

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Peralatan penunjang olahraga saat ini hanya menggunakan bahan serat sintetis saja dan sekarang negara maju sudah mulai mengembangkan teknologi hibrida serat sintetis dan serat alam sebagai material yang lebih ramah lingkungan. Pada masa terakhir ini, komposit serat alam menjadi bahan alternatif di beberapa negara maju seperti China, Amerika Serikat, dan negara-negara dalam penggunaan peralatan olahraga seperti stik golf, raket tenis, rangka sepeda, dan lain-lain (Zhang, 2015).

Penggunaan *Poly Vinyl Chloride* atau PVC di industri bidang olahraga untuk saat ini sangat diminati karena PVC merupakan polimer yang murah, fleksibel, dan tidak mudah terbakar. Namun penggunaan PVC mempunyai permasalahan dalam tingkat stabilitas thermal yang rendah (Kollar & Zsoldos, 2012). Tegangan tarik PVC adalah sekitar 4060 MPa dan modulus elastisitasnya mempunyai 2-7 GPa dengan densitas 1380-1410 kg / m³. (Frankel, 1975) PVC bersifat responsive terhadap aditif fungsional yang memungkinkan untuk membuat produk kaku dan fleksibel, dan berguna dalam pengaplikasian untuk teknologi masa kini.

Kemudian Bahtiar dkk, (2014) melakukan penelitian terkait pembuatan komposit berbahan serat alam dengan membuat spesimen menggunakan serat alam berupa serat sisal (*Agave sisalana*) sebagai penguat komposit dengan polyester sebagai matriks dengan variasi volume serat. Tujuan utama untuk mengetahui sifat bending dengan variasi fraksi volume *filler* yang digunakan adalah 40%, 50%, dan 60%. Dari hasil pengujian bending terjadi kekuatan tegangan tertinggi yaitu 3,72 MPa pada variasi volume *filler* 50% dan kekuatan tegangan bending menurun drastis pada variasi volume *filler* 60%.

Menurut John & Naidu, (2004), yang melakukan penelitian tentang pengaruh alkalisasi serat sisal terhadap kekuatan bending. Dalam penelitian tersebut serat sisal dialkalisasi dengan NaOH dengan konsentrasi 2% dan kemudian dikeringkan dengan alat pemanas dengan suhu 70°C selama 3 jam.

Serat sisal dipotong sepanjang 10 mm. Matriks yang digunakan adalah resin polyester dan styrene dengan perbandingan 75 : 25. Dan serat yang digunakan sebanyak 5% dan 8% dihasilkan kekuatan lentur 30,06 MPa dan 50,21 MPa. Pada penelitian lain menyatakan alkalisasi dengan NaOH konsentrasi 5% menunjukkan hasil yang lebih tinggi yaitu sekitar 69 MPa untuk serat sisal dengan panjang yang sama (Bakri dkk, 2012).

Terkait dengan pembuatan peralatan alat olahraga, Noorunnisa dkk (2010) melakukan penelitian kuat bending dengan komposit serat alam *filler* sisal/karbon dengan resin poliester sebagai matriks nya dengan fraksi volume 0:100 dengan panjang serat 2 cm.. Hasil dari uji bending dengan fraksi volume 100:0 sisal, 63,87 MPa dengan *untread* dan untuk 100:0 didapatkan hasil 176,53 MPa Untuk hasil dari modulus tertinggi sebesar 13,47 GPa dengan *untread*. Sedangkan untuk modulus bending dengan fraksi volume terendah 100:0 dengan hasil 1,37 GPa.

Menurut Meon (2012) secara teoritis penurunan modulus elastisitas tarik dan kekuatan bending disebabkan oleh pembatasan gerak molekul polimer, setelah proses perendaman penyerapan air (*water absorption*) dapat mempengaruhi karakteristik dari komposit itu sendiri. Penelitian yang mengkaji komposit serat kenaf dan polyester dengan perlakuan alkalisasi larutan NaOH (6%, 10%, 20% dan 30%) untuk mempelajari pengaruh penyerapan air didalam larutan kimia terhadap sifat mekanik didapatkan hasil kekuatan maksimal pada konsentrasi tingkat larutan NaOH 6%.

Modifikasi serat sisal menggunakan larutan alkali (6% NaOH selama satu dan tiga jam pada temperatur 100°C) dan melarutkan sebagian lignin yang terkandung dalam serat alam, sehingga serat lebih bersifat *hydrophilic* yang dapat menurunkan kompatibilitas antara serat sisal dengan matriks polypropylene (Sosiati *et al*, 2015,). Sifat *hydrophilic* sendiri pada serat dapat menyebabkan serat menyebabkan serat menyerap air dari lingkungan sekitar sehingga menurunkan kekuatan mekanis serat sisal.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Komposit

Material komposit merupakan material yang tersusun dari dua jenis material yang menyusun atau menggabung (Jones, 1999). Komposit adalah gabungan dari dua material atau lebih sehingga menghasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya.

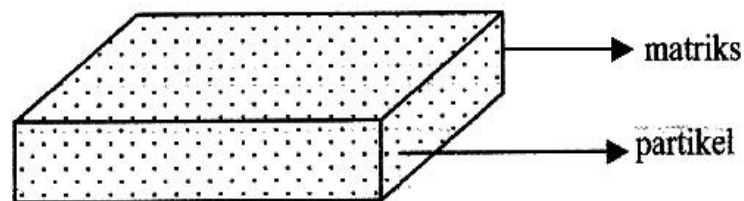
Komposit dibentuk dari dua jenis material yaitu :

1. *Filler (reinforcement)*, di gunakan sebagai penopang dan penguat komposit. Filler bisa berasal dari alam maupun sintetis.
2. Matriks, berfungsi sebagai pengikat umumnya lebih ductile akan tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang rendah dan melindungi *filler* dari kerusakan eksternal.

Dilihat dari bentuk penguatnya komposit digolongkan kedalam tiga jenis yaitu : komposit partikel, komposit serat alam, komposit lapis (Jones,1999)

a. Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

Adalah (Gambar 2.1) jenis komposit yang menggunakan partikel serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriknya.



Gambar 2. 1Komposit Partikel (Gibson,1994)

Komposit tersebut biasanya mempunyai bahan penguat yang volumenya kurang lebih sama, seperti bulat serpih, balok, serta bentuk-bentuk lainnya yang memiliki ujung hampir sama, yang biasa disebut partikel, dan bisa terbuat dari satu atau lebih material yang dibenamkan dalam suatu matriks dengan material yang berbeda. Partikelnya biasanya logam atau non logam seperti matriks, selaian

itu adapula polimer yang bisa mengandung partikel yang hanya dimaksudkan untuk memperbesar volume material (Jones, 1999).

b. Komposit serat

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari fiber serat dan matriks. Serat berperan sebagai penopang kekuatan dari komposit matriks, sehingga besar kecilnya sifat mekanik pada komposit ini tergantung pada jenis serat yang akan digunakan. Tegangan yang diterima awalnya diterima oleh matriks kemudian akan diteruskan kepada serat sehingga beban maksimum akan ditahan oleh serat.

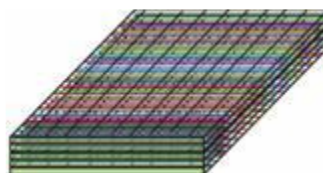
Arah serat dibedakan menjadi komposit diperkuat serat dibedakan lagi menjadi beberapa bagian diantaranya :

1. Continuous fiber composite (Gambar 2.2) (komposit diperkuat dengan serat kontinue).



Gambar 2. 2Continuous fiber komposite (Gibson, 1994)

2. Woven fiber composite (Gambar 2.3) (penyusun komposite serat secara anyam)



Gambar 2. 3Woven fiber composite (Gibson,1994)

3. Chopped fiber composite (Gambar 2.4) (komposit diperkuat serat pendek/acak)



Gambar 2. 4Chopped fiber composite (Gibson,1994)

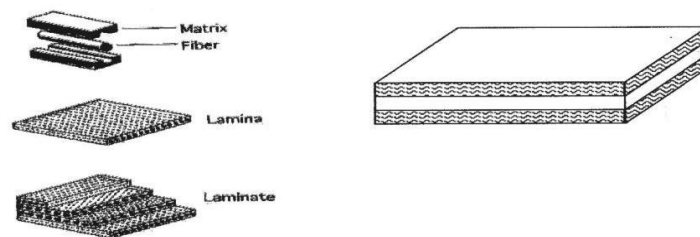
4. Hibrid composite (Gambar 2.5) (komposite diperkuat serat kontinyu dan serat acak).



Gambar 2. 5 Hybrid composite (Gibson, 1994)

- c. Komposit Lapis (Laminates Composite)

Merupakan komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sendiri.



Laminated Composite (Gibson, 1994).

:

- d. Komposit dengan Matriks Polimer (Polymer Matriks composites- PMC).

Jenis matriks ini merupakan jenis yang paling sering digunakan. Jenis ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriksnya dan serat alam sebagai penguatnya.

Keunggulan komposit dengan matriks polimer diantaranya :

- a. Biaya produksi jauh lebih sedikit
- b. Kekuatan baik
- c. Tahan lama
- d. Ringan
- e. Dapat dibuat dengan produksi secara massal
- f. Mengikuti bentuk cetaknya

Jenis polimer yang sering digunakan (Surdia & Saito, 1999)

1. *Thermoplastic*

Thermoplastic adalah jenis plastik yang menjadi lunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan dan proses ini bisa dilakukan berulang kali. *Thermoplastik* diperoleh dari sifat plastik ini yang bisa dibentuk ulang mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (*reversible*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras. Contoh bahan *Thermoplastic* yaitu poliester, nylon, PET, PP, PTFE, dan poliester elektron (PEEK).

2. *Thermoset*

Thermoset merupakan jenis plastik yang dapat melunak jika dipanaskan dan dapat dibentuk, tetapi mengeras secara permanen. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan *Thermoset* melainkan akan membentuk arang karena sifatnya yang sering digunakan sebagai tutup penggorengan, dan berbagai jenis melamin. Contoh dari *Thermoset* adalah polyester, formaldehyde-based plastic, dan Bakelite.

2.2.2 Matriks

Matrik yang biasa digunakan dalam komposit adalah mampu meneruskan beban sehingga serat bisa menyatu pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik artinya tidak ada reaksi yang mengganggu (Diharjo, 1999). Pada bahan komposit matrik mempunyai kegunaan yaitu sebagai berikut :

- a. Matrik menyatu dan mempertahankan serat pada posisinya.
- b. Memberikan sifat tertentu, misalnya *ductility*, *toughness*, dan *electrical insulation*.
- c. Melindungi dari kerusakan eksternal.
- d. Tetap stabil setelah proses fabrikasi.
- e. Melindungi serat dari gesekan mekanik.

2.2.3 Poly(Vinyl Chlorid)/(PVC)

Polivinil chloride adalah salah satu jenis plastik yang dibuat secara *thermoplastic*. Di seluruh dunia, lebih dari 50% PVC yang diproduksi dipakai dalam konstruksi, sebagai bahan bangunan, PVC relatif murah, tahan lama, dan mudah dirangkai. PVC bisa di fabrikasi lebih elastis dan fleksibel dengan menambahkan *plasticizer*.

PVC diproduksi dengan cara polimerasi monomer *vinylclorida*($\text{CH}_2=\text{CHCl}$).

Karena 57% massanya adalah klor, PVC adalah polimer menggunakan bahan baku minyak bumi terndah di antara polimer lainnya (Frankel,1975).

PVC termasukbahan polimer yang paling banyak digunakan selain polietilen, polipropilen, dan poliester, dimana 75% pasaran bahan polimer di dunia baik disebabkan karena beragamnya senyawa turunan PVC maupun luasnya bidangpengunaanya (Anasagasti, 1999). Sifat mekanik dapat dilihat pada (Tabel 2.1)

Plastik PVC mempunyai sifat sebagai berikut :

- a. Keras dan kaku
- b. Kekuatan benturanya baik
- c. Mudah terdegradasi akibat panas dan cahaya
- d. Tidak mudah terbakar

Tabel 2. 1Sifat mekanis PVC (Callister, 2007)

<i>Material/Condition</i>	<i>Yield Strength (MPa [ksi])</i>	<i>Tensile Strength (MPa [ksi])</i>	<i>Percent Elongation</i>
Elastomers			
• Butadiene–acrylonitrile (nitrile)	—	6.9–24.1 (1.0–3.5)	400–600
• Styrene–butadiene (SBR)	—	12.4–20.7 (1.8–3.0)	450–500
• Silicone	—	10.3 (1.5)	100–800
Epoxy	—	27.6–90.0 (4.0–13)	3–6
Nylon 6,6			
• Dry, as molded	55.1–82.8 (8–12)	94.5 (13.7)	15–80
• 50% relative humidity	44.8–58.6 (6.5–8.5)	75.9 (11)	150–300
Phenolic	—	34.5–62.1 (5.0–9.0)	1.5–2.0
Poly(butylene terephthalate) (PBT)	56.6–60.0 (8.2–8.7)	56.6–60.0 (8.2–8.7)	50–300
Polycarbonate (PC)	62.1 (9)	62.8–72.4 (9.1–10.5)	110–150
Polyester (thermoset)	—	41.4–89.7 (6.0–13.0)	<2.6
Polyetheretherketone (PEEK)	91 (13.2)	70.3–103 (10.2–15.0)	30–150
Polyethylene			
• Low density (LDPE)	9.0–14.5 (1.3–2.1)	8.3–31.4 (1.2–4.55)	100–650
• High density (HDPE)	26.2–33.1 (3.8–4.8)	22.1–31.0 (3.2–4.5)	10–1200
• Ultrahigh molecular weight (UHMWPE)	21.4–27.6 (3.1–4.0)	38.6–48.3 (5.6–7.0)	350–525
Poly(ethylene terephthalate) (PET)	59.3 (8.6)	48.3–72.4 (7.0–10.5)	30–300
Poly(methyl methacrylate) (PMMA)	53.8–73.1 (7.8–10.6)	48.3–72.4 (7.0–10.5)	2.0–5.5
Polypropylene (PP)	31.0–37.2 (4.5–5.4)	31.0–41.4 (4.5–6.0)	100–600
Polystyrene (PS)	25.0–69.0 (3.63–10.0)	35.9–51.7 (5.2–7.5)	1.2–2.5
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	13.8–15.2 (2.0–2.2)	20.7–34.5 (3.0–5.0)	200–400
Poly(vinyl chloride) (PVC)	40.7–44.8 (5.9–6.5)	40.7–51.7 (5.9–7.5)	40–80

2.2.4 Serat Sisal

Sisal (*Agave sisalana Perrine*) (Gambar 2.6) merupakan tanaman penghasil serat dari daunnya setelah melalui proses penyeratan. Tanaman yang termasuk dalam keluarga agavaceae ini berasal dari Meksiko yang beriklim sedang, dan sebagai bahan baku industri lainya hingga ke beberapa negara di daerah sub tropis. Pada setiap daun menghasilkan serat sebanyak sekitar 1000 ikat serat.



Gambar 2. 6 Pohon sisal

(sumber : <http://bianginovasi.com/make-it-happen/get-connected/agave-si-kaktus-serbaguna> (Diakses tanggal 02/09/2018))

Serat sisal mengandung selulosa sebanyak 67%-74%, hemiselulosa sebanyak 10%-14%, dan lignin sebanyak 10%-145 , dan serat sisal memiliki diameter 100-300 μm , kerapatan 1,5 g/cm^3 , kekuatan tarik serat 510-635 N/mm^2 , dan modulus tarik 9,4-22 GPa (Kusumastuti, 2009). Sifat mekanis seratt sisal Tabel 2.2

Tabel 2. 2Sifat mekanik serat sisal (Kusumastuti, 2009)

Densitas (kg/m^3)	Moisture content (%)	Kekutan Tarik (MPa)	Modulus (GPa)	Maximum Strain (%)	Diameter (μm)
--	-------------------------	------------------------	------------------	--------------------------	-------------------------------

1450	11	604	9.4-15.8	-	50-200
1450	-	530-640	9.4-22	3-7	50-300
-	-	347	14	5	-
1030	-	500-600	16-21	3.6-5.1	-
1410	-	400-700	9-20	5-14	-100-300
1400	-	450-700	7-13	4-9	-
-	-	530-630	17-22	3.64-5.12	100-300
1450	-	450-700	7-13	4-9	-

2.2.5 Serat Karbon

Serat karbon ditemukan pertama kali pada tahun 1958 oleh Roger Bacon. Kemudian pada tahun 1960, Richard Millington menyempurnakan temuan tersebut sehingga sifat mekanis yang dimiliki serat karbon menjadi lebih tinggi. Dibandingkan serat sintetis lainnya, karbon merupakan serat dengan sifat mekanis tertinggi sehingga dinyatakan sebagai serat terkuat. Sifat kuat dan ringanlah yang membuat serat karbon ini memiliki keunggulan lebih dibanding serat sintetis lainnya.

Serat karbon banyak digunakan dibidang olahraga dan otomotif seperti pembuatan mobil, motor, dan peralatan olahraga. Sifat mekanis yang tinggi adalah alasan kenapa serat karbon banyak dipakai pada bidang otomotif dan olahraga. Pada kedua bidang tersebut serat karbon banyak digunakan sebagai *filler* untuk material komposit dengan menggunakan matrik polimer. Meskipun serat karbon memiliki sifat mekanis yang tinggi namun salah satu kelemahan serat karbon adalah kurang mengikatnya serat karbon dengan polimer. Hal ini karena sifat alami serat karbon yang kurang mengikat dengan bahan kimia (Zhang, 2004).

Berikut adalah keuntungan dan kelemahan serat karbon yang membuatnya banyak digunakan sebagai *filler* didalam komposit :

Keuntungan :

- Ringan
- Kekuatan tarik tinggi
- Tahan korosi

- Ekspansi termal rendah
- Dengan penggunaan resin yang tepat, serat karbon dapat tahan terhadap sinar ultra violet.

Beberapa faktor yang mempengaruhi sifat-sifat karakteristik karbon fiber menurut (Pangestusti dkk, 2009) :

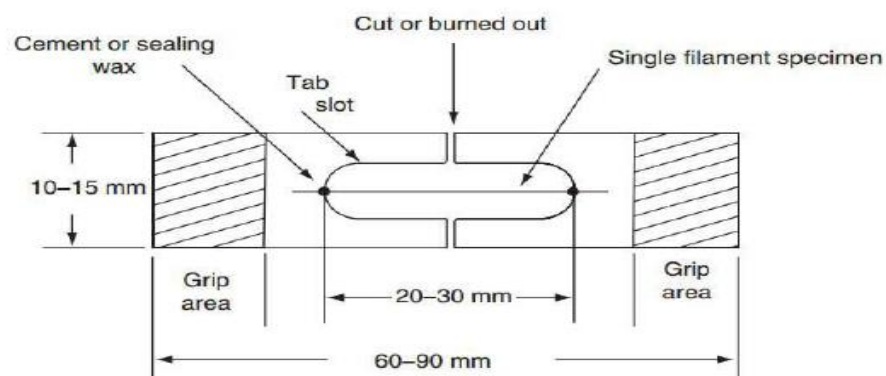
1. Tipe serat karbon dan resin yang digunakan.
2. Volume campuran serat karbon dan matriks.
3. Bentuk serat karbon : searah, bersilangan, berkaitan, atau tidak tentu.
4. Kualitas serat : distribusi serat yang merata, ada tidaknya celah.

2.2.6 Alkalisasi

Dalam beberapa kasus alalkalisasi dengan menggunakan larutan juga dipakai pada serat sintetis contohnya serat karbon yang di alkalisai menggunakan larutan H₂ (hidrogen cair) meskipun ada juga serat yang dialkalisasi menggunakan *Heat treatment*. Alalkalisasi pada serat karbon bertujuan untuk membersihkan lapisan *amorphous* yang buruk (Zhang dkk, 2004)

2.2.7 Pengujian Serat Tunggal

Pengujian serat tunggal bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan tegangan tarik maksimum, regangan dan modulus elastisitas suatu serat alam. Standar yang digunakan pada pengujian ini adalah ASTM D3379.



Gambar 2. 7 Spesimen uji tarik serat tunggal ASTM D3379.

Posisi serat harus benar-benar lurus dan terbebans dari awal (*initial stress*), kemudian serat direkatkan membentang pada celah yang sudah di buat pada karton menggunakan lem. Setelah dipasang pada mesin uji dan di buat celahnya, spesimen diberi pembebebanan secara gradual hingga putus dan secara simultan grafik gaya dan perpanjangan di rekam.

2.2.8 Raket tenis

Raket adalah komponen terpenting pada atlet. Raket digunakan untuk memukul bola ujungnya berbentuk bidang oval (bulat telur) berjaring (dari bahan nilon), bergagang, dan dilengkapi dengan pegangan. Cabang olahraga yang menggunakan raket contohnya bulutangkis, tenis atau squash.

Beberapa perbedaan raket tenis dan bulu tangkis dalam olahraga :

1. Raket tenis biasanya memiliki banyak tali yang melintang vertikal dan horisontal. Tali tersebut membuat lambungan untuk menghantam bola. Raket tenis harus kuat serta fleksibel karena raket tenis memiliki pegangan yang panjang dan daerah berbentuk oval yang digunakan untuk menghantam bola pegangan bingkai biasanya terbuat dari grafit.
2. Raket bulu tangkis secara tradisional raket bulu tangkis dibuat dari kayu. Kemudian aluminium atau logam ringan lainnya menjadi bahan yang dipilih. Sekarang menggunakan serat karbon, karena serat karbon memiliki kekuatan hebat terhadap perbandingan kaku dan memberi perpindahan energi kinetik yang besar.

Berdasarkan bahan dan komposisi raket terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. Raket kayu

Raket kayu disebut juga raket tradisional karena raket kayu tidak begitu kuat rasionya sedikit lebih kecil. Oleh karena itu agar lebih kuat biasanya rangkanya dibikin lebih tebal, sehingga raket bertambah semakin berat. Jika penambahkan berat pada raket kayu dan digunakan untuk melakukan pukulan keras, maka kepala raketnya menjadi kurang kaku. Pada (Gambar 2.8) ini contoh foto raket kayu jaman dahulu.



Gambar 2. 8 Raket kayu

(Sumber : <http://www.kabarsport.com/2015/09/sejarah-raket-bulutangkis-badminton.html>, diakses tanggal 13/06/2018)

Kelebihannya : Ringan dan tidak memerlukan uang lebih karena dapat dibikin sendiri karena mempunyai kekuatan dan kekakuan yang cukup memadai.

Kekurangannya : Mudah patah karena berbahan seluler agar lebih kaku harus di ikat dengan bahan yang lebih kaku.

2. Raket Metal

Raket metal (Gambar 2.9) juga disebut raket yang biasanya dari logam pada awalnya lebih terkenal. Tetapi hampir seluruhnya jenis raket metal yang berkualitas tinggi saat ini adalah yang terbuat dari aluminium dan juga terbuat dari titanium dan magnesium. Karena jenis raket metal bahanrangka lebih tipis, maka yang diharapkan adalah keuntungan dari hambatan yang disebabkan oleh udara ketika diayunkan. (Yadi sunaryadi, 2010)



Gambar 2. 9 Raket Metal

(Sumber

[:https://www.tenniswarehouse.com/Head_Liquidmetal_4/descpageRCHEAD-LM4.html](https://www.tenniswarehouse.com/Head_Liquidmetal_4/descpageRCHEAD-LM4.html). Diakses pada tanggal 13/06/2018)

3. Raket Komposit

Pada jenis raket komposit (Gambar 2.10) ini sangatlah banyak tersedia. Salah satu jenis raket dibuat dengan serabut atau filamen dari bahan yang sangat kuat (graphite, boron, dan keramik) yang dicampur dengan resin, kemudian dibentuk raket tenis. Tujuan pencampuran bahan ini adalah untuk memperoleh raket yang fleksibel, kuat, berat, dan kerekteristik lainnya yang tidak dimiliki oleh jenis raket yang terbuat dari hanya satu bahan. Selain itu karena bahan-bahan tersebut, maka kemungkinan bisa menempatkan bahan serat tersebut ini untuk memperkuat dan meningkatkan kekeatan bagian tertentu pada raket. Sehingga bagian lainnya sangatlah fleksibel. Karena rasio antara kekuatan berat raket tidak lagi menjadi perhatian utama dengan bahan ini. Karakteristik raket komposit yang baik tidak akan mengubah bentuk raket selama bertahun-tahun dan tidak estimasi yang tinggi tentang umur pemakaian jenis raket komposit yang baik. (Yadi Sunaryadi,2010).



Gambar 2. 10 Raket komposit

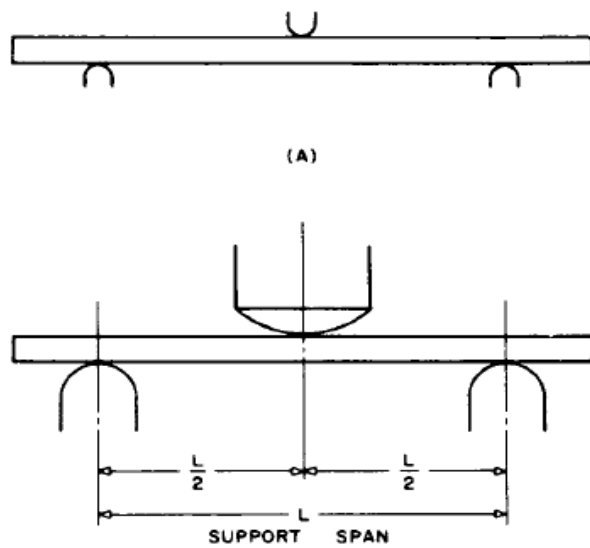
(Sumber : <https://www.asports.id>. Diakses pada tanggal 13/07/2018)

Kelebihan : Ringan, fleksibel, kuat dan murah untuk bahan komposit sendiri dan bisa bertahan bertahun-tahun

Kekurangan : Untuk bahan komposit memerlukan bahan yang tepat. Karena bahan komposit bisa sangat kuat maka memerlukan ketebalan graphite yang sangat tipis sekali.

2.2.9 Pengujian Bending

Pengujian lengkung (*bending*) merupakan salah satu pengujian sifat mekanik bahan, baik yang digunakan sebagai konstruksi ataupun komponen yang akan menerima pembebanan lengkung maupun proses pelengkungan dalam pembentukan. Pelengkungan (*bending*) merupakan proses pembebanan terhadap suatu bahan pada suatu titik di tengah-tengah dari bahan yang ditahan tumpuan yang akan digunakan menurut standar ASTM D 790- 03 seperti (Gambar 2.11)

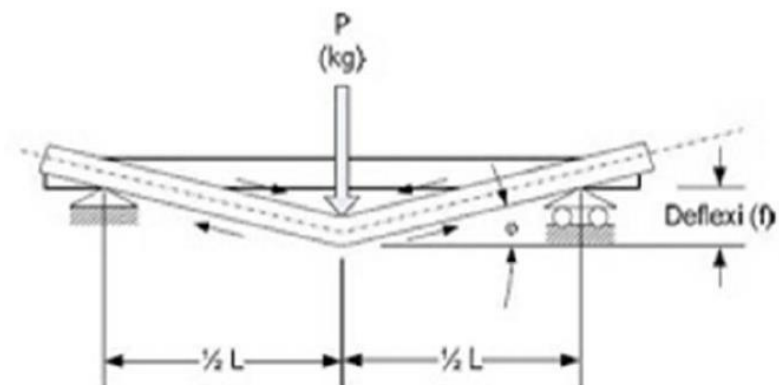


Gambar 2. 11 Standar uji bending ASTM D 790- 03

Pengujian lengkung ialah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui aspek-aspek kemampuan bahan uji dalam menerima pembebanan lengkung yaitu :

1. Kekuatan atau tegangan lengkung (σ)
2. Lentur atau defleksi (δ) sudut terbentuk oleh lenturan atau sudut defleksi.

Pada perlakuan uji bending bagian atas benda uji mengalami proses penekanan dan bagian bawah mengalami proses tarik sehingga mengakibatkan spesimen mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Terlihat pada (Gambar 2.12)



Gambar 2. 12 Proses penekanan uji bending (ASTM D790)

Sebagaimana perilaku terhadap bahan pembebanan, semua bahan akan mengalami perubahan bentuk (deformasi) secara bertahap dari elastisitas menjadi plastis hingga akhirnya mengalami kerusakan (patah). Dalam proses pembebanan lengkung dimana dua gaya bekerja dengan jarak tertentu ($L/2$) serta arah yang berlawanan bekerja secara bersamaan.

Perhitungan tegangan pada bending ditentukan dengan persamaan sebagai berikut. $\sigma_f = \frac{3 PL}{2bd^2}$ [2.1]

Keterangan :

- σ_f = tegangan bending (Mpa)
- P = beban (N)
- L = *support span* (mm)
- b = lebar (mm)
- d = tebal (mm)

Akan tetapi jika rasio perbandingan *support span* dan tebal spesimen lebih dari 16 maka menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$\sigma_f = \left(3 \frac{PL}{2bd^2}\right) \times \left[1 + 6 \left(\frac{D}{L}\right)^2 - 4 \times \left(\frac{d}{L}\right) \times \left(\frac{D}{L}\right)\right] \dots \dots \dots [2.2]$$

Keterangan :

- σ_f = tegangan bending (MPa)
- D = defleksi (mm)

Sedangkan untuk menentukan modulus elastisitas bending digunakan persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$E_B = \frac{L^3 m}{4bd^3} \dots \dots \dots [2.3]$$

Keterangan :

- E_B = modulus elastisitas (GPa)
- m = slope (N/mm)

2.2.10 Uji Daya Serap Air

Pada saat terbentuk sampel, kemungkinan terjadinya udara yang terjebak dalam lapisan spesimen atau terjadi karena dekomposisi mineral yang membebentuk akibat perubahan cuaca, maka terbentuklah lubang atau rongga kecil didalam sampel komposit (pori). Pori dalam sampel bervariasi dan menyebar diseluruh sampel yang sudah di potong sesuai ukuran. Pori-pori mungkin menjadi reservoir air bebas didalam spesimen.

Presentase berat air yang mungkin diserap spesimen dan serat didalam air disebut daya serapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam sampel dan serat disebut kadar air. Pengujian daya serap air dilakukan terhadap semua variasi sampel yang ada, data hasil penimbangan berat sampel kering dan sampel basah. Pengujian daya serap air (*Water absorbtion*) dilakukan pada masing-masing sampel pengeringan. Lama perendaman dalam air dilukan secara bertahap 6 jam, 12 jam, 18 jam, dan 24 jam dalam suhu kamar. Massa awal sebelum direndam diukur dan juga massa sesudah perendaman.

Pengujian daya serap air mengacu pada ASTM D570 tentang prosedur pengujian, dimana bertujuan untuk menentukan besarnya presentase air yang masuk atau terserap oleh sampel yang direndam dengan variasi perendaman.

2.2.11 Instrumen Analitik

Proses karakterisasi serat dan komposit menggunakan alat bantu tambahan dikarenakan objek yang diamati berukuran mikro (μm) yang tidak bias dilihat dengan mata telanjang. Mikroskop merupakan salah satu alat bantu yang biasa digunakan untuk mengamati objek berukuran sangat kecil dengan cara memperbesar bayangan objek hingga berkali – kali lipat, bayangan objek yang diamati dapat diperbesar 40 kali, 100 kali, 400 kali, bahkan 1000 kali. Perbesaran yang mampu dijangkau semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi. Alat uji makro yang saya gunakan seperti Gambar 2.13 serta bagian-bagian pada mikroskop optip terdapat pada Gambar 2.14



Gambar 2. 13 Mikroskop optik di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



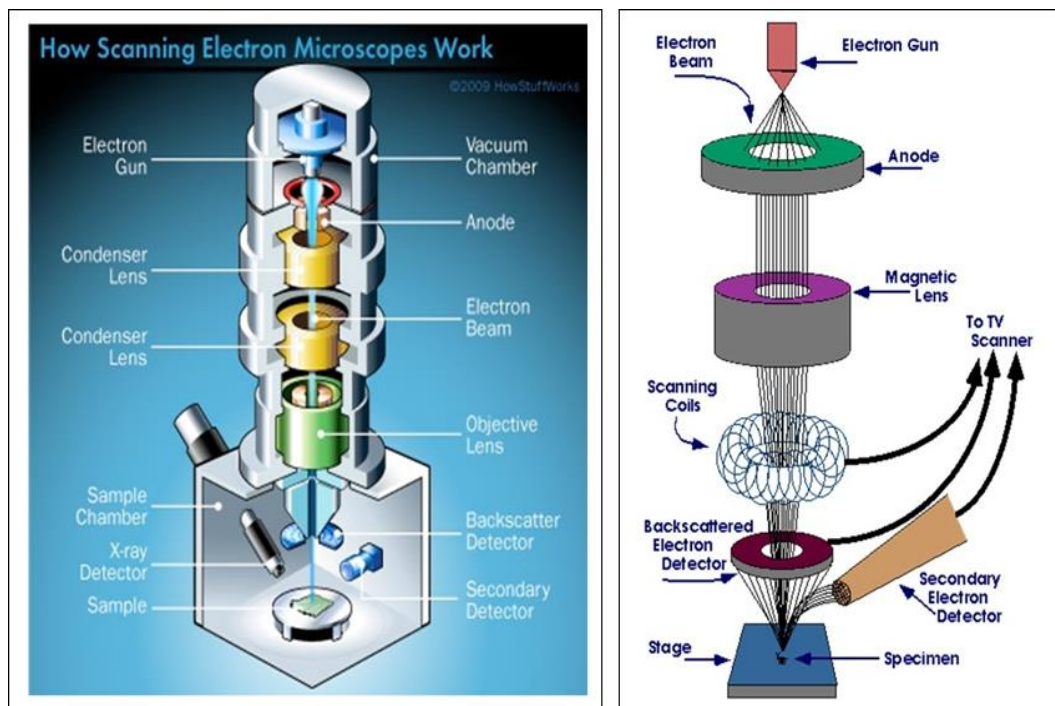
Gambar 2. 14 Bagian-bagian mikroskop optik

(Sumber : <https://hendrosmk.files.wordpress.com>, Diakses pada tanggal 13/07/2018)

Bagian yang paling penting dalam sebuah mikroskop terdapat pada lensa okuler (*eyepiece*) dan lensa objektif serta terdapat empat bagian utama bagian *head*, *arm*, *fine focus* dan *base* seperti yang terlihat pada diatas.

2.2.12 Pengujian SEM

Menurut Redetic (2011). Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan dalam ilmu pengetahuan material. SEM banyak digunakan karena memiliki kombinasi yang unik, mulai dari persiapan spesimen yang simpel dan mudah, kapabilitas tampilan yang bagus serta fleksibel. SEM digunakan pada sampel dan memungkinkan untuk analisis permukaan. Pancaran berkas yang jatuh pada sampel akan dipantulkan dan di difraksikan. Adanya elektron yang terdifraksi dapat diamati dalam bentuk pola – pola difraksi. Pola – pola difraksi yang tampak sangat bergantung pada bentuk dan ukuran sel satuan dari sampel. SEM juga dapat digunakan untuk menyimpulkan data – data kristalografi, sehingga hal ini dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa.



Gambar 2. 15 Mekanisme pengujian SEM

(sumber : <http://emicroscope.blogspot.com/2011/03/scanning-electron-microscope>)

Prinsip kerja SEM dapat dilihat pada (Gambar 2.15) Dua sinar elektron digunakan secara simultan. Satu strike specimen digunakan untuk menguji dan

strike yang lain adalah CRT (Cathode Ray Tube) memberi tampilan yang dapat dilihat oleh operator. Akibat tumbukan pada spesimen dihasilkan satu jenis elektron dan emisi foton. Sinyal yang terpilih dikoleksi, dideteksi dan dikuatkan untuk memodulasi tingkat keterangan dari sinar elektron yang kedua, maka sejumlah besar sinar akan menghasilkan bintik gelap. SEM menggunakan prinsip scanning, maksudnya berkas elektron di arahkan dari titik ke titik pada objek. Gerakan berkas elektron dari satu titik ke titik yang lain pada suatu daerah objek menyerupai gerakan membaca.