

TINJAUAN PUSTAKA

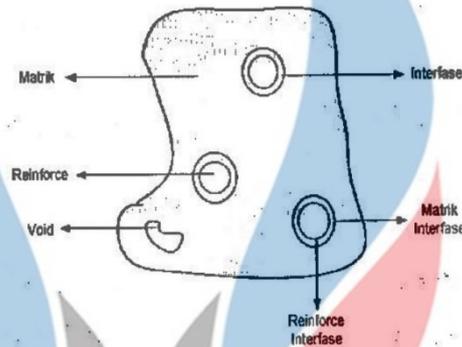
Pada bab 2 tinjauan pustaka ini akan dijelaskan mengenai komposit serta keterkaitan beberapa referensi terhadap penelitian “Karakteristik Komposit Serat Sabut Kelapa Dengan Poliester Sebagai Material Alternatif Pembuatan Helm Motor”. Bab 2 ini meliputi beberapa aspek bahasan, diantaranya : komposit, komposit serat, komposit partikel, komposit lamina, klasifikasi komposit berdasarkan matriks, helm, serat sabut kelapa, komposisi serat sabut kelapa, volume penguat, resin *polyester*, uji impak, metode charpy, uji impak, uji mikroskopik, uji sem dan penelitian terdahulu.

2.1 Komposit

Komposit berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun ataupun menggabung. Jadi secara simpel bahan komposit berarti bahan gabungan dari 2 gabungan ataupun lebih bahan yang berlainan. Material komposit didefinisikan selaku campuran antara dua material ataupun lebih secara makroskopis berbeda wujudnya, komposisi kimianya, serta tidak melarutkan materialnya (Smith. 1993). Komposit merupakan bahan hibrida yang dibuat dari resin polimer yang diperkuat dengan serat, ialah dengan mencampurkan sifat- sifat mekanik serta raga. Pada biasanya wujud bawah sesuatu bahan komposit merupakan tunggal dimana ialah lapisan dari sangat tidak ada 2 faktor yang bekerja buat menciptakan sifat- sifat bahan yang berbeda terhadap faktor bahan penyusunnya. Bahan komposit terdiri dari 2 faktor yang awal berfungsi selaku penguat(fiber ataupun filler) serta yang kedua selaku pengikat(matriks), sehingga hendak tercipta material baru yang lebih baik dari material penyusunnya. Fiber umumnya diambil dari bahan yang kokoh, kaku, serta dan getas, sedangkan untuk matriks diambil dari bahan yang lunak dan tahan terhadap perlakuan kimia.

Material komposit terdiri lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya.

Bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya memiliki berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi serta ketahanan aus (Smallman, dan Bishop, 2000). Di dalam komposit dapat terbentuk *interphase* yaitu diantara fase matriks dan penguat yang dapat timbul akibat interaksi kimia antara fase matrik dan fase penguat.



Gambar 2.1 Fase Dalam Komposit (Jacobs, 2005)

2.1.1 Komposit Serat

Serat dibedakan menjadi dua yaitu serat alam dan serat sintesis. Serat alam adalah serat yang berasal dari alam yaitu berupa tumbuh-tumbuhan seperti serat eceng gondok, serabut kelapa, sonokeling, serat pohon pinang. Sedangkan serat sintesis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi bahan kimia tertentu. Pada umumnya serat sintesis yang kebanyakan digunakan adalah seperti serat gelas, nylon, kelvar, serat karbon dan lain-lain. (Laurensius, 2018).

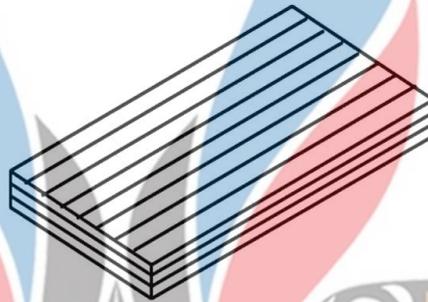
Komposit serat merupakan gabungan antara serat dengan matrik, komposit serpihan merupakan gabungan serpihan rata dengan matrik, komposit pengisi merupakan gabungan matrik *continuous skeletal* dengan matrik yang kedua, serta komposit berlapis merupakan gabungan lapisan atau unsur pokok lamina (Schwartz, 1984). Komposit yang berpenguat serat bisa digolongkan jadi dua bagian ialah sebagai berikut :

1. Komposit serat pendek (*short fiber composite*), komposit serat pendek mempunyai keunggulan pada biaya pembuatan yang lebih murah dibandingkan dengan komposit serat panjang. Perihal ini dikarenakan

orientasi serat acak lebih sering digunakan dalam penataan komposit serat pendek.

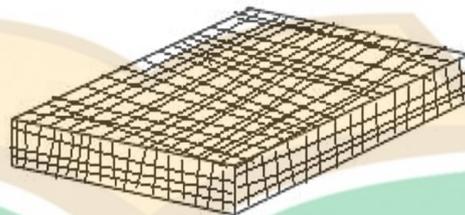
2. Komposit serat panjang (*long fiber composite*), komposit serat panjang memiliki keunggulan ialah lebih gampang diorientasikan bila dibandingkan dengan komposit serat pendek. Secara teoritis komposit serat panjang bisa menyalurkan pembebanan ataupun tegangan dari satu titik pemakaiannya.

Berdasarkan arah penempatannya (arah orientasi serat) terdapat beberapa tipe pada komposit serat, diantaranya dapat dilihat pada penjelasan berikut ini :



Gambar 2.2 Tipe *Continuous Fiber Composite* (Gibson, 2012)

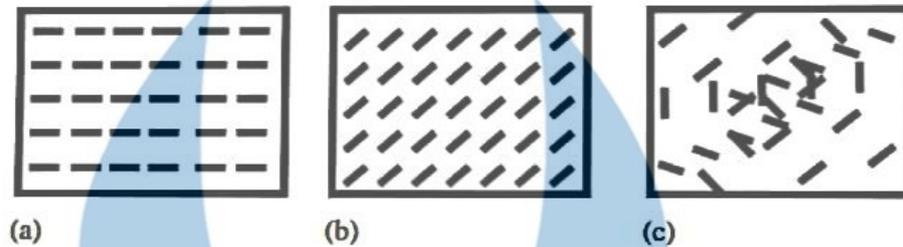
Continuous Fiber Composite ataupun serat satu arah, jenis ini memiliki lapisan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya. Tipe komposit ini paling sering digunakan. Ada pula kelemahan pada pembelahan antara susunan. Hal ini disebabkan kekuatan antar susunan dipengaruhi oleh matriknya. Wujud dari komposit serat satu arah ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.3 Tipe *Woven Fiber Composite (Bi-Directional)* (Gibson, 2012)

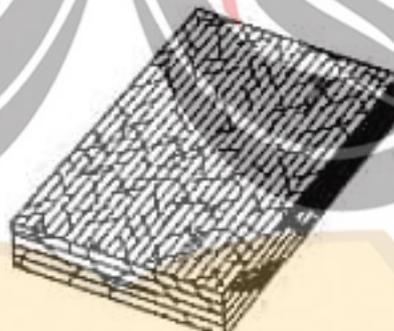
Woven fiber composite (bi-directional), pada jenis komposit serat ini memiliki kelebihan dimana komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi

susunan serat memanjangnya tidak begitu lurus. Hal ini mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah. Tipe ini dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Tipe *Discontinuous Fiber* (a) Serat Pendek Tipe Searah, (b) Serat Pendek Dengan Tipe Silang (*Off Axis*) (c) Serat Pendek Dengan Tipe Acak (Gibson, 2012).

Discontinuous Fiber Composite adalah tipe komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriksnya. Tipe acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya yang lebih murah. Kekurangan dari jenis serat acak adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 yang dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.5 Tipe *Hybrid Fiber Composite* (Gibson, 2012)

Komposit serat hibrida menggabungkan dua atau lebih fase serat penguat menjadi satu matriks untuk mendapatkan sifat baru dan sebaliknya, di mana dua atau lebih matriks ikatan terbentuk dalam satu serat penguat. Komposit hibrida lebih fleksibel daripada komposit yang diperkuat serat. Bahan komposit hibrida biasanya mengandung serat modulus tinggi atau serat modulus rendah. Sifat

mekanik komposit hibrida tergantung pada perubahan fraksi massa dan urutan lapisan (N.L. Hancox, 1981).

2.1.2 Komposit Partikel

Komposit partikulat adalah material yang terbentuk dari partikel yang terdispersi dalam matriks pengikat, yaitu komposit partikulat adalah komposit yang tersusun dari matriks yang diperkuat dengan fase terdispersi berupa partikel. Komposit partikel dapat terdiri dari partikel logam atau nonlogam dan matriks, atau kombinasinya.

Mekanisme penguatan partikel tergantung pada ukuran partikel itu sendiri. Pada skala mikroskopis, partikel yang digunakan adalah serbuk halus yang terdispersi dalam matriks dengan konsentrasi 15%. Kehadiran bubuk akan mengentalkan matriks dan menghambat pergerakan dislokasi yang dihasilkan. Konsentrasi yang lebih besar dari 25% dapat dicapai dengan menggunakan partikel-partikel ini dengan meningkatkan ukuran partikel ke ukuran makroskopik.

2.1.3 Komposit Lamina

Composite Laminate terdiri dari dua atau lebih lapisan yang digabungkan menjadi satu lapisan, masing-masing dengan karakteristiknya sendiri. Komposit laminasi terdiri dari dua atau lebih lapisan bahan berbeda yang diikat menjadi satu. Laminasi digunakan untuk menggabungkan keunggulan lapisan cetakan dan bahan pengikat untuk menghasilkan bahan yang lebih unggul dari cetakan. Orientasi serat juga sangat mempengaruhi kekuatan komposit laminasi, konsisten dengan Rashanal Hosain et al. (2013), yang dalam dalam memanjang, kekuatan tarik dan kekuatan dari sudut 0° - 0° komposit laminasi ditemukan lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 0° - 45° atau sudut 0° - 90° komposit laminasi (Hidayatullah, A, 2015).

Sifat-sifat yang dapat diperbaiki oleh komposit laminat adalah kekuatan, kekakuan, berat lebih rendah, ketahanan korosi, tahan terhadap aus dan ketahanan panas. Komposit laminasi memiliki sifat mekanik yang lebih baik dari logam, kekakuan jenis, dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Tetapi komposit lamina sangat rentan terhadap tegangan geser (Jones, R.M., 1999).

2.2 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Matriks

Menurut Gibson (1994) ada 3 jenis komposit menurut matriks penyusunnya, dapat dibedakan menjadi :

1. PMC (*Polymer Matriks Composite*)

Polimer adalah matriks yang paling umum digunakan dalam bahan komposit. Karena memiliki ketahanan korosi yang lebih dan sifat yang lebih ringan. Matriks polimer dibagi menjadi dua bagian: termoset dan termoplastik. Perbedaannya adalah polimer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik lebih banyak digunakan karena dapat didaur ulang. Jenis termoplastik yang umum digunakan adalah polypropylene (PP), polystyrene (PS), dan polyethylene (PE).

Komposit diklasifikasikan sebagai komposit granular berdasarkan strukturnya, yaitu jenis komposit yang menggunakan partikel atau granul sebagai pengisi. Partikel dalam bentuk logam atau non-logam dapat digunakan sebagai pengisi. Bahan komposit serat terdiri dari dua komponen: matriks dan serat. Komposit struktural (*laminated composites*) terdiri dari dua atau lebih material berbeda yang direkatkan dalam suatu proses pelapisan yang dilakukan dengan menggabungkan kekuatan masing-masing lapisan.

2. MMC (*Metal Matriks Composite*)

Komposit matriks logam adalah jenis komposit yang memiliki matriks logam. MMC telah berkembang sejak tahun 1996. MMC filamen kontinu yang digunakan dalam industri penerbangan pertama kali dipelajari. Contoh matriks dalam MMC adalah aluminium, magnesium, dan titanium. Serat yang umum digunakan dalam MMC adalah karbon dan silikon. Seperti namanya, bahan ini memiliki matriks plastik dan logam. Pada umumnya material ini dapat digunakan pada temperatur yang lebih tinggi dari material logam. Penguatan dapat berupa partikel, serat, dan kumis.

3. CMC (*Ceramic Matriks Composite*)

Keramik merupakan material yang tahan terhadap oksidasi dan dapat menahan suhu tinggi, namun memiliki nilai ketangguhan patah yang sangat rendah dan sangat rapuh. Ketangguhan retak ini telah berhasil ditingkatkan dengan mencampurkan keramik dengan serat, serat, atau penguat kumis, yang

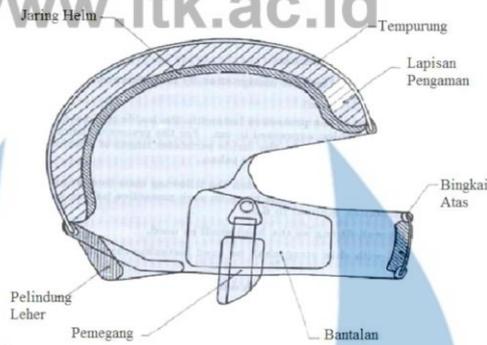
juga terbuat dari keramik. Kumis dalam bahan komposit matriks keramik meningkatkan ketangguhan dengan menghambat perambatan retak, tetapi jenis retensi bahan ini rapuh. CMC dapat digunakan pada suhu tinggi dan CMC dan PMS tidak dapat digunakan karena kekuatan dan modulusnya yang tinggi serta densitas yang rendah. Aplikasi CMC termasuk sisipan pemotongan, pengoksidasi dan lingkungan suhu tinggi.

2.3 Helm

Catatan sejarah menunjukkan bahwa helm pertama kali dibuat sebagai bagian dari baju besi peradaban Yunani kuno, yaitu Roma klasik, hingga akhir abad ke-17. Karena helm terbuat dari besi pada waktu itu, helm berfungsi sebagai pakaian pelindung. Fungsi helm ini hanya sebatas target militer yang mampu melindungi kepala dari terkena pisau musuh dan terkena panah atau peluru berkecepatan rendah.

Namun, penggunaan helm menurun karena adanya peluru berkecepatan tinggi yang mampu menembus helm sekitar tahun 1670, sehingga unit infanteri helm tidak ada lagi pada abad ke-18. Hanya Napoleon yang kembali untuk menggunakan kembali helm tentara kavaleri. Terlepas dari kenyataan bahwa kecepatan peluru saat ini sudah sangat tinggi, helm masih dianggap sebagai pelindung kepala yang efektif. Kehadiran helm juga memainkan peran penting dalam Perang Dunia I dan II.

Mengenai bahan, bahan helm harus memenuhi persyaratan sebagai berikut: Yaitu: terbuat dari bahan yang tahan lama, bukan logam. Aksesori untuk helm harus tahan cuaca, tahan air, dan tidak terpengaruh oleh suhu ekstrem. Bahan yang bersentuhan dengan tubuh tidak boleh terbuat dari bahan yang dapat menyebabkan iritasi atau penyakit kulit. Itu tidak merusak ketahanan terhadap dampak atau perubahan fisik dari kontak langsung.



Gambar 2.6 Konstruksi Helm SNI Full Face (SNI, 2007).

berbentuk topi pelindung kepala yang berfungsi melindungi kepala pemakainya apabila terjadi benturan (SNI, 2007).

Helm berfungsi untuk melindungi kepala pengendara dari benturan yang serius jika terjadi kecelakaan. Helm juga dapat melindungi wajah dan mata dari debu, pasir, dan benda lainnya. Selain memilih helm yang memenuhi standar keselamatan berkendara, pengemudi perlu bijak dalam memilih helm yang baik dan nyaman. Hal ini dikarenakan pemakaian helm yang tidak nyaman dapat menyebabkan terganggunya konsentrasi saat berkendara dan menimbulkan masalah bagi pemakainya (Simanjuntak, 2010).

Tabel 2.1 Nilai Pengujian Tarik, Impak, dan Densitas Helm SNI (Mulyo, 2018)

Pengujian	Nilai Pengujian Helm SNI
Kekuatan Tarik	33,97 MPa
Ketahanan Impak	0,00972 J/mm ²
Nilai Densitas	1,135 gr/cm ³

2.4 Serat Sabut Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan tanaman dari suku palmaceae yang sangat banyak dijumpai di daerah tropis. Kelapa sangat populer di masyarakat karena memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia. Berbagai manfaat tersebut berasal dari ampas buah, air, sabut kelapa, sekam, daun dan batang. Sabut kelapa tebalnya sekitar 56 cm dan terdiri dari lapisan luar (kulit luar) dan lapisan dalam (kulit bagian dalam). Sabut kelapa membentuk struktur kulit yang

menutupi tempurung kelapa. Sabut kelapa kuat, tahan abrasi, tidak mudah rapuh, tahan air (tidak busuk), tahan jamur dan hama, serta gangguan rayap dan tikus. Komposisi kimia sabut kelapa meliputi selulosa, lignin, asam pirolat, gas, arang, tar, tanin dan kalium. Dari satu buah kelapa diperoleh 0,4 kg sabut kelapa yang mengandung 30% serat dan kaya akan urea. Penelitian Wuryaningsih dkk (2004) meneliti serat kelapa yang mengandung nutrisi dalam bentuk nitrogen (0,44%). P (199 mg/kg); K (67,20 me/100 g); kalsium (7,73 mE/100 g); Magnesium (11,03 me / 100 g)

Tabel 2.2 Komposisi Unsur Kimia Beberapa Serat Alam (Syaffisab, 2010)

Serat	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Kadar Air (%)
Enceng gondok	64-51	15,61	7,69	92,6
Pisang	60-65	6-8	5-10	10-15
Sabut kelapa	43	<1	45	10-12
Flax	70-72	14	4-5	7
jute	61-63	13	5-13	12,5
Rami	80-85	3-4	0,5	5-6
Sisal	60-67	10-15	8-12	10-12
Sun hemp	70-78	18-19	4-5	10-11
Cotton	90	6	-	7



Gambar 2.7 Serat Sabut Kelapa (Penulis, 2021)

Serat sabut kelapa jika diurai akan menghasilkan serat sabut (*coco fiber*) dan serbuk sabut (*coco coir*), namun produk inti dari sabut adalah serat sabut. Dari produk serat sabut akan menghasilkan aneka macam derivasi produk yang manfaatnya sangat luar biasa. Menurut Choir Institute, kelebihan serat sabut kelapa antara lain anti ngengat, tahan terhadap jamur, tidak mudah membusuk, memberikan insulasi yang sangat baik terhadap suhu dan suara, tidak mudah terbakar, *flame-retardant*, tidak terkena oleh kelembaban, a lot dan tahan lama, statis, mudah dibersihkan serta mampu menahan air tiga kali dari beratnya. Sabut 15 kali lebih lama daripada kapas untuk rusak dan 7 kali lebih lama dari rami untuk rusak. Komposit serat sabut kelapa menurut Wabua dkk (2003) bahwa kekuatan tarik dan modulus meningkat dengan meningkatnya fraksi volume. Serat sabut kelapa sebagai penguat polipropilen mempunyai kekuatan dampak yang lebih tinggi dibanding serat jute dan kenaf sebagai penguat polipropilen, namun kekuatan tarik dan modulusnya lebih rendah.

Struktur serabut kelapa ditentukan oleh kuantitas selulosa dan konstituen non-selulosa dan ini mempengaruhi kembalinya Kristal dan kelembaban. Serat yang memiliki kandungan selulosa tinggi, dengan derajat polimerisasi yang tinggi dan sudut mikrofibril yang rendah akan memberikan sifat mekanik yang lebih baik dan hal ini terdapat pada serat sabut kelapa dimana memiliki kandungan lignin tinggi. Kandungan lignin juga mempengaruhi struktur sifat, fleksibilitas, tingkat hidrolisis dan dengan kandungan lignin yang tinggi permukaannya tampak lebih halus dan juga lebih fleksibel (Ananda, 2019)

2.4.1 Komposisi Serat Sabut Kelapa

Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, pyroligneous acid, gas, arang, tannin, dan potassium. Dilihat dari sifat fisisnya sabut kelapa terdiri dari yakni seratnya terdiri dari serat kasar dan serat halus serta tidak kaku, mutu serat dapat ditentukan dari warna dan ketebalannya, serta mengandung unsur kayu seperti lignin, suberin, tannin, dan zat lilin.

Hasil uji komposisi serat sabut kelapa berdasarkan SNI yang dilakukan sarana riset dan standarisasi dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.3 Komposisi Serat Sabut Kelapa (Sunaryo, 2008)

Parameter	Hasil Uji Komposisi (%)	Metode uji
Kadar Abu	2.02	SNI 14-1031-1989
Kadar Lignin (Metode Klason)	31.48	SNI 14-0492-1990
Kadar Sari	3.41	SNI 14-1032-1989
Kadar Alfa Selulosa	32.64	SNI 14-0444-1989
Kadar Total Selulosa	55.34	Metoda Internal BBPK
Kadar Pentosan sebagai Hemiselulosa	2.70	SNI 01-1561-1989
Kelarutan dalam NaOH 1%	20.48	SNI 19-1938-1990

2.5 Perlakuan Alkalisasi

Dalam komposit yang diperkuat serat, ikatan mekanis antara serat dan matriks tidak akan lengkap karena terhalang oleh lapisan lilin pada permukaan serat. Perlakuan NaOH ini bertujuan untuk melarutkan lapisan lilin pada permukaan serat seperti lignin, hemiselulosa dan pengotor lainnya. Dengan hilangnya lapisan lilin ini, ikatan antara serat dan matriks menjadi lebih kuat, sehingga menghasilkan kekuatan mekanik yang lebih tinggi, terutama kekuatan tarik komposit. Serat yang tidak dirawat dapat dengan mudah rusak oleh berbagai faktor, salah satunya adalah adanya mikroba lain pada serat, seperti jamur, yang dapat menyebabkan kerusakan serat. Perlakuan tekstil digunakan untuk meningkatkan kekasaran, meningkatkan kekuatan mekanik dan menghilangkan kemungkinan pertumbuhan jamur pada serat. Bahan yang dapat digunakan untuk mengolah NaOH, NaOH, juga lebih mudah diperoleh dan lebih ekonomis karena dapat meningkatkan daya rekat antarmuka antara serat dan matriks (Diharjo, 2006).

2.6 Volume Penguat

Komponen penyusun bahan komposit mempunyai pengaruh terhadap sifat mekanik akhir bahan komposit. Besar pengaruh terhadap sifat mekanik akhir bahan komposit dapat ditinjau dari seberapa banyak komponen tersebut terdapat dalam bahan komposit. Dalam analisa sifat mekanik bahan komposit persamaan-persamaan yang digunakan menggunakan komponen fraksi volume, namun dalam kenyataannya pengukuran dapat dilakukan berdasarkan fraksi berat yaitu dengan mengetahui terlebih dahulu massa jenis partikel yang akan digunakan

Pada bahan komposit jumlah fraksi volume komponen penyusunnya harus sama dengan satu, dengan mengasumsikan tidak adanya void. Menurut Gibson (1994), penempatan serat harus mempertimbangkan geometri serat, arah, distribusi dan fraksi volume, agar dapat dihasilkan komposit berkekuatan tinggi.

Fraksi Volume (V) :

$$V_{serat} = \frac{\text{Volume serat}}{\text{Volume komposit}} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$V_{serat} = \frac{m_f/\rho_f}{m_f/\rho_f + m_m/\rho_m} \times 100\% \quad (2.2)$$

$$V_{matrik} = \frac{\text{Volume matrik}}{\text{Volume komposit}} \times 100\% \quad (2.3)$$

$$V_{serat} = \frac{m_m/\rho_m}{m_f/\rho_f + m_m/\rho_m} \times 100\% \quad (2.4)$$

Dimana :

m_f : Massa serat (gr)

m_m : Massa matrik (gr)

ρ_f : Massa jenis serat (gr/mm³)

ρ_m : Massa jenis matrik (gr/mm³)

2.7 Resin Polyester

Resin adalah cairan dengan viskositas rendah yang mengeras setelah proses polimerisasi. Resin bertindak sebagai pengikat antara satu serat dengan serat lainnya, membentuk ikatan yang kuat, membentuk komposit yang kaku, bahan dengan kekuatan ikatan yang tinggi. Polyester merupakan bahan thermosetting dan banyak digunakan di pasaran karena harganya yang relatif murah. Poliester merupakan resin termoset yang memiliki kekuatan mekanik dan ketahanan kimia yang sangat baik serta relatif murah.

Jenis resin ini banyak digunakan dalam plastik yang diperkuat serat gelas. Hal ini dikarenakan tulangan fiber glass memiliki ketahanan panas yang baik, namun kurang tahan lama. Resin poliester dapat disembuhkan pada suhu kamar dan dipercepat dengan penambahan katalis. Bahan poliester banyak digunakan dalam komposit yang diperkuat serat.

Tabel 2.4 Sifat Resin *Polyester* (Prabowo, 2007)

Sifat	Polyester
Kekuatan tarik (MPa)	40 – 90
Modulus elastis (GPa)	2,0 – 4,4
Kekuatan impak (J/m)	10,6 – 21,2
Kerapatan (g/cm ³)	1,10 – 1,46

Menurut Siregar (2016) resin polyester tak jenuh (UPR) merupakan jenis resin termoset atau lebih populernya sering disebut dengan polyester saja. UPR berupa resin cair dengan viskositas yang cukup rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin termoset lainnya. *Polyester* resin BQTN 157- EX merupakan material polimer *kondensat* yang dibentuk berdasarkan reaksi antara kelompok *polyol*, yang merupakan organik gabungan dengan *alcohol multiple* atau gugus fungsi hidroksi, dan *polycarboxylic* yang mengandung ikatan ganda. Tipikal jenis polyol yang digunakan adalah *glycol*, seperti *ethylene glycol*. Sementara asam *polycarboxylic* yang digunakan adalah asam *phthalic* dan asam *maleic*.

Tabel 2.5 Karakteristik Mekanik Poliester Resin BQTN 157-EX (Purba, 2018).

Sifat Mekanik	Satuan	Besaran
Berat Jenis (ρ)	Kg.m^{-3}	1.2 s/d 1.5
Modulus Young (E)	GPa	2 s/d 4.5
Kekuatan Tarik (σ)	MPa	40 s/d 90

2.8 Compression Molding

Proses ekstrusi banyak digunakan dalam industri otomotif, dirgantara, olahraga, dan elektronik untuk menghasilkan suku cadang yang besar, tipis, ringan, kuat, dan kaku. Kompresi dilakukan dengan mengompresi poliester serat kaca bertulang yang diisi dingin yang dikenal sebagai lembaran cetakan komposit (SMC) antara dua permukaan rongga yang dipanaskan. Cetakan digunakan untuk mempelajari kemajuan material rongga cetakan dari pemuatan cetakan awal atau titik injeksi ke seluruh cetakan. Informasi ini digunakan untuk memprediksi jumlah siklus, menghitung keseimbangan tekanan, memastikan pengisian yang lengkap, memprediksi orientasi serat, dan mendeteksi jebakan atau rongga udara. Sampai desain cetakan selesai, masalah operasi masa depan dapat dihindari dengan mengisi kondisi cetakan yang berbeda, ketebalan cetakan, dan simulasi cetakan untuk serangkaian beban konstruksi atau katup injeksi (Anthony et al.).

Metode ini menggunakan cetakan yang dikompresi dengan tekanan tinggi hingga 1000 psi, dimulai dengan menuangkan resin dan filler viskositas tinggi ke dalam cetakan, kemudian menutup cetakan dan memberikan tekanan pada komposit untuk mengeras. Bahan komposit secara konsisten mengikuti bentuk bentuknya.

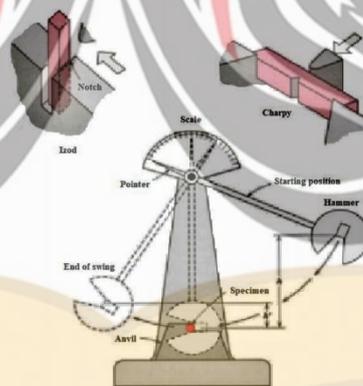
2.9 Uji Impak

Uji impak, atau uji impak, adalah salah satu metode untuk menemukan dan menganalisis sifat mekanik bahan, dalam hal ini ketangguhannya, dan penggunaannya lebih lanjut dalam industri. Bahan dapat dipilih sebelum kegiatan

produksi sehingga Anda tahu apakah layak untuk digunakan (Prawira, et al, 2015).

Pengujian impak biasanya diukur sebagai energi impak yang diserap yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen. Energi potensial kepala takik (takik untuk patah) diukur sebagai metrik kalibrasi yang mengukur energi setelah kerusakan sampel. Parameter kuantitatif lainnya seperti jenis kegagalan, daktilitas, atau derajat deformasi juga sering diukur. Uji impak juga dilakukan untuk mendapatkan data temporal pada saat kecelakaan. Dalam bentuknya yang paling sederhana, pengujian dampak instrumental melibatkan penempatan sel beban di reservoir (ASM, 2000).

Menurut Dieter George E. (1998), pengujian impak digunakan untuk menentukan kecenderungan suatu bahan menjadi rapuh atau mudah dibentuk tergantung pada sifat ketangguhannya. Bahkan hasil uji impak tidak dapat secara langsung menentukan keadaan patahnya batang uji. Hasil yang diperoleh dari uji dampak ini juga tidak memiliki kesepakatan umum untuk interpretasi atau penggunaan.



Gambar 2.8 Ilustrasi Pengujian *Impact* (Callister, 2001)

Energi impak adalah jumlah energi yang diserap oleh material ketika menerima beban impak yang diberikan oleh pendulum atau bandul disebut juga sebagai ketangguhan takik. Sementara itu hanya impak didefinisikan sebagai besar energi yang diserap (E) dibagi dengan luas penampang di bawah takik (A). energi impak yang dinyatakan dalam satuan J/mm^2 sesuai dengan persamaan berikut :

Dimana H : nilai impact (Joule/mm²)

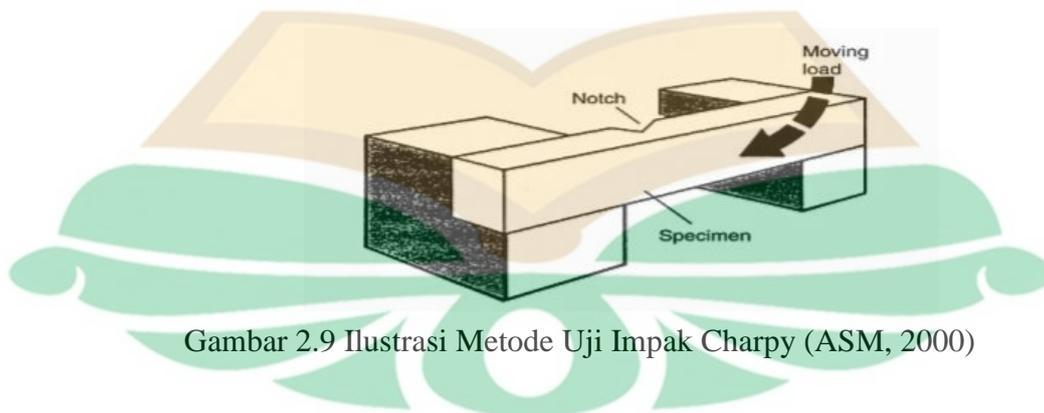
E : adalah energi yang diserap (Joule)

A : adalah luas penampang bawah takik (mm²)

2.9.1 Metode Charpy

Batang impact konvensional banyak digunakan di Amerika Serikat. Spesimen Charpy memiliki luas penampang persegi panjang (10 × 10 mm) dan berisi takik V45 °C dengan radius alas 0,25 mm dan kedalaman 2 mm. Benda uji ditempatkan pada penyangga dalam posisi horizontal dan bagian yang belum dipotong dikenai beban tumbukan dengan mengayunkan pendulum (kecepatan tumbukan sekitar 16 kaki/s). Subjek uji membungkuk dan runtuh pada laju regangan tinggi sekitar 10³ detik (Majanasatra, 2013).

Menurut karakteristik retak uji impact, itu terdiri dari tiga jenis. Pertama, patah getas dengan permukaan patah yang rata dan mengkilat, menyambung kembali bagian-bagiannya, retakan tersebut tampak tidak disertai material deformasi. Jenis kesalahan ini memiliki beban impact yang rendah. Dua bentuk retakan serpih adalah retakan dengan permukaan retak yang tidak rata, penampakan opak dan berserat, serta kekuatan impact yang tinggi. Dan sesar campur ketiga merupakan kombinasi retakan lempung dan getas (Bella, 2014).



Gambar 2.9 Ilustrasi Metode Uji Impact Charpy (ASM, 2000)

Rumusan yang digunakan untuk menghitung besarnya energi yang terserap oleh komposit pada pengujian impact charpy adalah (ASTM D 5896) :

$$Energ i_{serap} = G \cdot R [\cos \beta - \cos \alpha] \quad (2.6)$$

Dimana G adalah berat palu (1,375 kg), R adalah jarak titik berat palu (R=0,3948 m), $\cos \alpha$ adalah besar sudut saat palu akan dilepaskan tanpa benda uji, $\cos \beta$ adalah sudut yang dibentuk palu setelah benda uji patah

Dari hasil perhitungan energi terserap tersebut, besarnya kekuatan impact dapat dihitung dengan persamaan (ASTM D 5896) :

$$\text{Keuletan } (\omega) = \frac{Ech}{A} \quad (2.7)$$

Dimana keuletan (ω) adalah kekuatan impact J/mm², Ech adalah setiap energi serap spesimen (joule) dan A adalah luas penampang spesimen (mm²).

2.10 Uji Bending

Pengujian bending adalah pengujian yang dilakukan untuk mencari batas kekuatan suatu benda kerja dengan menggunakan alat uji tekuk "*Bending Testing Machine*". Mesin ini difungsikan sebagai sebuah peralatan mekanik dan elektrik untuk uji tekuk. Pengujian yang dilakukan menggunakan sistem tiga titik dengan fungsi menekan, agar mendapatkan reaksi spesimen dalam bentuk nominal/angka setelah diberi perlakuan (Sarjito Jokosisworo, 1992).

Untuk mengetahui kekuatan *bending* (kekuatan lengkung) suatu material dapat dilakukan dengan pengujian tekuk (*bending test*) terhadap material komposit tersebut. Kekuatan *bending* 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 kekuatannya lebih tinggi dari pada kekuatannya, 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 (Wona, Boimau, dan Maliwemu, 2015).

Pengujian kekuatan lentur dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan komposit terhadap pembebanan pada tiga titik lentur. Di samping itu pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat elastis bahan. Persamaan berikut digunakan untuk memperoleh nilai kekuatan lentur (Tantra, 2015) :

$$\sigma = \frac{3pL}{2bd^2} \times 100\% \quad (2.8)$$

Keterangan :

σ : Kekuatan lentur (N/m^2)

P : Gaya penekan (N)

L : Jarak dua penumpu (m)

b : Lebar spesimen (m)

d : Tebal spesimen (m)

Regangan bending merupakan perubahan banyak struktur material menjadi melengkung kearah y dengan rumus sebagai berikut :

$$\epsilon_L = \frac{6\delta \cdot d}{L^2} \quad (2.9)$$

ϵ_L : Regangan bending (mm/mm)

δ : Defleksi benda uji (mm)

L : Panjang sarn (mm)

d : Tebal benda uji (mm)

Modulus elastisitas adalah kekuatan suatu bahan atau ketahanan material uji terhadap deformasi elastis yang merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan dengan rumus sebagai berikut (Gibson,1994) :

$$E_b = \frac{L^3 \cdot m}{4 b d^3} \quad (2.10)$$

Keterangan :

E_L : Modulus elastisitas bending (MPa)

L : Support span (mm)

b : Lebar benda uji (mm)

d : Tebal benda uji (mm)

m : Tangen garis lurus pada *load deflection curve* (N/mm)

2.11 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah mikroskop elektron yang dirancang untuk pengamatan langsung permukaan benda padat. SEM memiliki perbesaran 10-3000000 kali, kedalaman bidang 4-0,4 mm dan resolusi 1-10 nm. Kombinasi perbesaran yang tinggi, depth of field yang tinggi, resolusi yang sangat baik, serta kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri (Prasetyo, 2011).

SEM merupakan salah satu tipe mikroskop elektron yang mampu menghasilkan resolusi tinggi dari gambaran suatu permukaan sampel. Oleh karena itu gambar yang dihasilkan oleh SEM mempunyai karakteristik secara kualitatif dalam dua dimensi karena menggunakan elektron sebagai pengganti gelombang cahaya serta berguna untuk menentukan struktur permukaan sampel. Gambar topografi permukaan berupa tonjolan, lekukan dan ketebalan lapisan tipis dari penampang melintangnya. Perbedaan tipe yang berbeda dari SEM memungkinkan penggunaan yang berbeda-beda antara lain untuk studi morfologi, analisis komposisi dengan kecepatan tinggi, kekasaran permukaan, porositas, distribusi ukuran partikel, homogenitas material atau untuk studi lingkungan tentang masalah sensitifitas material (Cahyana, 2014)

Cara Kerja SEM menggunakan dua sinyal elektronik secara bersamaan. Satu sampel tumbukan digunakan untuk pengujian dan sampel tumbukan lainnya adalah Tobe Cathode Ray (CRT) yang menyediakan tampilan gambar. SEM menggunakan prinsip pemindaian di mana berkas elektron diarahkan dari titik ke titik pada suatu objek. Pergerakan berkas elektron dari satu titik ke titik lain

dalam domain objek mirip dengan gerakan membaca. Gerakan ini disebut pemindaian. Komponen utama SEM terdiri dari dua blok: kolom elektronik (B) dan konsol tampilan (A). Tonggak elektron adalah model untuk memindai berkas elektron. Konsol layar adalah elektronik sekunder dengan CRT. Berkas elektron berenergi tinggi dihasilkan oleh senjata elektron, yang keduanya didasarkan pada penggunaan saat ini (Hamid, 2019).

2.12 Uji Mikroskopik

Mikroskop adalah alat bantu yang digunakan untuk mengamati benda-benda kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata. Mikroskop yang paling umum digunakan adalah mikroskop cahaya yang memanfaatkan berkas cahaya tampak dan lensa optik. Batas resolusi dari mikroskop cahaya dibatasi oleh panjang gelombang cahaya tampak yang digunakan yaitu setengah dari panjang gelombang (Andika, 2018).

Uji struktur mikro bertujuan untuk melihat dan menganalisa jenis dan bentuk struktur mikro setelah mengalami proses perlakuan alkalisasi dan *compression molding*. Adapun prinsip kerja dari alat uji struktur mikro (mikroskop optik yaitu berkas horizontal cahaya dari sumber cahaya dipantulkan melalui lensa objektif, kemudian sinar diteruskan ke atas permukaan sampel akan diperbesar melalui lensa objektif dan okuler yang biasanya digambarkan pada puncak lensa yang terhubung dengan computer ketika mengambil foto struktur mikro didapatkan hasil yang presisi (Fitri, 2012)

2.13 Perhitungan Void

Rongga atau gelembung udara merupakan hasil yang tak terhindarkan dari proses manufaktur. Untuk alasan ini, rongga yang dibuat dalam komposit diminimalkan sebanyak mungkin. Kekosongan yang tercipta pada matriks sangat berbahaya karena pada bagian ini penguat selalu melewati tegangan ke matriks sedangkan penguat tidak ditopang oleh matriks. Kandungan rongga suatu komposit sangat mempengaruhi kekuatan komposit untuk menahan tegangan luar. Rongga tersebut dapat berupa cacat yang dapat mengurangi ikatan antara

fiber dengan matriks, yaitu adanya celah pada serat yang tidak ideal, yang dapat mengakibatkan matriks tidak dapat mengisi ruang cetakan, mengurangi *interlayer*. kekuatan geser, Ini memulai retakan lebih lanjut (Purwanto, 2011).

Menurut ASTM D 2734-94, perhitungan yang dilakukan untuk menentukan kandungan rongga adalah teori densitas dan perhitungan teori rongga. Isi *void* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan

:

$$T = \frac{100}{\frac{R}{D} + \frac{r}{d}} \quad (2.11)$$

Dimana T adalah teori densitas, R adalah fraksi berat matriks, D adalah densitas matriks, r adalah fraksi berat serat, dan d adalah densitas serat

$$V = 100 \times \frac{(Td - Md)}{Td} \quad (2.12)$$

Dimana V merupakan kandungan *void*, Td adalah densitas teori, dan Md adalah densitas pengukuran komposit.

2.14 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahuluyang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

No.	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1.	Judilla, M.Fikri, dan Burmawi, 2021	Metode : Biokomposit pada penelitian ini menggunakan serat alami yaitu serat sabut kelapa dengan matrik resin <i>polyester</i> . Sampel tersebut dibuat dengan komposisi fraksi volume yaitu (20:80)%, (30:70)%, dan (40:60)%. Adapun pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengujian tarik dan pengujian impak Hasil : Pada komposit serat sabut kelapa ini

dapat kita lihat bahwa nilai ketangguhan material yang terbaik terdapat pada komposisi (40:60)% dengan nilai sebesar 30,240 J/mm². Dan untuk pengujian kekuatan tarik nilai yang terbaik terdapat pada komposisi (40:60)% dengan nilai 72,88 MPa. Berdasarkan data pengujian komposit diatas maka, pada komposisi (40:60)% memiliki harga impact yang tinggi dan kekuatan tarik yang jauh lebih tinggi dibandingkan kekuatan tarik bahan helm SNI yang hanya sebesar 33,93 MPa. Ditinjau dari kekuatan tarik dan impact bahwa komposit yang diperkuat serat sabut kelapa layak menjadi material alternatif dalam pembuatan bahan konstruksi helm.

2. Alaya dan Bambang, 2014

Metode : Studi kelayakan mekanik komposit serat rami acak-polyester sebagai bahan helm standar SNI. Pada penelitian ini menggunakan serat rami sebagai fiber. Biokomposit pada penelitian ini dibuat menggunakan metode *hand lay-up* dan mesin cetak tekan dengan variasi fraksi volume 0%,30%,45%, dan 60%. Sebagai pembanding (control) bahan helm SNI juga dilakukan pengujian. Selanjutnya material-material tersebut diuji tarik dan uji impact.

Hasil : Hasil dari pengujian yang didapatkan menunjukkan penambahan serat rami acak pada biokomposit UPRs memberikan dampak positif yaitu memperkuat kekuatan tarik dan kekuatan

impak tertinggi diperoleh pada biokomposit UPRs yang diperkuat serat rami acak dengan helm SNI jika ditinjau dari kekuatan tarik dan impact.

3. Mulyo dan Heri, 2018 Metode : Analisa kekuatan material komposit serat daun nanas untuk bahan dasar pembuatan helm SNI. Adapun metode yang digunakan yaitu metode eksperimen dengan desain true eksperimental desain dan tipe *posttest-only control design*. Pencetakan komposit dilakukan secara manual dengan menggunakan metode *Hand lay-up*. Variasi fraksi volume serat yang digunakan yaitu sebesar 3%, 5%, 8%, 10% dan 13%. Pada penelitian ini *polyester* sebagai matriks, katalis, dan margarin sebagai *wax*. pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian impact
- Hasil : Berdasarkan penelitian didapatkan hasil bahwa nilai energi serap impact tertinggi (optimal) terdapat pada spesimen komposit dengan fraksi volume serat nanas 10% sebesar 0,5365 Joule dan nilai kekuatan impact tertinggi juga terdapat pada spesimen komposit dengan fraksi volume serat 10% sebesar 0,01657 Joule/mm². Hasil uji foto makro spesimen komposit serat daun nanas-*polyester* memiliki bentuk penampang patah yang berbeda-beda namun terjadi *fiber pull out* dan void pada semua variasi fraksi volume serat. Untuk hasil pengujian densitas nilai paling tinggi

(optimal) ada pada fraksi volume 13% sebesar 1,4525 gram/cm³

4. Muradin, dkk, 2019

Metode : Studi sifat mekanis biokomposit serat ijuk dan serat sabut kelapa untuk aplikasi helm kendaraan roda dua. Adapun pada penelitian ini menggunakan serat ijuk dan serat sabut kelapa dengan komposisi fraksi volume serat 40:60%, 50:50%, 60:40%, dengan matriks resin polyester dan katalis. Dalam penelitian ini, pengujian yang dilakukan meliputi uji kekerasan dan uji tarik.

Hasil : pengamatan pengujian impact menunjukkan bahwa komposit serat ijuk, serat sabut kelapa-poliester memiliki nilai kekuatan yang lebih tinggi dari spesimen helm SNI. Nilai impact komposit yang paling tinggi atau optiman pada komposit serat ijuk 30%, serat sabut kelapa 30% sebesar 0,013 J/mm² dan dari data hasil uji kekerasan tertinggi sebesar 21,367 kg/mm² pada komposisi serat 60:40%. Sedangkan nilai kekuatan impact terendah sebesar 0,005 J/mm² dan nilai kekerasan terendah 16,532 kg /mm² pada komposisi serat 40:60 %.
