

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Emanuel Roberto meneliti tentang komposit yang berpenguat serat buah pinang dibedakan pada proses curingnya (menggunakan proses curing dan tanpa proses curing). Suhu curing dibuat bervariasi 60°C, 80°C, & 100°C . Dengan fraksi volume pada masing-masing serat 8%. Dalam penelitian tersebut pada proses tanpa curing diperoleh kekuatan tarik komposit rata-rata 31,998 Mpa, sedangkan yang menggunakan proses curing kekuatan tariknya naik menjadi 39,177 Mpa. Hal ini dipengaruhi oleh semakin banyaknya ikatan *crosslink* antara matriks dengan serat. (Roberto, 2017)

Metode penyinaran Intermitten cure pada komposit mikrohibrid menghasilkan kekuatan ikatan terbesar pada base berbasis resin dengan kekuatan rata-rata 2,413 Mpa. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh metode penyinaran resin komposit terhadap kekerasan permukaan bahan dan metode penyinaran intermitten cure memberikan perbedaan kekuatan tarik secara bermakna dibandingkan metode penyinaran high intensity, continuous cure dan ramp cure. Intensitas cahaya curing yang lebih rendah menghasilkan adaptasi marginal yang lebih baik dibandingkan intensitas tinggi dan terdapat pengaruh waktu terhadap kekuatan ikat bahan, terlepas dari besarnya kerapatan daya pada alat cure yang digunakan. (Masdy, 2014)

Shahrudin Mahzan telah meneliti tentang pengaruh sinar UV terhadap komposit polimer di Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja 86400 Batu Pahat, Johor, Malaysia. Makalah ini telah mengkaji efek radiasi UV pada bahan komposit; khususnya polimer matriks diperkuat komposit serat alami. Telah dicatat bahwa beberapa investigasi telah dilakukan dilakukan melalui beberapa komposit penguat serat alami. Dari ulasan tersebut dijelaskan dengan baik bahwa UV telah memainkan peran penting dalam menurunkan kekuatan material. Kekuatan tarik serat adalah ditemukan berkurang dengan durasi waktu paparan UV. Radiasi UV telah dikaitkan dengan degradasi bahan komposit dengan laju degradasi tergantung pada beberapa parameter utama seperti Panjang gelombang UV, waktu pemaparan

dan intensitas UV. Pengaruh penggunaan peralatan UV yang dipercepat juga berkontribusi terhadap laju degradasi, di mana ia menurunkan jauh lebih cepat daripada paparan UV normal. Oleh karena itu tinjauan ini dapat memberikan beberapa area signifikan untuk pengembangan paparan UV lebih lanjut analisis khususnya terhadap bahan komposit matriks polimer diperkuat serat alami. (Mahzan, 2017)

2.1 Tipe Komposit Serat

Untuk memperoleh komposit yang kuat harus dapat memampatkan serat dengan benar. Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu

1. Continuous Fiber Composite

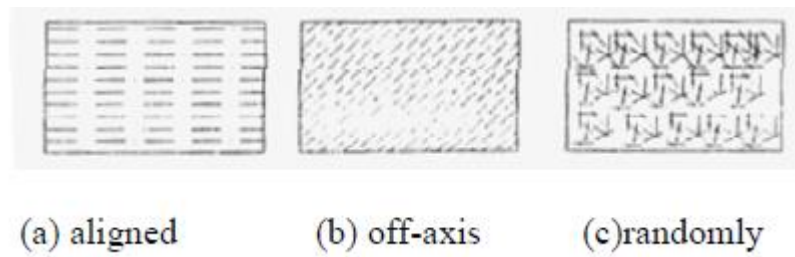
Continuous atau uni-directional, mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriknya.

2. Woven Fiber Composite (bi-directional)

Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah.

3. Discontinuous Fiber Composite

Discontinuous Fiber Composite adalah tipe komposit dengan serat pendek.

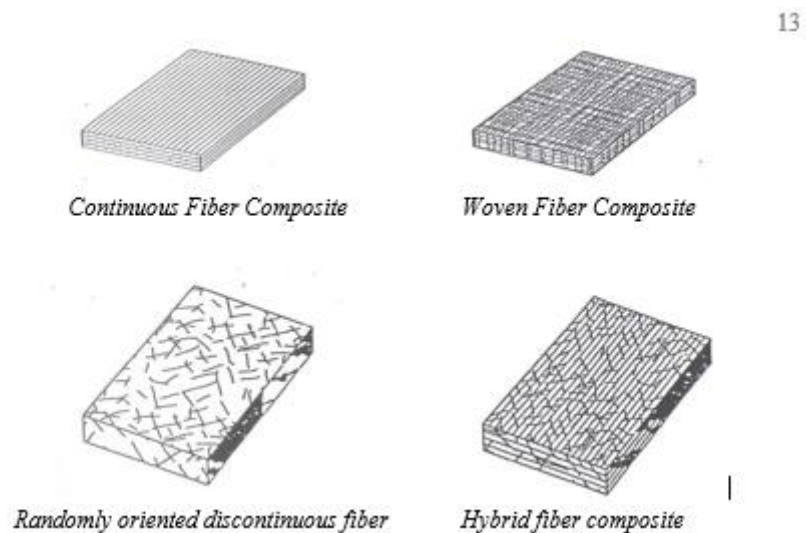


Gambar 2. 1 Tipe Discontinuous Fiber

(Sumber: Gibson, 1994 : 157, " Principles Of Composite Material Mechanics")

4. Hybrid Fiber Composite

Hybrid fiber composite merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Tipe ini digunakan supaya dapat mengganti kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya.



Gambar 2. 2 Tipe Komposit Serat

2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Performa Komposit

Penelitian yang mengabungkan antara matrik dan serat harus memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi performa Fiber-Matrik Composites antara lain:

1. Faktor Serat

Serat adalah bahan pengisi matrik yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

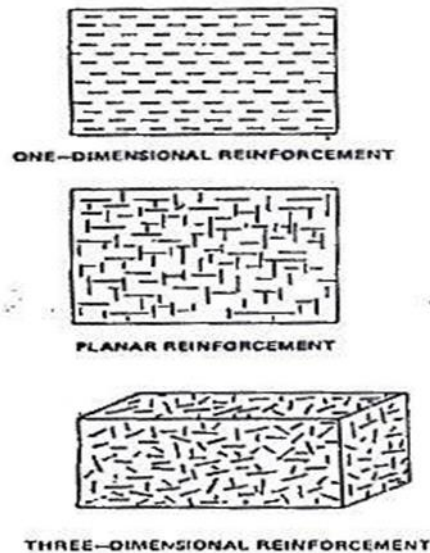
2. Letak Serat

Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut.

Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu:

1. *One dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah axis serat.
2. *Two dimensional reinforcement (planar)*, mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat.
3. *Three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat *isotropic* kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya.

Pada pencampuran dan arah serat mempunyai beberapa keunggulan, jika orientasi serat semakin acak (*random*) maka sifat mekanik pada 1 arahnya akan melemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar kesegala arah maka kekuatan akan meningkat.



Gambar 2. 3 Tiga Tipe Orientasi Pada *Reinforcement*

3. Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika dibandingkan dengan serat sintesis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Panjang serat berbanding diameter serat sering disebut dengan istilah *aspect ratio*. Bila *aspect ratio* makin besar maka makin besar pula kekuatan tarik serat pada komposit tersebut. Serat panjang (*continuous fiber*) lebih efisien dalam peletakannya daripada serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat. Pada umumnya, serat panjang lebih mudah penanganannya jika dibandingkan dengan serat pendek. Serat panjang pada keadaan normal dibentuk dengan

proses *filament winding*, dimana pelapisan serat dengan matrik akan menghasilkan distribusi yang bagus dan orientasi yang menguntungkan.

Ditinjau dari teorinya, serat panjang dapat mengalirkan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain. Pada struktur *continuous fiber* yang ideal, serat akan bebas tegangan atau mempunyai tegangan yang sama. Selama fabrikasi, beberapa serat akan menerima tegangan yang tinggi dan yang lain mungkin tidak terkena tegangan sehingga keadaan di atas tidak dapat tercapai (Schwartz, 1984 : 1.11).

Sedangkan komposit serat pendek, dengan orientasi yang benar, akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan *continuous fiber*. Hal ini terjadi pada whisker, yang mempunyai keseragaman kekuatan tarik setinggi 1500 kips/in² (10,3 GPa). Komposit berserat pendek dapat diproduksi dengan cacat permukaan yang rendah sehingga kekuatannya dapat mencapai kekuatan teoritisnya (Schwartz, 1984 : 11).

Faktor yang mempengaruhi variasi panjang serat *chopped fiber composites* adalah *critical length* (panjang kritis). Panjang kritis yaitu panjang minimum serat pada suatu diameter serat yang dibutuhkan pada tegangan untuk mencapai tegangan saat patah yang tinggi (Schwartz, 1984).

4. Bentuk Serat

Bentuk Serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya kandungan seratnya juga mempengaruhi (Schwartz, 1984 : 1.4).

5. Faktor Matrik

Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari kerusakan eksternal, meneruskan atau

memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matrik dan serat saling berhubungan.

Pembuatan komposit serat membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matrik. Selain itu matrik juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang tidak diinginkan tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. Untuk memilih matrik harus diperhatikan sifat-sifatnya, antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap guncangan yang biasanya menjadi pertimbangan dalam pemilihan material matrik.

Bahan Polimer yang sering digunakan sebagai material matrik dalam komposit ada dua macam adalah thermoplastik dan termoset. Thermoplastik dan termoset ada banyak macam jenisnya yaitu:

a) Thermoplastik

- *Polyamide (PI),*
- *Polysulfone (PS),*
- *Poluetheretherketone (PEEK),*
- *Polyhenylene Sulfide (PPS),*
- *Polypropylene (PP),*
- *Polyethylene (PE) dll.*

b) Thermosetting

- *Epoxy,*
- *Polyester.*
- *Phenolic,*
- *Plenol,*
- *Resin Amino,*
- *Resin Furan dll.*

6. Faktor Ikatan *Fiber-Matrik*

Komposit serat yang baik harus mampu untuk menyerap matrik yang memudahkan terjadi antara dua fase (Schwartz, 1984 : 1.12). Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan matrik berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh matrik dan serat.

Hal yang mempengaruhi ikatan antara serat dan matrik adalah void, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matrik tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. Bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah void sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut. Pada pengujian tarik komposit akan berakibat lolosnya serat dari matrik. Hal ini

disebabkan karena kekuatan atau ikatan interfacial antara matrik dan serat yang kurang besar (Schwartz, 1984 : 1.13).

7. Katalis

Katalis ini digunakan untuk membantu proses pengeringan resin dan serat dalam komposit. Waktu yang dibutuhkan resin untuk berubah menjadi plastik tergantung pada jumlah katalis yang dicampurkan. Dalam penelitian ini menggunakan katalis metil ethyl katon peroxide (MEKPO) yang berbentuk cair, berwarna bening. Semakin banyak katalis yang ditambahkan maka makin cepat pula proses curingnya. tetapi apabila pemberian katalis berlebihan maka akan menghasilkan material yang getas ataupun resin bisa terbakar.

Penambahan katalis yang baik 1% dari volume resin. Bila terjadi reaksi akan timbul panas antara 60 OC – 90 OC. Panas ini cukup untuk mereaksikan resin sehingga diperoleh kekuatan dan bentuk plastik yang maksimal sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan (Justus Sakti Raya,2001).

2.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik yaitu pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang sifat-sifat dan keadaan dari suatu logam atau material lain. Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja. Kesebandingan ini terus berlanjut sampai bahan sampai titik propotionality limit. Setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan penambahan panjang yang lebih besar dan suatu saat terjadi penambahan panjang tanpa ada penambahan beban, batang uji bertambah panjang dengan sendirinya. Hal ini dikatakan batang uji mengalami *yield* (luluh).Keadaan ini hanya berlangsung sesaat dan setelah itu akan naik lagi.

Kenaikan beban ini akan berlangsung sampai mencapai maksimum, untuk batang yang ulet beban mesin tarik akan turun lagi sampai akhirnya putus. Pada saat beban mencapai maksimum, batang uji mengalami pengecilan penampang setempat (*local necking*) dan penambahan panjang terjadi hanya disekitar necking tersebut. Pada batang getas tidak terjadi necking dan batang akan putus pada saat beban maksimum. Pada pengujian tarik nantinya akan diperoleh sifat mekanik dari logam atau material lain yg diuji tersebut.

Beberapa sifat mekanik dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Sifat Mekanik di daerah Elastis

Adapun sifat – sifat mekanik yang berada didaerah elastis, diantaranya :

- a. Kekhитуatan elastis : kemampuan batang untuk menerima beban / tegangan tanpa berakibat terjadinya deformasi plastis (perubahan bentuk yang permanen). Ditunjukkan oleh titik luluh (*yield*).
- b. Kekakuan (*stiffness*) : suatu batang yang memiliki kekakuan tinggi bila mendapat beban (dalam batas elastisnya) akan mengalami deformasi plastis, tetapi hanya sedikit.
- c. Resilience : kemampuan bahan untuk menyerap energi tanpa menyebabkan terjadinya deformasi plastis. Dinyatakan dengan besarnya luasan di bawah grafik daerah elastik (*Modulus Resilien*)

2. Sifat mekanik di daerah plastis

Adapun sifat – sifat mekanik yang berada di daerah plastis, diantaranya :

- a. Kekuatan tarik (*Tensile strength*)
Kemampuan batang untuk menerima beban/ tegangan tanpa mengakibatkan batang rusak atau putus. Kekuatan tarik maksimum ditunjukkan sebagai tegangan maksimum (*ultimate stress*) pada kurva tegangan-regangan.
- b. Keuletan (*Ductility*) Kemampuan bahan untuk berdeformasi tanpa menjadi patah. Dapat diukur dengan besarnya tegangan plastis yang terjadi setelah

batang uji putus. Ditunjukkan sebagai garis elastik pada grafik tegangan-regangan.

c. Ketangguhan (*Toughness*)

Kemampuan menyerap energi tanpa mengakibatkan patah, dapat diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan batang uji. Ketangguhan dinyatakan dengan modulus ketangguhan yaitu banyaknya energi yang dibutuhkan untuk mematahkan satu satuan volume bahan. Ditunjukkan sebagai keseluruhan luasan di bawah kurva tegangan regangan.

2.3.1 Dasar Teori Uji Tarik

Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (Dieter, 1987). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955). Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji.

- a. Tegangan yang dipergunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik yang diperoleh dengan membagi beban dengan luas awal penampang melintang benda uji. Kekutan tarik diukur dengan menarik spesimen uji komposit dengan dimensi yang seragam. Tegangan tarik (σ) adalah gaya yang diaplikasikan (F) dibagi dengan luas penampang (A) yaitu:

$$\text{Tegangan Maksimal : } \sigma_{max} = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(1)$$

- b. Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan regangan rekayasa adalah regangan linier rata-rata, yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (gage length) benda uji, ΔL , dengan panjang awalnya, L_0 .

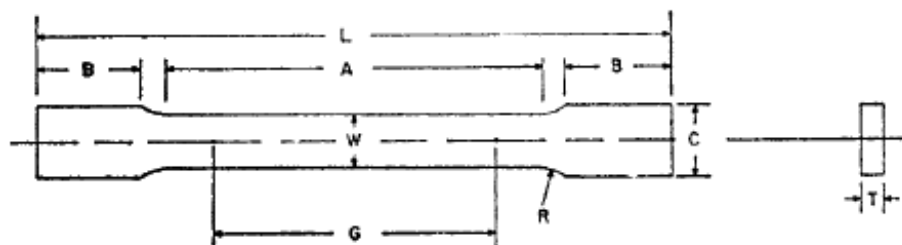
$$\text{Regangan : } \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots(2)$$

c. Modulus Elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu material, sehingga semakin tinggi nilai modulus elastisitas bahan, maka semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi apabila diberigaya, jadi semakin besar nilai modulus ini maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi atau semakin kaku. Besarnya pertambahan panjang yang dialami oleh setiap benda ketika merenggang adalah berbeda antara satu dengan yang lainnya tergantung dari elastisitas bahannya.

Modulus Elastisitas : $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$(3)

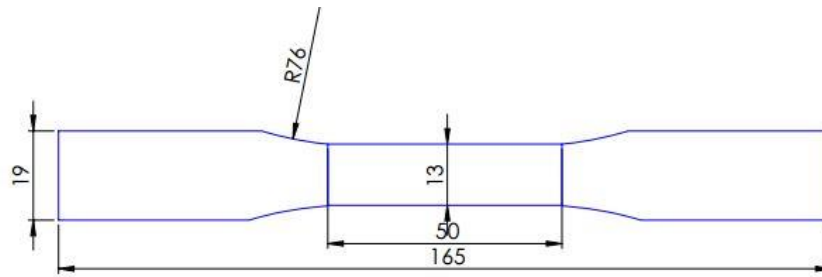
2.3.2 Bahan Uji Tarik ASTM

ASTM atau American Standard Testing and Material merupakan organisasi internasional yang mengembangkan standar teknik untuk material, produk, sistem dan jasa. Berdasarkan hal tersebut maka standar yang digunakan dalam uji tarik ini adalah ASTM D 638 karena material yang dipakai dalam pengujian ini berupa komposit. Perbedaan standar tersebut digunakan berdasarkan jenis bahan pada bahan yang akan diuji pada uji tarik dan setiap standar memiliki dimensi yang berbeda-beda. Hal ini tersebut bertujuan agar pada saat pengujian bahan uji tarik mengalami putus pada bagian tengah bahan tersebut.



Gambar 2. 4 ASTM D 638

(Sumber jurnal ASTM)



Gambar 2. 5 Desain Spesimen Uji Tarik pada ASTM D 638

(Sumber : Solidwork)

2.4 Jenis dan Sifat Mekanis Serat

Ada tiga jenis serat yang didominasi sebagai penguat, misal: fiberglass, karbon atau grafit serat, dan serat organik (yang paling penting umumnya disebut aramid). Pilihan serat yang mana digunakan dalam aplikasi tertentu tergantung pada biaya dan kinerjanya. Fiberglass agak mahal serat, serat karbon adalah yang paling kaku dari tiga serat utama dan serat aramid adalah yang paling sulit. Serat alami dieksploitasi sebagai pengganti serat konvensional seperti kaca, aramid dan karbon untuk biaya rendah dan propertinya. Sifat-sifat serat alami mekanik cukup baik properti, kekuatan spesifik tinggi, dan karakteristik non-abrasif, ramah lingkungan dan biodegradasi. Tabel dibawah menunjukkan sifat serat alami yang dipilih dan serat buatan:

Tabel 2. 1 Properties of Selected Natural and Manmade Fibres

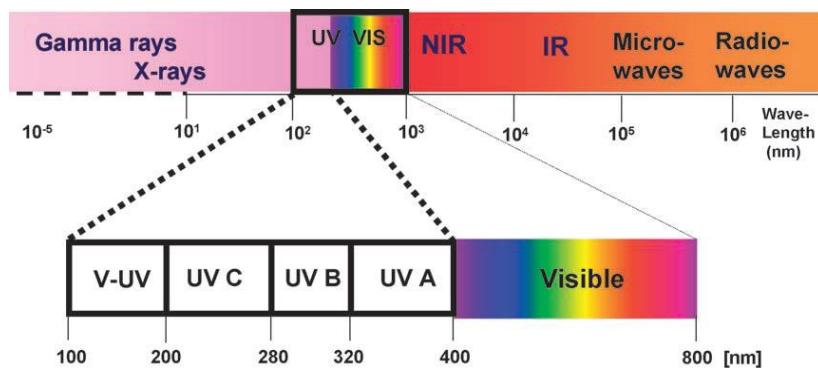
Fiber	Density(g/cm ³)	Elongation(%)	Tensile Strength(Mpa)	Elastic Modulus(Gpa)
Jute	1.3	1.5-1.8	393-773	26.5
Flax	1.5	2.7-3.2	500-1500	27.6
Hemp	1.47	2-4	600	70
Kenaf	1.45	1.6	930	53
Ramie	N/A	3.6-3.8	400-938	61.4-128
Sisal	1.5	2.0-2.5	511-635	9,4-22

Coir	1.2	30	593	4.0-6.0
Soft wood Kraft pulp	1.5	4.4	1000	40
E-glass	2.5	0.5	2000-3500	70
S-glass	2.5	2.8	4570	86
Aramid	1.4	3.3-3.7	3000-3150	63.0-67.0
Carbon	1.4	1.4-1.8	4000	230-240

(Sumber : UV radiation effect towards mechanical properties of Natural Fibre Reinforced Composite material: A Review)

2.5 Aplikasi dari Teknologi UV

Spektrum elektromagnetik dibagi menjadi beberapa wilayah berdasarkan panjang gelombang. Sinar UV adalah kisaran panjang gelombang pendek yang berdekatan dengan spektrum cahaya terlihat. Cahaya terlihat adalah satu-satunya bagian dari spektrum elektromagnetik yang dapat dilihat mata. Panjang gelombang di wilayah ini biasanya diukur dalam nanometer (nm). Nanometer adalah seperseribu meter atau seperseribu mikron. Kisaran UVA umumnya dianggap paling aman dari tiga rentang UV (UVA, UVB, dan UVC). Tinta UV-cured sering membutuhkan bagian UVB dari spektrum UV untuk proses curing. Grafik yang menggambarkan spektrum elektromagnetik ditunjukkan di bawah ini.



Gambar 2. 6 Electromagnetic Energy Spectrum.

UV curing sekarang telah ditetapkan sebagai mekanisme *curing* alternatif untuk pengerasan termal, bertentangan dengan masa lalu, di mana itu hanya dianggap untuk *curing* suhu media yang sensitif, seperti kayu, kertas, dan plastik. Teknologi *curing* alternatif ini menggunakan energi foton dari sumber radiasi di wilayah gelombang pendek elektromagnetik spektrum untuk membentuk spesies reaktif, yang memicu pertumbuhan rantai cepat reaksi penyembuhan. Keluar dari *spectrum* elektromagnetik (ditunjukkan pada Gambar 2.3 adalah rentang dari *nearinfrared* (NIR), lebih terlihat dan ultraviolet (UV) untuk berkas elektron dan sinar-X) UV wilayah, selanjutnya diklasifikasikan menjadi radiasi UV-A, UV-B, dan UV-C, terutama digunakan untuk ini teknologi. Kandungan energi foton ditentukan oleh persamaan

$$E = hv = hc / \lambda \dots\dots\dots(4)$$

di mana v adalah frekuensi dan λ adalah panjang gelombang (nm). Persamaan ini memberi tahu kita, bahwa semakin pendek panjang gelombang, semakin tinggi energi foton. Sinar UV di wilayah panjang gelombang 300-400 nm seharusnya sudah bisa memotong ikatan C – C. Foton energi tinggi dari e-beam dan X-ray cukup untuk memotong ikatan C – C atau C – H, oleh karena itu, mereka tidak perlu photoinitiator khusus untuk membentuk spesies radikal yang diinginkan sebagai inisiator untuk polimerisasi. Namun, dalam kasus paparan UV, photoinitiators biasanya digunakan proses pembelahan langsung tidak cukup efisien. Para *photoinitiators* bersemangat dan setelah serangkaian reaksi membentuk spesies reaktif yang diinginkan. Dalam hal menggunakan lebih lama paparan panjang gelombang, reaksi transfer energi yang lebih rumit diperlukan. (Schwalm, 2006)