fraksi serat rendah, kekuatan tarik relatif lebih tinggi karena resin mampu menyelimuti serat secara merata, sehingga ikatan antar muka serat–matriks lebih optimal. Sebaliknya, peningkatan fraksi serat di atas batas optimum cenderung menurunkan kekuatan

tarik akibat terbentuknya kekosongan (*void*) dan ikatan yang kurang baik antara serat dan matriks.

Penelitian lain menunjukkan bahwa perlakuan permukaan serat seperti alkalisasi (NaOH) mampu meningkatkan kekuatan tarik komposit secara signifikan. Perlakuan ini menghilangkan kotoran dan lignin pada permukaan serat, sehingga meningkatkan adhesi antara serat dan resin. Dampaknya, distribusi tegangan selama pembebanan tarik menjadi lebih merata dan kegagalan material dapat tertunda.

Dari tinjauan penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa serat sabut kelapa memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai penguat komposit pada aplikasi konstruksi otomotif, terutama untuk meningkatkan ketahanan terhadap benturan. Namun, diperlukan pengaturan komposisi resin dan serat yang tepat serta perlakuan serat yang sesuai untuk memperoleh kombinasi sifat mekanik yang optimal, sehingga mampu menyaingi performa komposit berbasis *fiberglass*.

2.13 Perlakuan Permukaan Serat

Perlakuan permukaan serat adalah proses modifikasi struktur atau sifat kimia serat untuk meningkatkan kualitas ikatan antara serat dan matriks pada material komposit. Salah satu metode yang paling umum digunakan adalah perlakuan alkali (alkalinisasi) menggunakan larutan NaOH. Proses ini berfungsi untuk menghilangkan lignin, hemiselulosa, minyak, dan kotoran pada permukaan serat, sehingga permukaan menjadi lebih kasar dan memiliki area kontak yang lebih luas dengan matriks. Permukaan serat yang lebih bersih dan kasar akan meningkatkan adhesi mekanis dan ikatan kimia antara serat dan resin.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perlakuan alkali dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan lentur komposit serat alam hingga 20–30% dibandingkan serat tanpa perlakuan. Namun, konsentrasi larutan NaOH dan waktu perendaman harus dikendalikan, karena perlakuan yang berlebihan dapat merusak struktur selulosa pada serat, sehingga menurunkan kekuatan mekaniknya. Dengan demikian, perlakuan permukaan menjadi salah satu faktor penting dalam optimasi sifat mekanik komposit berbasis serat sabut kelapa.

