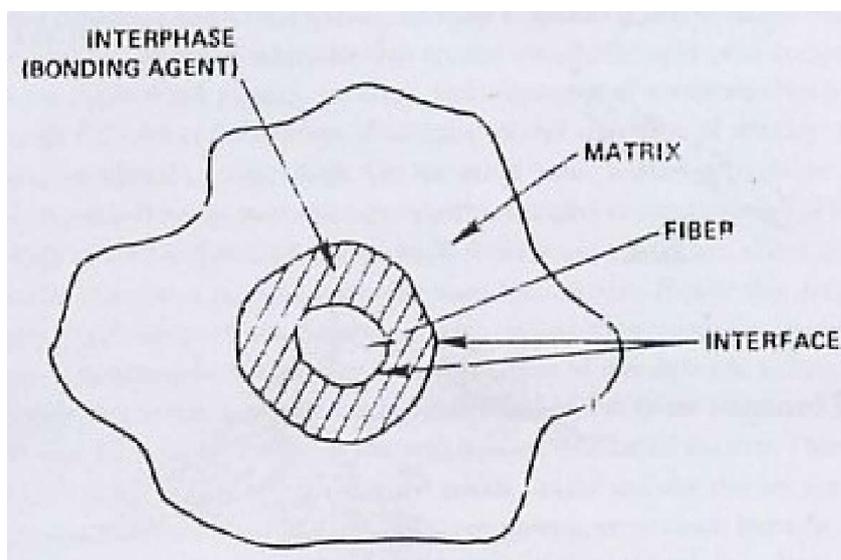


BAB II PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

2.1 Pengertian *Fiberglass/Composite*

Composite adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya.



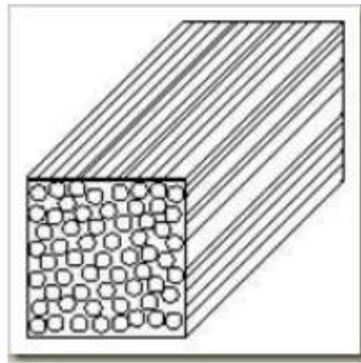
Gambar 2.1. Pengertian Komposit (Ferriawan, 2014)

Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (*modulus Young*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Beberapa lamina komposit dapat ditumpuk dengan arah orientasi serat yang berbeda, gabungan lamina ini disebut sebagai laminat. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

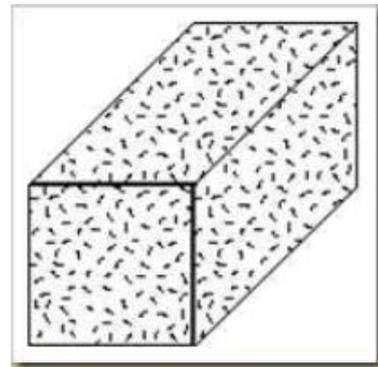
2.1.1 Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih rigid serta lebih kuat, dalam laporan ini penguat komposit yang digunakan yaitu dari Serat gelas acak.

2.1.2 Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah. Secara garis besar ada 5 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu :

- a. *Fibrous Composites* (Komposit Serat). Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat / *fiber*. *Fiber* yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers* (poly aramide), dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.



(a)

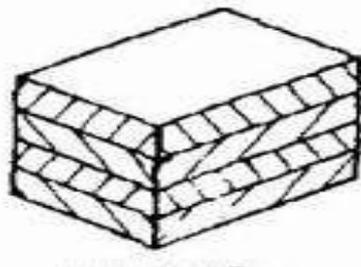


(b)

a) *unidirectional fiber composite* (Nurul, 2016)

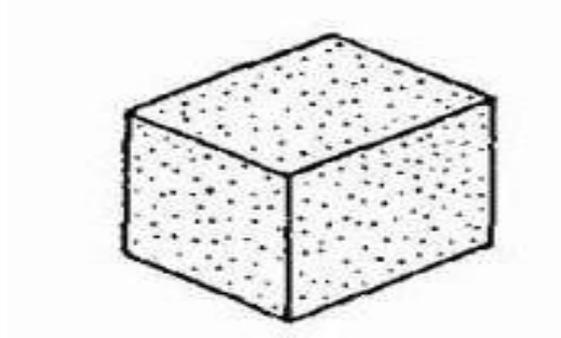
b) *random fiber composite* (Nurul, 2016)

- b. *Laminated Composites* (Komposit Laminat). Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.



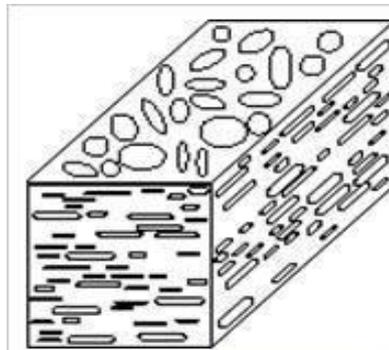
Gambar 2.2. *Laminated Composite* (Sudarman, 2014).

- c. *Particulate Composites* (Komposit Partikel). Merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.



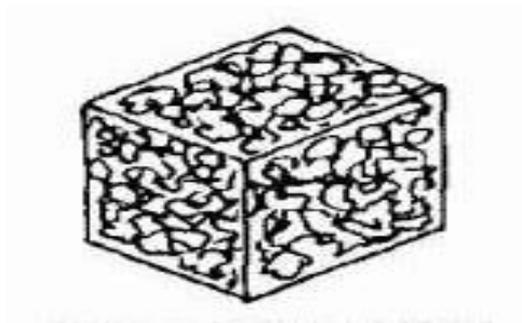
Gambar 2.3. *Particular Composites* (Sudarman, 2014).

- d. *Flake Composites* (Komposit Serpih) merupakan komposit dengan penambahan material berupa serpih kedalam matriksnya. *Flake* dapat berupa serpihan mika dan metal.



Gambar 2.4. *Flake Composite* (Sudarman, 2014).

- e. *Filled composites* (skeletan komposit) adalah komposit dengan penambahan material ke dalam matriks dengan struktur tiga dimensi.



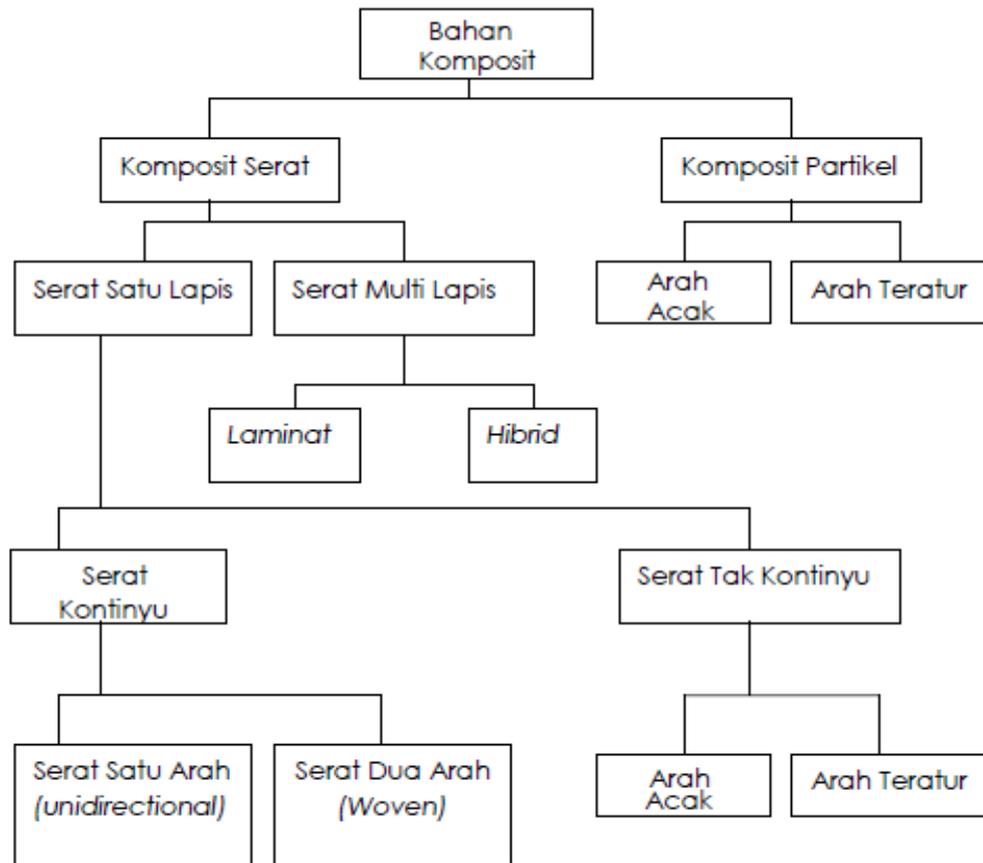
Gambar 2.5. *Filled Composite* (Sudarman, 2014).

Sehingga komposit dapat disimpulkan sebagai dua macam atau lebih material yang digabungkan atau dikombinasikan dalam skala makroskopis (dapat terlihat langsung oleh mata) sehingga menjadi material baru yang lebih berguna. Komposit terdiri dari 2 bagian utama yaitu :

- a. *Matriks* berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung *filler* (pengisi) dari kerusakan eksternal. Matriks yang umum digunakan : *carbon, glass, kevlar*, dll
- b. *Filler* (pengisi), berfungsi sebagai Penguat dari matriks. *Filler* yang umum digunakan : *carbon, glass, aramid, kevlar*.

2.2 Klasifikasi bahan komposit

Bahan komposit dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis, tergantung geometri dan jenis seratnya. Hal ini dapat dimengerti, karena serat merupakan unsur utama dalam bahan komposit tersebut. Secara umum klasifikasi komposit ditunjukkan seperti pada Gambar 2.6:



Gambar 2.6. Klasifikasi bahan komposit (Sudarman, 2014).

2.3 Tujuan dibentuknya komposit adalah:

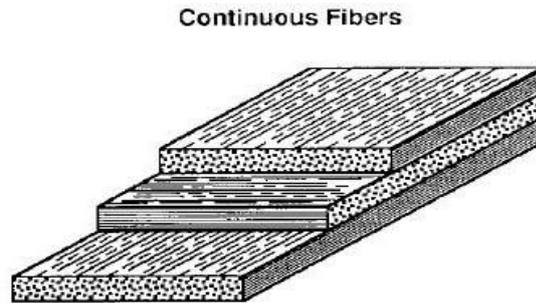
- a. Memperbaiki sifat mekanik dan sifat spesifik tertentu.
- b. Mempermudah design yang sulit pada manufaktur.
- c. Menghemat biaya.
- d. Bahan lebih ringan.

2.4 Tipe Komposit Serat

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

2.4.1 *Continuous Fiber Composite*

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



Gambar 2.7. *Continuous Fiber Composite*. (Gibson, 1994)

2.4.2 *Woven Fiber Composite (bi-directional)*

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

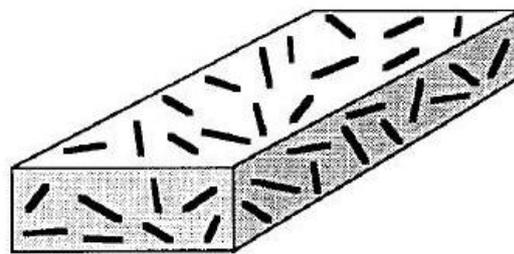
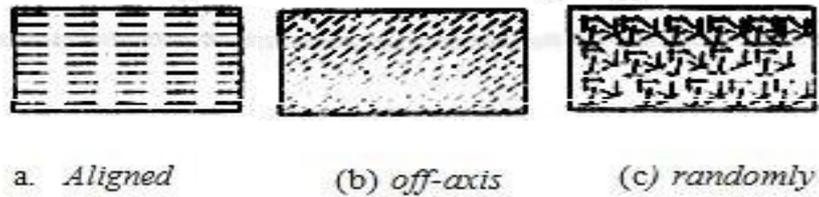


Gambar 2.8. *Woven Fiber Composite*. (Gibson, 1994)

2.4.3 *Discontinuous Fiber Composite*

Discontinuous Fiber Composite adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 :

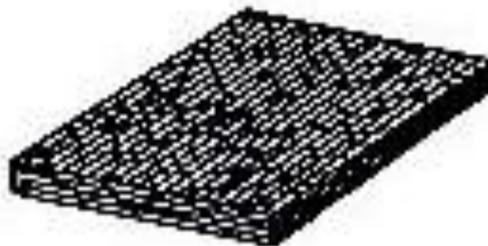
- a. *Aligned discontinuous fiber*
- b. *Off-axis aligned discontinuous fiber*
- c. *Randomly oriented discontinuous fiber*



Gambar 2.9. *Tipe Discontinuous Fiber* (Gibson,1994)

2.4.4 *Hybrid Fiber Composite*

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



Gambar 2.10. *Hybrid Fiber Composite* (Gibson, 1994)

2.5 Kelebihan Material Komposit

Material komposit mempunyai beberapa kelebihan berbanding dengan bahan konvensional seperti logam. Kelebihan tersebut pada umumnya dapat dilihat dari beberapa sudut yang penting seperti sifat-sifat mekanikal dan fisikal dan biaya. Seperti yang diuraikan dibawah ini :

- a. Sifat-sifat mekanikal dan fisikal Pada umumnya pemilihan bahan matriks dan serat memainkan peranan penting dalam menentukan sifat-sifat mekanik dan sifat komposit. Gabungan matriks dan serat dapat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dari bahan konvensional seperti keluli.
- b. Biaya Faktor biaya juga memainkan peranan yang sangat penting dalam membantu perkembangan industri komposit. Biaya yang berkaitan erat dengan penghasilan suatu produk yang seharusnya memperhitungkan beberapa aspek seperti biaya bahan mentah, pemrosesan, tenaga manusia, dan sebagainya.

2.6 Karakteristik Material Komposit

1. Sifat – sifat Material Komposit

Dalam pembuatan sebuah material komposit, suatu pengkombinasian optimum dari sifat-sifat bahan penyusunnya untuk mendapatkan sifat-sifat tunggal sangat diharapkan. Beberapa material komposit polymer diperkuat serbuk yang memiliki kombinasi sifat-sifat yang ringan, kaku, kuat dan mempunyai nilai kekerasan yang cukup tinggi. Disamping itu juga sifat dari material komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu material yang digunakan sebagai bentuk komponen dalam komposit, bentuk geometri dari unsur-unsur pokok dan akibat struktur dari sistem komposit, cara dimana bentuk satu mempengaruhi bentuk lainnya Menurut Agarwal dan Broutman, menyatakan bahwa bahan komposit mempunyai ciri-ciri yang berbeda dan komposisi untuk menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat dan ciri tertentu yang berbeda dari sifat dan ciri konstituen asalnya. Disamping itu konstituen asal masi kekal dan dihubungkan melalui suatu antara muka. Dengan kata lain, bahan komposit adalah bahan yang *heterogen* yang terdiri dari fasa yang tersebar dan fasa yang berterusan. Fasa tersebar selalu

terdiri dari serat atau bahan penguat, manakalah yang berterusannya terdiri dari matriks.

2.6.1 Reinforcement

Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Serat (*fiber*) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu :

- a. Serat Alami
- b. Serat Sintesis (serat buatan manusia)

2.6.2 Jenis-jenis serat

Jenis-jenis serat yang banyak tersedia untuk menggunakan komposit dan jumlahnya hampir meningkat. Kekakuan spesifik yang tinggi (kekakuan dibagi oleh berat jenisnya) dan kekuata spesifik yang tinggi (kekuatan dibagi oleh berat jenisnya) serat-serat tersebut yang disebut *Advanced Composit* . pembahasan yang mendalam dari jenis-jenis serat dan cara-cara pembuatannya dapat ditemukan dalam buku.

2.6.3 Serat gelas

Glass fiber adalah bahan yang tidak mudah terbakar. Serat jenis ini biasanya digunakan sebagai penguat matrik jenis *polymer*. Komposisi kimia serat gelas sebagain besar adalah SiO_2 dan sisanya adalah oksidaoksida alumunium (Al), kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), dan unsur-unsur lainnya. Berdasarkan bentuknya serat gelas dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain :

- a. *Roving*, berupa benang panjang yang digulung mengelilingi silinder.



Gambar 2.11. Serat gelas *roving* (Sudarman, 2014).

- b. *Yarn*, berupa bentuk benang yang lekat dihubungkan pada filamen.



Gambar 2.12. Serat gelas *yarn* (Sudarman, 2014).

- c. *Chopped Strand*, adalah *strand* yang dipotong-potong dengan ukuran tertentu kemudian digabung menjadi satu ikatan.



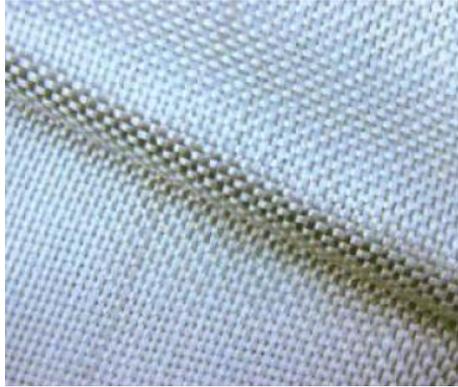
Gambar 2.13. Serat gelas *chopped strand* (Sudarman, 2014).

- d. *Reinforcing Mat*, berupa lembaran *chopped strand* dan *continuous strand* yang tersusun secara acak.



Gambar 2.14. Serat gelas *reinforcing mat* (Sudarman, 2014).

- e. *Woven Roving*, berupa benang panjang yang dianyam dan digulung pada silinder



Gambar 2.15. Serat gelas *woven roving* (Sudarman, 2014).

- f. *Woven Fabric*, berupa serat yang dianyam seperti kain tenun.



Gambar 2.16. Serat gelas *woven fabric* (Sudarman, 2014).

Berdasarkan jenisnya serat gelas dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain :

- a. Serat E-Glass

Serat E-Glass adalah salah satu jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi. Jenis ini mempunyai kemampuan bentuk yang baik.

- b. Serat C-Glass

Serat C-Glass adalah jenis serat yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap korosi.

- c. Serat S-Glass

Serat S-Glass adalah jenis serat yang mempunyai kekakuan yang tinggi.

Tabel 2.1. Sifat-sifat serat gelas (Nurul, 2016).

No	Jenis serat		
	E-glas	C-Glas	S-Glas
1	Isolator listrik yg baik	Tahan terhadap korosi	Modulus lebih tinggi
2	Kekuatan tinggi	Kekuatan lebih rendah dari E-glas	Lebih tahan terhadap suhu tinggi
3	Kekuatan tinggi	Harga lebih mahal dari E-Glas	Harga lebih mahal dari E-Glas

Tabel 2.2 Komposisi senyawa kimia serat gelas (Nurul, 2016).

Senyawa Kimia	E-Glas	C-Glas	S-Glas
SiO ₂	55.2	65	65
Al ₂ O ₃	8	4	25
CaO	18.7	14	-
MgO	4.6	3	10
NaO ₂	0.3	8.5	0.3
K ₂ O	0.2	-	-
B ₂ O ₃	7.3	5	-

Keterangan:

SiO ₂	= Silica	NaO ₂	= Natrium Oksida
Al ₂ O ₃	= Alumina	B ₂ O ₃	= Boron Oksida
Fe ₂ O ₃	= Besi Oksida	K ₂ O	= Kalium Oksida
CaO	= Calcium Oksida	BaO	= Boron Oksida
MgO	= Magnesium Oksida		

2.6.4 Matrik

Matrik adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matrik mempunyai fungsi sebagai berikut :

- a) Mentransfer tegangan ke serat secara merata.
- b) Melindungi serat dari gesekan mekanik.
- c) Memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
- d) Melindungi dari lingkungan yang merugikan.
- e) Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Sifat-sifat matrik :

- a) Sifat mekanis yang baik.
- b) Kekuatan ikatan yang baik.
- c) Ketangguhan yang baik.
- d) Tahan terhadap temperatur.

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

1. Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites – PMC*)

Bahan ini merupakan bahan komposit yang sering digunakan, biasa disebut polimer berpenguat serat (*FRP – Fibre Reinforced Polymers or Plastics*). Bahan ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriknya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (Kevlar) sebagai penguatannya. Komposit ini bersifat :

- 1) Biaya pembuatan lebih rendah
- 2) Dapat dibuat dengan produksi massal
- 3) Ketangguhan baik
- 4) Tahan simpan
- 5) Siklus pabrikan dapat dipersingkat
- 6) Kemampuan mengikuti bentuk
- 7) Lebih ringan.

Jenis polimer yang sering digunakan :

1. *Thermoplastic*

Thermoplastic adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan polimer yang akan menjadi keras apabila didinginkan. *Thermoplastic* akan meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (*reversibel*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh dari *thermoplastic* yaitu Poliester, Nylon 66, PP, PTFE, PET, Polieter sulfon, PES, dan Polieter eterketon (PEEK).

2. *Thermoset*

Thermoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Adapun jenis-jenis resin yaitu resin bening (108), resin 3126, resin 157 BQTN. *Thermoset* tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya jauh lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat *thermoplastic*. Contoh dari *thermoset* yaitu Epoksida, Bismaleimida (BMI), dan Poli-imida (PI).

Aplikasi PMC yaitu sebagai berikut :

- 1) Matrik berbasis termoplastik dengan serat gelas (kotak air radiator)
- 2) Matriks berbasis polister dengan serat gelas
 - a) Alat-alat rumah tangga
 - b) Panel pintu kendaraan
 - c) Lemari perkantoran
 - d) Peralatan elektronika.
- 3) Matrik berbasis termoset dengan serat carbon
 - a) Rotor helikopter
 - b) Komponen ruang angkasa
 - c) Rantai pesawat terbang

2. Komposit Matrik Keramik (*Ceramics Matrix Composites* – CMC)

Bahan ini menggunakan keramik sebagai matrik dan diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (*whiskers*) dimana terbuat dari *silikon karbida* atau *boron nitride*.

1. Matrik yang sering digunakan pada CMC adalah
 - a) Gelas anorganik.
 - b) Keramik gelas
 - c) Alumina
 - d) Silikon Nitrida
2. Keuntungan dari CMC :
 - a) Dimensinya stabil bahkan lebih stabil daripada logam
 - b) Sangat tangguh , bahkan hampir sama dengan ketangguhan dari *cast iron*
 - c) Mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus
 - d) Unsur kimianya stabil pada temperature tinggi
 - e) Tahan pada temperatur tinggi (creep)
 - f) Kekuatan & ketangguhan tinggi, dan ketahanan korosi
3. Kerugian dari CMC :
 - a) Sulit untuk diproduksi dalam jumlah besar
 - b) Relative mahal dan non-cot effective
 - c) Hanya untuk aplikasi tertentu
4. Aplikasi CMC, yaitu sebagai berikut :
 - a) Chemical processing = Filters, membranes, seals, liners, piping, hangers
 - b) Power generation = Combustors, Vanrs, Nozzles, Recuperators, heat exchange tubes, liner
 - c) Waste inineration = Furnace part, burners, heat pipes, filters, sensors.
 - d) Kombinasi dalam rekayasa whisker SiC/alumina polikristalin untuk perkakas potong.
 - e) Serat grafit/gelas boron silikat untuk alas cermin laser.

- f) Grafit/keramik gelas untuk bantalan,perapat dan lem.
- g) SiC/litium aluminosilikat (LAS) untuk calon material mesin panas.

3. Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites* – MMC)

Bahan ini menggunakan suatu logam seperti alumunium sebagai matriks dan penguatnya dengan serat seperti *silikon karbida*.

- 1) Kelebihan MMC dibandingkan dengan PMC :
 - a. Transfer tegangan dan regangan yang baik.
 - b. Ketahanan terhadap temperature tinggi
 - c. Tidak menyerap kelembapan.
 - d. Tidak mudah terbakar.
 - e. Kekuatan tekan dan geser yang baik
 - f. Ketahanan aus dan muai termal yang lebih baik
- 2) Kekurangan MMC :
 - a. Biayanya mahal
 - b. Standarisasi material dan proses yang sedikit
- 3) Matrik pada MMC :
 - a. Mempunyai keuletan yang tinggi
 - b. Mempunyai titik lebur yang rendah
 - c. Mempunyai densitas yang rendah
- 4) Proses pembuatan MMC :
 - a. Powder metallurgy
 - b. Casting/liquid ilfiltration
 - c. Compocasting
 - d. Squeeze casting
- 5) Aplikasi MMC, yaitu sebagai berikut :
 - a. Komponen automotif (blok-silinder-mesin,pully,poros,dll)
 - b. Peralatan militer (sudu turbin,cakram kompresor,dll)
 - c. *Aircraft* (rak listrik pada pesawat terbang)

2.7 Bahan - bahan Pembentuk Komposit

Bahan pembuat *fiberglass* pada umumnya terdiri dari 11 macam bahan, 6 macam sebagai bahan utama dan 5 macam sebagai bahan finishing. Sebagai bahan utama yaitu erosil, pigmen, resin, katalis, talk, sedangkan sebagai bahan finishing antara lain : aseton, PVA, mirror, cobalt, dan dempul.

1. Aerosil

Bahan ini berbentuk bubuk sangat halus seperti bedak bayi berwarna putih. Berfungsi sebagai perekat mat agar *fiberglass* menjadi kuat dan tidak mudah patah/pecah.



Gambar 2.17. Aerosil

2. Pigment

Pigment adalah zat pewarna sebagai pencampur saat bahan *fiberglass* dicampur. Pemilihan warna disesuaikan dengan selera pembuatnya. Pada umumnya pemilihan warna untuk mempermudah proses akhir saat pengecatan.



Gambar 2.18. Pigment

3. Resin

Bahan ini berwujud cairan kental seperti lem, berkelir hitam atau bening. Berfungsi untuk mencairkan/ melarutkan sekaligus juga mengeraskan semua bahan yang akan dicampur. Biasanya bahan ini dijual dalam literan atau dikemas dalam kaleng.



Gambar 2.19. Resin

4. Katalis (Hardener)

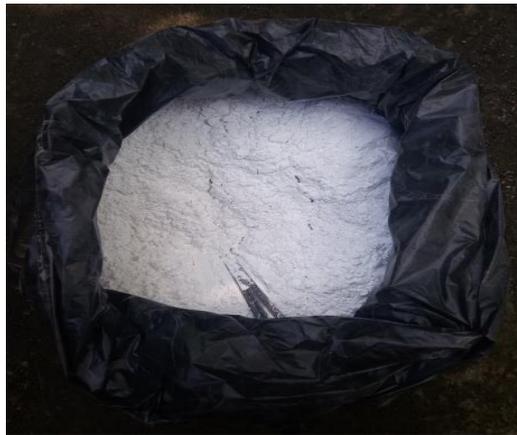
Zat ini berwarna bening dan berfungsi sebagai pengencer. Zat kimia ini biasanya dijual bersamaan dengan resin, dan dalam bentuk pasta. Perbandingannya adalah resin 1 liter dan katalisnya 1/40 liter



Gambar 2.20 Katalis (hardener)

5. Bubuk bedak industry (*talca powder industry*)

Sesuai dengan namanya bahan ini berupa bubuk berwarna putih seperti sagu. Berfungsi sebagai campuran adonan *fiberglass* agar keras dan agak lentur.



Gambar 2.21 Talca

6. Mat

Bahan ini berupa anyaman mirip kain dan terdiri dari beberapa model, dari model anyaman halus sampai dengan anyaman yang kasar atau besar dan jarang-jarang. Berfungsi sebagai pelapis campuran adonan dasar *fiberglass*, sehingga sewaktu unsur kimia tersebut bersenyawa dan mengeras, mat berfungsi sebagai pengikatnya. Akibatnya *fiberglass* menjadi kuat dan tidak getas.



Gambar 2.22. Mat

7. *Mirror glaze* dan MAA

Sesuai namanya, manfaatnya hampir sama dengan PVA, yaitu menimbulkan efek licin. Bahan ini berwujud pasta dan mempunyai warna bermacam macam.



Gambar 2.23. *Mirror glaze* dan MAA

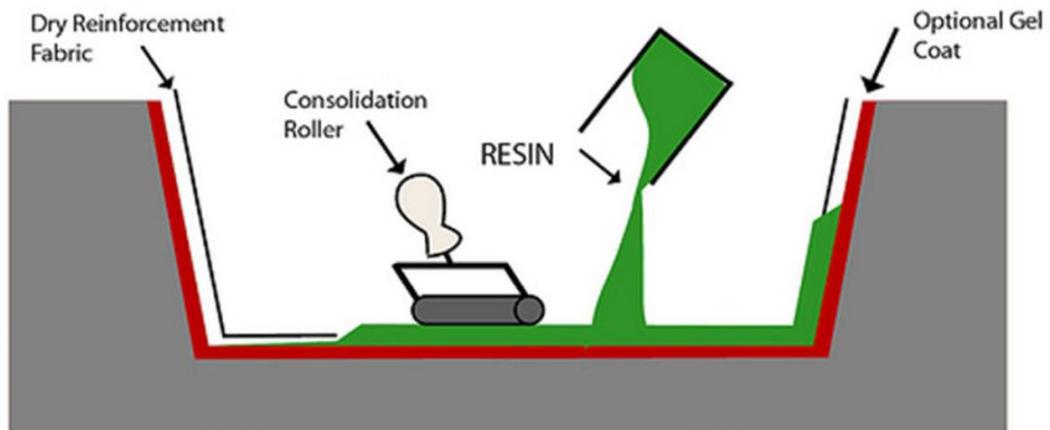
8. Dempul *fiberglass/gealcoat*

Setelah hasil cetakan terbentuk dan dilakukan pengamplasan, permukaan yang tidak rata dan berpori-pori perlu dilakukan pendempulan. Tujuannya agar permukaan *fiberglass* hasil cetakan menjadi lebih halus dan rata sehingga siap dilakukan pengerjaan lebih lanjut.

2.8 Metode Pembuatan Komposit

proses pembuatan komposit sangat beraneka ragam dari yang paling sederhana sampai dengan yang kompleks dengan system komputerisasi. Setiap proses mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Ada berbagai macam proses yang dapat di gunakan untuk membuat komposit antara lain metode *Han Lay-Up*, metode *Spray-Up*, metode *Vacuum Bagging* (Gibson 1994).

Proses *Hand Lay-Up* (HLU) merupakan proses laminasi serat secara manual, dimana merupakan metode pertama yang digunakan pada pembuatan komposit. Cetakan yang banyak digunakan adalah plastik dengan penguatan serat. Ilustrasi proses pembuatan komposit dengan cara *Han Lay-Up* dapat di lihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.24. proses pembuatan komposit dengan metode *han lay-up*

(Ferriawan, 2014)

Hand lay-up adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Adapun proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan ke dalam serat berbentuk anyam, rajuan dan lain-lain. Kemudian memberikan tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Hingga ketebalan yang diinginkan tercapai.

Kelebihan metode *Hand Lay-Up* yaitu :

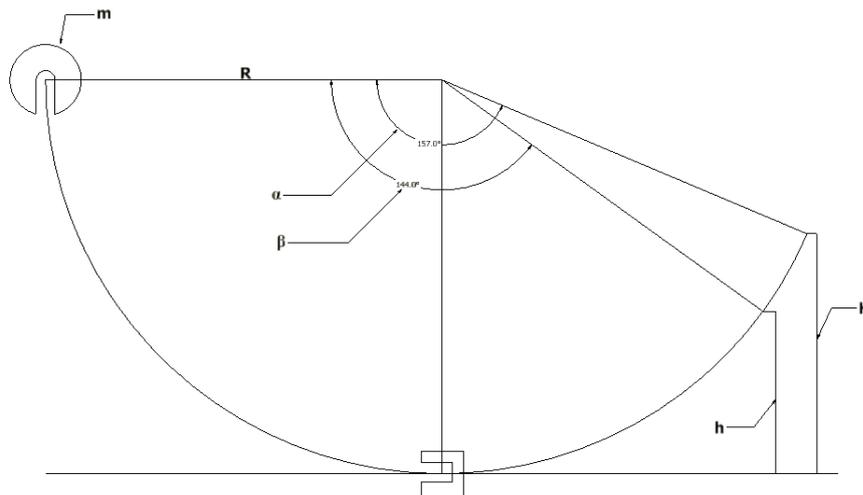
- Mudah dalam pencetakan atau dalam pengerjaanya.
- Cocok digunakan untuk pencetakan komponen yang besar.
- Volumanya rendah.

Aplikasi dari pembuatan produk komposit menggunakan *Hand Lay-Up* ini biasanya digunakan pada material atau komponen yang sangat besar, seperti :

- Pembuatan kapal
- Bodi kendaraan
- Bilah turbin angin
- Perahu

2.9 Kekuatan Impak Komposit

bahan komposit juga bisa dilakukan pengujian impact. Pengujian impact adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun pada ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi.



Gambar 2.28 Skema pengujian impact charpy (Ferriawan, 2014)

Rumusan yang digunakan untuk menghitung besarnya energi yang terserap oleh komposit pada pengujian impact charpy adalah :

(ASTM D 5896) : *Energi serap* = $G \cdot R [\cos \beta - \cos \alpha]$ Dari hasil perhitungan energi terserap tersebut diatas, besarnya kekuatan impact dapat dihitung dengan

persamaan (ASTM D 5896) : $\text{Keuletan } (\omega) = - \frac{Ech}{A}$ pers (1)

Dimana:

Keuletan (ω) = Kekuatan impact (J/mm²)

Ech = Energi serap spesimen (joule)

A = Luas penampang spesimen (mm²)