

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian pada material komposit sudah mulai banyak dilakukan dengan jenis parameter serta variasi yang berbeda. Kegunaan material komposit sangat berpengaruh dalam industri manufaktur maupun otomotif, karena material komposit mempunyai sifat mekanis yang lebih baik dari material logam sehingga untuk kedepannya diharapkan dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti material logam. Sifat mekanis pada material komposit *carbon aramid* menjadi banyak perhatian bagi peneliti seperti kekuatan tarik dan kekuatan tekan yang menjadi salah satu tolak ukur untuk menentukan kualitas sifat mekanisnya.

Rochardjo dan Junaidi (2017) melakukan penelitian tentang manufaktur pada rangka sepeda balap menggunakan serat karbon dengan metode *warpped on foam*. Proses pembuatan cetakan dan frame diawali dengan proses pemodelan 3D menggunakan software CAD. Desain frame sepeda terpotong menjadi 3 komponen yaitu main *triangle*, *chain stay*, *seat stay* dan komponen tambahan yaitu *real dropout* kanan kiri menjadi satu cetakan. Resin yang dilakukan menggunakan resin epoksi dengan perbandingan 1:2 dengan hardener yang lebih sedikit agar mengering lebih lama sehingga akan memudahkan pemasangan karbon yang memerlukan waktu yang cukup lama. *PU-foam* yang dituangkan kedalam cetakan dapat mengisi seluruh ruangan cetakan dengan baik dalam waktu singkat hingga membentuk pola dalam bentuk sepeda. Kemudian resin dioleskan ke serat karbon dan ditempelkan ke *body core*. Fabrikasi dilakukan dengan metode *bladder composite moulding* dengan cara mengoleskan resin ke serat karbon dan ditempelkan pada *body core*, kemudian bagian tengah cetakan diberikan *PU-foam*. Untuk mendapatkan frame sepeda dengan tebal 2 mm, dibutuhkan lapisan serat karbon anyaman sebanyak 6 lapis. Proses post curing dilakukan dengan mengoven pada suhu 120°C selama 1 jam. Dari hasil fabrikasi dihasilkan frame sepeda dengan berat sebesar 2,89 kg dan fraksi volume serat adalah 0,64, selanjutnya frame sepeda akan dilakukan pengujian tarik secara

keseluruhan dari semua komponen frame. Dari hasil pengujian tarik diperoleh modulus elastisitas pada frame sebesar 129,9 Gpa dan kekuatan tarik sebesar 2006,4 Mpa. Kekakuan dan kekuatan tersebut cukup tinggi dibandingkan dengan aluminium dan baja, dimana kekakuan dan kekuatannya berturut-turut adalah 69 Gpa dan 310 Mpa untuk aluminium, 200 Gpa dan 1030 Mpa untuk baja.

Hamouda dkk (2007) melakukan penelitian *square tube* dari bahan kevlar/epoxy dengan ukuran 100×100×1000 mm menggunakan metode *hand lay up* dengan jumlah layer dua, empat dan enam layer dengan orientasi sudut 0/90° dan di uji tekan dengan beban maksimal sebesar 10 kN. Hasil dari penelitian tersebut di dapatkan nilai tertinggi pada jumlah 6 layer sebesar 9.048 Kj/kg dan nilai terendah pada jumlah 2 layer sebesar 2.57 kJ/kg.

Salman dkk (2015) melakukan penelitian uji tekan tabung komposit kevlar/glass fiber resin epoxy menggunakan metode *hand lay up* dengan variasi A1 (3 layer kevlar + 2 layer glass), B1 (2 layer kevlar + 3 layer glass), C1 (1 layer kevlar + 2 layer glass) dan D1 (2 layer kevlar + 1 layer glass). Dari hasil uji tersebut didapatkan nilai hasil A1 (266.288 Mpa), B1(256.883 Mpa), C1 (174.49 Mpa) dan D1 (193.545 Mpa). Nilai tertinggi diketahui pada variasi A1, dapat di simpulkan bahwa semakin banyak jumlah layer kevlar maka semakin kuat daya tekan suatu komposit.

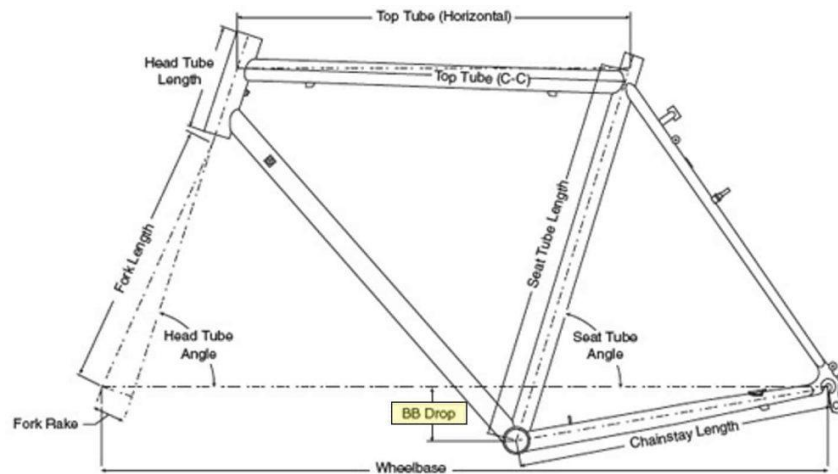
Bere dkk (2013) melakukan penelitian fabrikasi dan uji tekan *handlebar* sepeda dari bahan *carbon/epoxy* menggunakan metode *hand lay up* dengan ukuran panjang 680 mm dan diameter 5 mm. Pengujian tekan dilakukan menggunakan *software* ANSYS dengan pembebanan maksimum mencapai 2000 N. Dari hasil uji tersebut didapatkan nilai tekan sebesar 408 Mpa, sehingga handlebar ini sangat aman di gunakan untuk sepedah gunung.

Yakub (2013) melakukan penelitian menganalisa kondisi optimum desain rangka sepeda material komposit *carbon kevlar/epoxy* dengan metode taguchi dan analisis ANOVA dengan beban pengendara sebesar 90 kg. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik dengan variasi jumlah layer 2, 4 dan 6. Dari hasil uji tersebut didapatkan hasil uji tarik sebesar 225.40 Mpa pada variasi 2 layer, 225.10 Mpa pada variasi 4 layer dan 194.40 Mpa pada variasi 6 layer.

Dari penelitian terdahulu bisa disimpulkan bahwa penelitian tentang sifat mekanis tabung komposit serat karbon kevlar dan resin *epoxy* sudah banyak dilakukan, namun penelitian tentang temperatur *curing* dan *post curing* untuk menambah kekuatan mekanis masih belum banyak dilakukan. Maka dari itu dilakukan penelitian dengan beda variasi temperatur dan waktu *curing* dan *post curing* tabung komposit serat *carbon aramid/epoxy* dengan pengujian mekanis tarik dan tekan dengan tujuan hasil dari pengujian dapat digunakan sebagai referensi.

2.2 Frame Sepeda

Frame sepeda merupakan komponen utama pada sepeda, dimana roda dan komponen lainnya dipasang secara utuh. *Frame* sepeda klasik terdiri dari dua segitiga, yaitu segitiga utama dan segitiga belakang berpasangan yang digabung membentuk frame dengan bentuk dua segitiga. Pada sepeda modern, frame sepeda tidak hanya didesain untuk keselamatan dan kekuatan saja, tetapi didesain untuk menjadi performa yang maksimal dan bentuk yang beraneka ragam. Kemunculan material baru (seperti material komposit) untuk membuat frame sepeda yang lebih kuat dan ringan, juga membuat desain frame sepeda yang lebih fleksible, tidak harus terpaksa untuk membentuk struktur yang kuat, tetapi bisa diarahkan untuk performa yang baik tanpa mengurangi kekuatan spesifik pada frame tersebut. Frame sepeda mempunyai empat faktor utama yang perlu diperhatikan seperti kekakuan, kekuatan, kekuatan retak, dan berat frame. Frame sepeda terdiri dari berbagai komponen-komponen pokok yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Frame Sepeda (Sepeda.me)*

Frame sepeda mempunyai 6 komponen pokok seperti *top tube*, *down tube*, *seat tube*, *head tube*, *seat stay* dan *chain stay* yang dapat tersusun menjadi satu bagian utuh. Frame sepeda mempunyai spesifik jenis material yang dapat digunakan sesuai kebutuhannya seperti baja, titanium, serat karbon, serat kevlar, serat glass dan lain-lain. Berikut ini standar material yang dapat digunakan untuk frame sepeda ditunjukkan pada tabel 2.1.

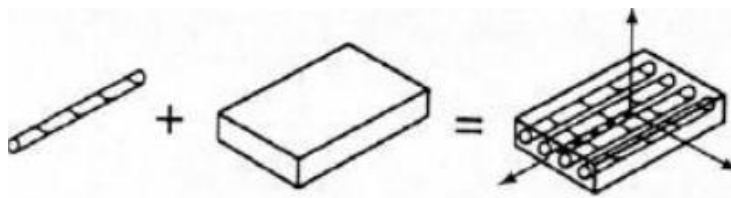
Tabel 2.1 Spesifikasi sifat mekanis material frame sepeda, (*ASM Handbook 1997*).

Material	<i>Tensile strength</i> (Mpa)	<i>Yield strength</i> (Mpa)	<i>Young's modulus</i> (Gpa)	<i>Toughness</i> MN m ^{-3/2}	<i>Density</i> (Mg/m ³)
Steel 1020	380	200	210	140	7,8
Ti-alloy	950	910	100	85	4,5
CFRP	550	200	56	38	1,5
KFRP	1380	621	76	39	1,4
GFRP	530	125	26	40	1,8

2.3 Komposit

Komposit merupakan suatu material yang tersusun dari dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanis masing-masing material berbeda. Dari campuran tersebut terbentuk material baru yang memiliki sifat-sifat yang lebih baik dari material pembentuknya. (Matthews, 1993).

Secara umumnya serat yang tersusun seperti serat anyam mempunyai kekuatan yang lebih baik dibanding serat dengan bentuk acak, karena struktur serat tersusun sempurna dan cacat internal pada serat lebih sedikit dibanding serat acak. Bahan pengikat serat dalam material komposit disebut dengan matrik. Matrik berfungsi sebagai penguat serat dari kerusakan akibat pembebanan, sebagai pelindung terhadap pengaruh lingkungan dan perekat serat agar tetap stabil. Material komposit terbentuk dari dua jenis komponen yaitu serat dan matrik, kedua material tersebut saling berhubungan serta memiliki fungsi masing-masing. Serat berfungsi sebagai penahan beban dari benturan, sehingga kekuatan material komposit tergantung dari kekuatan pembentuknya sedangkan matrik berfungsi untuk melindungi serat dan mentransfer tegangan ke serat. Ilustrasi ikatan dan sifat fisik komposit ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Komposisi Komposit (Rijswijk, 2002)

2.4 Modus Kegagalan Komposit

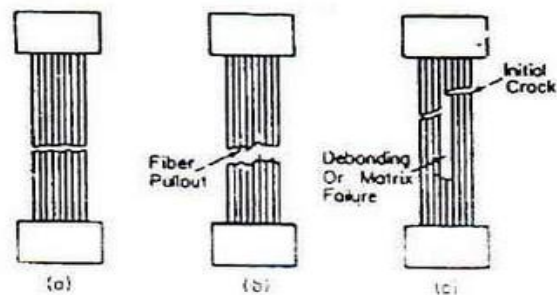
Dalam hal ini kerusakan internal mikroskopik (yang tidak dapat diamati mata) dapat terjadi jauh sebelum kerusakan nyata terlihat. Kerusakan mikroskopik ini terjadi dalam beberapa bentuk, seperti:

1. Patah pada serat (*fiber breaking*)
2. Retak mikro pada matriks (*matrix microcrack*)

3. Terkelupasnya serat matriks (*debonding*)
4. Terpisahnya lamina satu sama lain (*delamination*)

Jika serat yang patah semakin banyak maka terdapat tiga kemungkinan, seperti:

1. Jika serat mampu menahan gaya geser dan meneruskan ke serat sekitar, maka serat yang patah akan semakin banyak. Hal ini akan menyebabkan terjadinya retakan, patahan ini disebut patah getas (*brittle failure*) seperti pada gambar 2.3a.
2. Jika matriks tidak mampu menahan konsentrasi tegangan geser yang timbul diujung, maka serat dapat terlepas dari matriks (*debonding*) dan komposit akan rusak tegak lurus searah serat seperti pada gambar 2.3b.
3. Kerusakan yang terjadi disembarang tempat disertai dengan kerusakan matriks, maka kerusakan yang terjadi berupa patahan seperti sikat (*brush type*) seperti pada gambar 2.3c.



Gambar 2.3 Kerusakan komposit akibat beban tarik longitudinal (a) *brittle failure* (b) *debonding* (c) *brush type*, (Adiyono 1996).

2.5 Resin Epoxy

Epoxy termasuk jenis resin termoset yang berfungsi sebagai perekat, pelapis dan sekaligus matrik. Resin epoksi juga berfungsi sebagai bahan campuran, bahan cetakan, dan juga perekat. Aplikasi dari resin epoksi terdapat pada bidang (automotif, *aerospace*, perkapalan, dan peralatan elektronik). Resin epoksi memiliki sifat yang baik dalam reaksi kimia, konduktivitas termal, konduktivitas listrik, tahan korosi yang baik, kekuatan tarik dan kekuatan bending yang cukup

baik. Proses pembuatannya dapat dilakukan pada suhu kamar dengan memperhatikan polimerisasi jaringan silang agar dihasilkan sifat yang optimum, Hartono (1992). Resin epoksi mempunyai karakteristik yang dapat dijadikan acuan untuk fabrikasi komposit antara lain:

1. memiliki kemampuan mengikat paduan metalik yang baik, hal ini dikarenakan adanya hidroksil yang berfungsi membentuk ikatan hydrogen. Hidroksil juga dimiliki oleh oksida metal, sehingga pada kondisi normal menyebar pada permukaan logam.
2. Penggunaan resin epoksi sebagai matrik dibatasi oleh ketangguhan yang rendah dan cukup rapuh.

Pada umumnya resin epoksi memiliki beberapa kelebihan seperti tahan korosi, bersifat hidrofobik, dielektrik yang baik dan kekurangan resin epoksi seperti mudah mengalasi penuaan (*ageing*), degradasi permukaan akibat tegangan thermal dan resin epoksi bersifat getas. Resin epoksi mempunyai spesifikasi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan komposit yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi resin epoksi, Surdia (1995)

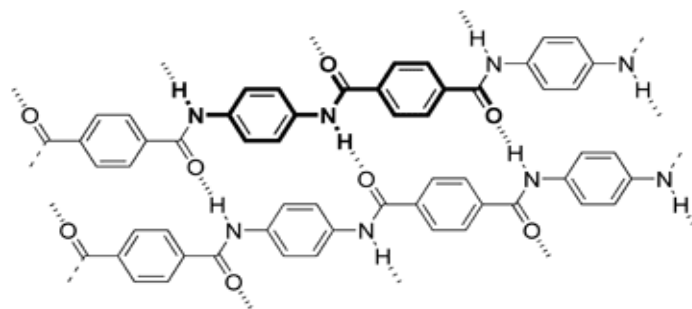
Sifat-sifat	Nilai
Massa jenis (Gram/cm ³)	1,17
Penyerapan air di suhu ruang (°C)	0,2
Kekuatan tarik (Kgf/mm ²)	5,95
Kekuatan tekan (Kgf/mm ²)	14
Kekuatan lentur (Kgf/mm ²)	12
Temperatur percetakan (°C)	90

Resin epoksi jika direaksikan dengan *hardener* akan membentuk polimer *crosslink*. *Hardener* pada sistem *curing* dengan temperatur ruang dengan epoksi pada umumnya adalah seyawa poliamid yang terdiri dari dua atau lebih senyawa amina. Resin epoksi mempunyai ketahanan korosi yang lebih baik dari pada *polyester* pada keadaan basah, tetapi epoksi mempunyai ketahanan yang buruk

terhadap asam. Ketika resin *epoxy* dan *hardener* dicampurkan dengan penambahan katalis dan pemanasan maka resin dan *curing agent* akan bereaksi dengan melepas sejumlah panas. Penggunaan panas dan katalis akan mempercepat reaksi selanjutnya. Pada tahap ini material *epoxy* mengalami penambahan kekuatan.

2.6 Carbon Aramid

Aramid terdiri dari rantai panjang polimer dengan orientasi paralel. Aramid adalah kependekan dari kata aromatic polyamide. Aramid memiliki struktur yang kuat, alot (*tough*), memiliki sifat peredam yang bagus (*vibration damping*), tahan terhadap asam (*acid*) dan basa (*leach*) dan selain itu dapat menahan panas hingga 370°C, sehingga tidak mudah terbakar. Berikut Susunan/Struktur Kimia dari aramid pada gambar 2.3.



Gambar 2.4 Struktur kimia aramid.

Sumber: Wikipedia.org

Aramid terdiri dari rantai panjang polimer dengan orientasi paralel. Aramid sendiri merupakan suatu serat sintetik yang berupa rantai panjang poliamida sintetik dengan paling sedikit 85 persen, sambungan amidanya menempel secara langsung pada dua rantai aromatik (gugus amida dan gugus aromatik berselang-seling). Kekuatan aramid diperoleh dari ikatan hidrogen intra-molekuler dan interaksi tumpukan aromatik-aromatik antar lembaran. Interaksi-interaksi ini lebih kuat daripada interaksi Van der Waals yang terdapat dalam polimer-polimer sintetik lain dan serat-serat seperti dyneema (serat yang terbuat dari rantai polietilena yang sangat panjang, yang tersusun searah). Keberadaan garam-garam dan impuritis lain, biasanya kalsium, dapat mengganggu interaksi pada lembaran

polimer dan harus dihilangkan dalam proses produksi. Kevlar terdiri dari molekul-molekul yang relatif rigid, yang membentuk struktur seperti lembaran-lembaran datar pada protein sutera. Dari sifat-sifat tersebut diperoleh serat dengan kekuatan mekanik yang tinggi dan tahan terhadap panas. Sifat-sifat yang terdapat pada serat *carbon aramid* ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Sifat-sifat serat *carbon kevlar*. (Dupont, 2017)

Sifat	<i>Aramid</i>
Massa jenis (g/cm ³)	1,44
Kuat tarik pada 24°C (Mpa)	2430
Modulus pada 24°C (Gpa)	53,9
Perpanjangan luluh (%)	4,1

Dibandingkan dengan material lain, *carbon aramid* memiliki banyak keunggulan dari segi massa jenis, kuat tarik dan modulus. Sebagai pembanding material *aluminium alloy* yang biasa digunakan untuk aplikasi *frame* sepeda memiliki sifat-sifat material ditunjukkan pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Sifat-sifat serat *Aluminium alloy*. (sepeda.me)

Sifat	<i>Aluminium Alloy</i>
Massa jenis (g/cm ³)	2,70
Kuat tarik (Mpa)	310
Modulus Young (Gpa)	69
<i>Specific strenght</i> (kN.m/kg)	115

2.7 Sistem Pencampuran Komposit

Dalam pembuatan komposit harus dipilih kombinasi yang optimum dari sifat masing-masing penyusunnya agar menghasilkan sifat mekanis yang maksimal antara serat dan matrik. Serat bersifat getas tetapi mempunyai kekuatan

tarik yang tinggi dipadukan dengan matrik yang mempunyai kekuatan tarik rendah dan regangan yang tinggi akan menghasilkan material komposit yang memiliki sifat-sifat yang lebih baik. Perpaduan antara material terus dilakukan untuk mendapatkan material baru yang memiliki sifat yang lebih baik dari material sebelumnya. Dibawah ini adalah perhitungan dalam pembuatan komposit:

- a. Massa jenis serat (ρ)

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ atau } V = \frac{m}{\rho} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

V = volume serat

m = massa serat

- b. Presentase serat

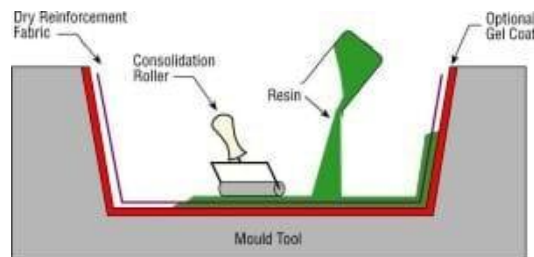
$$\text{Presentase serat} = \frac{V \text{ serat}}{V \text{ matriks} + V \text{ serat}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

- c. Presentase matrik

$$\text{Presentase matriks} = \frac{V \text{ matriks}}{V \text{ matriks} + V \text{ serat}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

2.8 Metode *Hand lay-up*

Hand lay-up atau *contact molding* termasuk proses yang paling mudah dalam fabrikasi komposit yaitu dengan cara menuangkan resin kedalam serat yang berbentuk anyaman dan rajuan kemudian diratakan menggunakan rol atau kuas hingga merata. Proses *hand lay up* dapat diaplikasikan pada pembuatan kapal, body mobil, bilah turbin angin dan lain-lain. Proses tersebut dilakukan secara berulang-ulang hingga mendapatkan ketebalan yang diinginkan dan dilakukan pada temperatur kamar. Resin yang biasanya digunakan dalam *hand lay-up* adalah epoksi dan *polyester* (Schwartz, 1984). Proses *hand lay up* ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.5 Metode *Hand Lay-up*

Sumber: NetComposite.com

2.9 Tabung KFRP

Kevlar Fiber Reinforced Plastic (KFRP) merupakan suatu material yang terbuat dari campuran serat kevlar (aramid) dengan resin *epoxy* atau *polyester* yang dibentuk tabung/pipa. Karakteristik dari tabung KFRP tergantung dari jumlah lapisan serat, tipe serat yang digunakan, orientasi serat dan pemilihan jenis resin yang tepat agar tabung KFRP dapat menghasilkan sifat mekanis yang maksimal. Dengan pemilihan resin yang tepat dan juga desain yang baik sistem KFRP mampu mencapai umur 20 tahun hingga 30 tahun. Berikut ini kelebihan dan kekurangan tabung KFRP dibanding tabung *carbon steel* sebagai berikut:

1. Kelebihan KFRP dibanding *carbon steel*

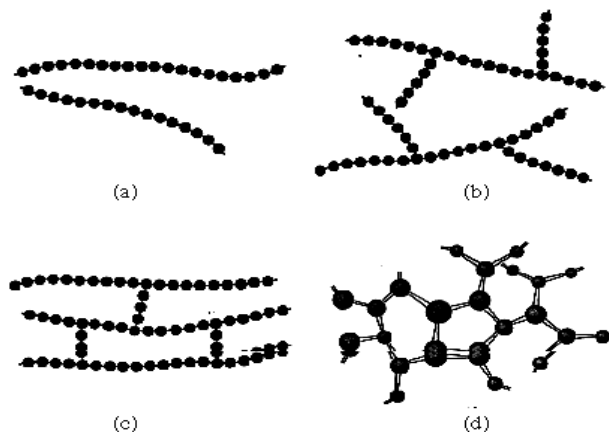
- Kekuatan yang sangat luar biasa (cukup tinggi) tapi ringan, Bahkan Kevlar 5x lebih kuat dari baja (pada bobot ringan yang sama dan dimensi yang sama).
- Mempunyai gaya tarik tinggi
- Struktur dasarnya stabil.
- Konduksi listriknya sangat rendah.
- Ketahanan pada bahan kimia yang cukup tinggi.
- Tahan panas dan tahan bakar serta rendah dalam menghantar panas.

2. Kekurangan KFRP

- Jika terjadi lubang atau patahan pada tabung KFRP, maka penambalan pipa komposit dilakukan dengan disambung dengan pipa baru secara laminating atau dithread dengan *flange*.

2.10 Proses Curing dan Post Curing

Inti mekanisme proses curing adalah terjadinya crosslink, reaksi crosslink pada resin epoxy terjadi pada saat campuran resin dan penguat telah dimasukkan kedalam cetakan dan Crosslinking terjadi pada temperature tinggi (100°C) tetapi tidak boleh melebihi batas transisi temperatur yang menyebabkan komposit menjadi lunak. Material komposit yang telah terjadi proses curing akan menjadi lebih padat dan meningkatnya kekuatan, kekakuan dan kekerasan karena memiliki ikatan crosslink yang baik sehingga material tersebut tidak dapat dilelehkan kembali. Saat proses curing dilakukan pada temperatur tinggi, maka molekul resin akan menerima lebih banyak energy. Hal ini menyebabkan meningkatnya pergerakan molekul-molekul matrik sehingga akan memiliki banyak waktu untuk membentuk susunan rantai polymer yang lebih teratur, (Ritonga 2014). Proses curing yang sempurna terjadi pada temperature tinggi, seiring dengan meningkatnya temperature curing maka aktivitas molekul dan polimerisasi juga meningkat. Proses curing dapat mengurangi terjadinya rongga (voids) sehingga akan menghasilkan material komposit yang berkualitas baik. Proses curing diatas suhu kamar dapat dilakukan menggunakan oven, hot oil, lamp method, steam method, microwave dan metode lainnya, (Malau 2010). Tipe rantai polimer ditunjukkan pada gambar 2.5



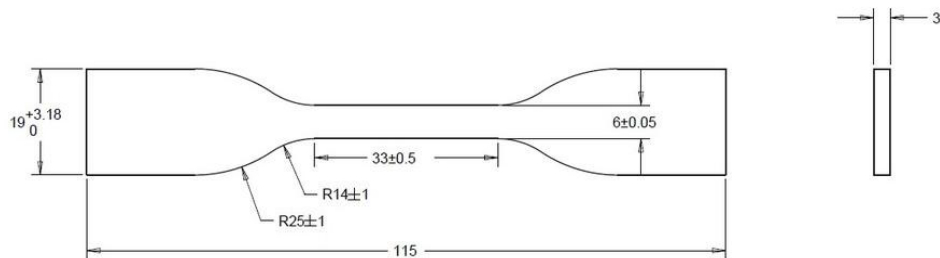
Gambar 2.6 Tipe rantai polimer (a) Linear, (b) Branched, (c) cross-linked, (d) network, (Ritonga 2014).

Proses post curing merupakan suatu proses yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat yang dimiliki oleh komposit. *Post curing* dilakukan dengan cara memanaskan suatu spesimen komposit pada temperatur tertentu, tetapi tidak boleh melebihi sampai glass transition temperature (T_g) atau temperatur sebesar 180°C karena jika melebihi batas T_g akan menyebabkan material komposit menjadi ulet. Pada saat proses *post curing*, molekul-molekul material pada kondisi ini akan menerima lebih banyak energy dan meningkatkan pergerakan molekul-molekul tersebut. Molekul-molekul tersebut tersusun ulang dan membentuk ikatan (*crosslink*) yang menyebabkan material menjadi lebih fleksibel. Ketika material komposit tersebut dalam keadaan dingin maka mobilitas dari molekul-molekul akan turun kembali dan menyebabkan material menjadi kaku kembali. Proses post curing juga menyebabkan material komposit mengalami peningkatan tegangan tekan, (Ritonga 2014)

2.11 Uji Tarik (*tensile test*)

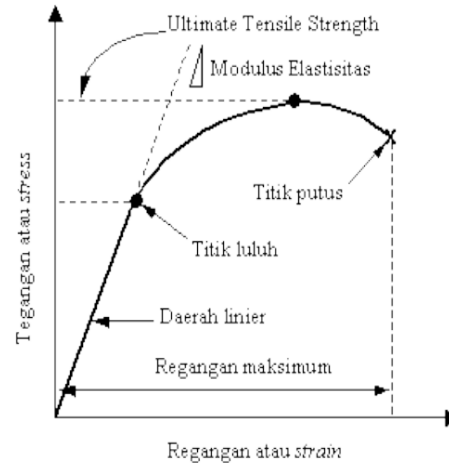
Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan-regangan dan modulus elastisitas komposit dengan cara memberikan pembebanan tarik secara terus-menerus hingga titik maksimum yang menyebabkan spesimen bertambah panjang hingga putus. Pengujian tarik ini menggunakan standard ASTM D 638 IV. Pemilihan standart ASTM D 638 IV karena standart ini digunakan untuk

pengujian material phenolic molded resin atau laminated materials yang ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.7 Geometri Spesimen Uji Tarik (ASTM D 638 IV).

Memberikan pembebanan tarik secara terus-menerus akan menghasilkan data pertambahan panjang benda uji dan pertambahan gaya pembebanan. Dari hasil data tersebut dengan ditambah data teknis spesimen, maka dapat dilakukan analisa tegangan-regangan dan kekuatan tarik sari setiap spesimen. Kurva tegangan-regangan ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.8 Kurva Tegangan-Regangan pengujian tarik. (Surdia, 1995)

Pada saat proses pembuatan awal komposit hingga pengujian tarik, terdapat berbagai rumus yang perlu dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis uji tarik, seperti:

1. Nilai tegangan pada beban tarik dapat dinyatakan dalam persamaan.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

σ = Tegangan normal (Mpa)

F = Gaya yang bekerja (N)

A_0 = Luas penampang yang dikenai beban Tarik (mm²)

2. Nilai regangan pada beban tarik dapat dinyatakan dalam persamaan.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L-L_0}{L_0} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

ε = Regangan

ΔL = Deformasi atau pemanjangan benda uji (mm)

L_0 = Panjang mula-mula (mm)

L = Panjang akhir (mm)

3. Besarnya modulus elastisitas diperoleh dari perbandingan antara nilai tegangan dengan nilai regangan. Berlaku hukum *hooke*, dapat dinyatakan dalam persamaan.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

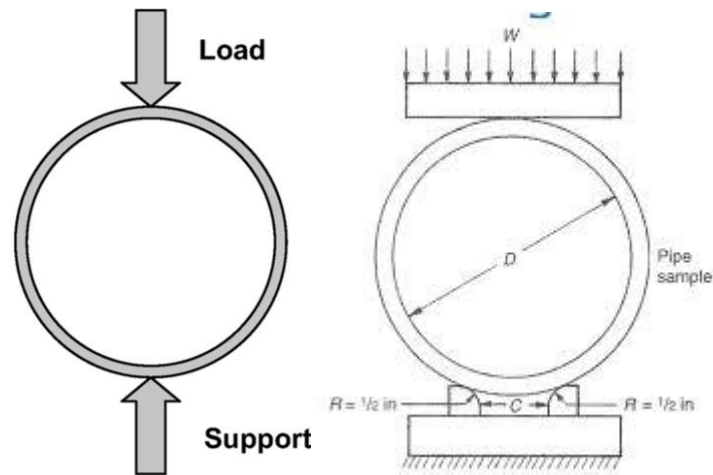
E = Modulus elastisitas (Mpa)

σ = Tegangan normal (Mpa)

ε = Regangan

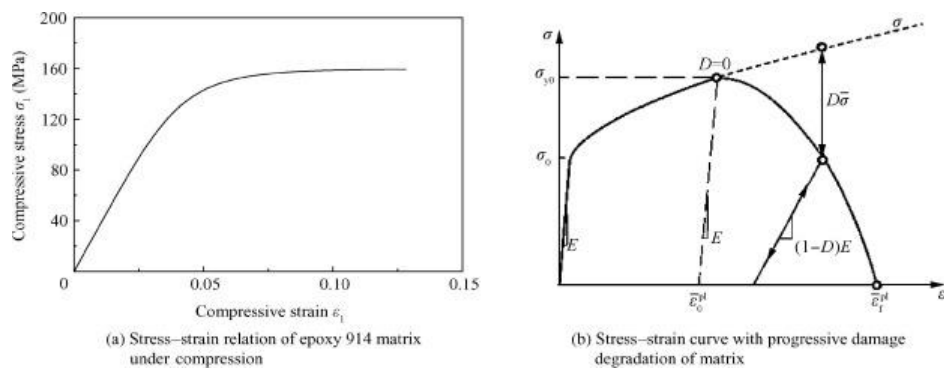
2.12 Uji Tekan (*compression test*)

Pengujian tekan dilakukan untuk mengetahui dan mempelajari suatu material yang terkena beban tekan dengan mengukur parameter yang menentukan perilaku spesimen dibawah beban tekan. Secara skematis, pengujian tekan dapat diilustrasikan pada gambar 2.7.



Gambar 2.9 Geometri Spesimen Uji Tekan (ASTM D 2412).

Hasil dari pengujian tekan sangat penting dalam keperluan rekayasa teknik dan desain rangka produk karena menghasilkan nilai kekuatan dan elastisitas dari material uji yang dapat dilihat dari kurva tegangan-regangan uji tekan seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.10 Kurva Tegangan Regangan.

Kekuatan tekan dapat dihitung dari kurva tegangan-regangan yang diperoleh dari mesin uji tekan. Spesimen yang diuji tekan akan mengalami patah pada batas tekan dan deformasi yang tidak dapat kembali seperti semula. Deformasi tertentu dapat dianggap sebagai batas kekuatan tekan meskipun spesimen belum patah, terutama pada spesimen yang tidak dapat kembali ke bentuk semula (*irreversible*).

Pada pengujian tekan terdapat berbagai rumus yang dapat dicari untuk menentukan sifat mekanis kuat tekan, seperti:

1. Nilai tegangan pada beban tekan dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$\sigma = F/A_0 \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

σ = Tegangan normal (Mpa)

F = Gaya yang bekerja (N)

A_0 = Luas penampang yang dikenai beban tekan (mm²)

2. Nilai regangan pada beban tekan dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$\varepsilon = \Delta_L/L_0 \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

ε = regangan

Δ_L = perubahan panjang (mm)

L_0 = panjang awal (mm)

3. Nilai modulus elastisitas pada beban tekan dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$E = \sigma/\varepsilon \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

E = modulus elastisitas (Mpa)

σ = tegangan normal (Mpa)

ε = regangan tekan