

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Kekuatan tekan beton merupakan salah satu andalan utama bahan ini. Kekuatan (*strength*) adalah kemampuan suatu bahan untuk memikul tegangan (*stress*) sampai runtuh. Dalam beton proses keruntuhan ditandai dengan terjadinya retak-retak mikro.

Nilai kuat tekan beton relatif lebih tinggi dibandingkan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Kuat tarik beton umumnya hanya mencapai 10% - 15% dari kuat tekan beton. (Maryoto, Lie, & Purwanto, 2018). Sehingga umumnya beton diperkuat dengan penambahan tulangan baja dengan asumsi bahwa kedua material bekerjasama dalam menahan gaya yang bekerja dimana tulangan baja menahan gaya tarik dan beton hanya menerima gaya tekan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu bahan-bahan campuran beton, cara-cara persiapan, perawatan dan keadaan pada saat dilakukan percobaan. Setiap bahan campuran beton tersebut mempunyai variasi sifat yang dipengaruhi oleh beberapa faktor alami yang tidak dapat dihindarkan, namun dengan mengetahui sifat-sifat bahan baku, maka dapat diketahui kebutuhan dari masing-masing bahan baku dan beberapa kekuatan yang dicapainya.

2.1.1 Jenis Dan Sifat Fisik Beton

Berdasarkan massa jenis beton dibedakan menjadi:

- A. *Normal weight concrete*: beton jenis ini akan mempunyai massa jenis, $\gamma = \pm 2400 \text{ kg/m}^3$. Beton ini adalah yang paling umum digunakan.
- B. *Light weight concrete*: bila dibutuhkan rasio kuat terhadap berat yang tinggi. Untuk mencapai beton dengan massa jenis rendah, kita akan gunakan agregat ringan. Massa jenis beton ringan sekitar $\gamma < 1800 \text{ kg/m}^3$.
- C. *Heavy weight concrete*: beton ini digunakan pada kondisi khusus, seperti misalnya untuk perlindungan radiasi, atau struktur yang mengandalkan berat

D. konstruksi (Pemecah gelombang, pondasi blok). Massa jenis beton berat adalah $\gamma > 3200 \text{ kg/m}^3$. Beton berat diproduksi dengan menggunakan agregat berat, atau biji besi sebagai material penyusun.

Berdasarkan kekuatan tekan, beton dibedakan menjadi:

- A. Beton mutu rendah, memiliki kuat tekan karakteristik $f'c < 20 \text{ MPa}$.
- B. Beton normal (beton biasa) memiliki kuat tekan karakteristik $20 \leq f'c \leq 40 \text{ MPa}$.
- C. Beton mutu tinggi memiliki kuat tekan karakteristik $f'c > 40 \text{ MPa}$.

Selain itu perkembangan teknologi beton sekarang menghasilkan beragam jenis beton “modifikasi” seperti *fiber concrete*, *expansive concrete*, *high performance concrete*, dan lain-lain.

2.2 Bahan Penyusun Beton

2.2.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif (*adhesive*) dan kohesif (*cohesive*) yang memungkinkan melekatkan fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Semen terbuat dari bahan utama *limestone* yang mengandung kalsium oksida (CaO), dan lemoung yang mengandung silika dioksida (SiO₂) sertal aluminium oksida (Al₂O₃). Adapun beberapa jenis semen antara lain:

- A. Tipe I, adalah semen *Portland* standar yang digunakan untuk semua bangunan beton yang tidak mengalami perubahan cuaca yang drastis ataupun dibangun dalam lingkungan yang agresif.
- B. Tipe II, adalah semen *Portland* yang digunakan untuk konstruksi pembetonan massa seperti dam, yang panas hidrasinya tertahan dalam bangunan untuk jangka waktu yang lama. Bila semen yang digunakan adalah semen standar, maka saat proses pendinginan akan timbul tegangan-tegangan akibat perubahan suhu yang dapat mengakibatkan retak-retak pada bangunan. Untuk itu diperlukan semen khusus, yaitu tipe II, yaitu semen yang dapat mengeluarkan panas hidrasi rendah disertai kecepatan penyebaran yang

rendah juga. Semen tipe II ini disebut juga dengan *Modified Portland Cement* yang memiliki ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi.

- C. Tipe III, adalah jenis semen *Portland* yang cepat mengeras, yang cocok untuk pengecoran beton pada suhu rendah. Pada proses produksi, butiran semen tipe III ini digiling lebih halus untuk mempercepat proses hidrasi, yang diikuti percepatan pengerasan serta percepatan penambahan kekuatan. Kekuatan tekan 3 hari semen tipe III adalah sama dengan kekuatan tekan semen tipe I pada umur 7 hari. Panas hidrasi semen tipe III memiliki panas hidrasi 50% lebih tinggi daripada semen tipe I. Semen ini memiliki kekuatan awal tinggi dan biasanya digunakan untuk konstruksi jalan.
- D. Tipe IV, adalah jenis semen *Portland* yang menimbulkan panas hidrasi rendah dengan persentasi maksimum untuk C₂S sebesar 35%, C₃A sebesar 7%, dan C₃S sebesar 40%. Tipe ini tidak lagi banyak diproduksi karena digantikan oleh tipe II.
- E. Tipe V, adalah jenis semen *Portland* yang bersifat tahan terhadap serangan sulfat dan mengeluarkan panas. Bangunan beton yang didirikan di daerah pasang surut dan besar kemungkinannya terserang serangan sulfat dianjurkan memakai semen tipe V.

2.2.2 Agregat

Agregat terbagi atas agregat kasar dan halus. Pada umumnya penggunaan bahan agregat dalam campuran beton mencapai jumlah $\pm 70\% - 75\%$ dari seluruh volume massa padat beton. Untuk mencapai kuat beton yang baik perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena pada umumnya semakin padat dan keras massa agregat, maka akan semakin tinggi kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton.

Pasir merupakan agregat halus yang mempunyai ukuran diameter 1 mm – 5 mm pasir yang digunakan sebagai bahan beton harus memenuhi syarat berikut:

- A. Berbutir tajam dan keras.
- B. Bersifat kekal, yaitu tidak mudah lapuk/hancur oleh perubahan cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

- C. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat keringnya, jika kandungan lumpur lebih dari 5%, maka pasir tersebut harus dicuci.
- D. Tidak boleh digunakan pasir laut (kecuali dengan petunjuk staf ahli), karena pasir laut ini banyak mengandung garam yang dapat merusak beton/baja tulangan.

Kerikil merupakan agregat kasar yang mempunyai ukuran diameter 5 mm – 40 mm. Sebagai pengganti kerikil dapat pula dipakai batu pecah (*split*). Kerikil atau batu pecah yang mempunyai ukuran diameter lebih dari 40 mm tidak baik untuk pembuatan beton. Kerikil atau batu pecah yang digunakan sebagai bahan beton harus memenuhi syarat berikut:

- A. Bersifat padat dan keras, tidak berpori.
- B. Harus bersih, tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Jika kandungan lumpur lebih dari 1% maka kerikil/batu pecah harus dicuci terlebih dahulu.

2.2.3 Bahan Campuran

Selain semen, agregat halus, agregat kasar dan air, bahan-bahan lain yang dikenal sebagai campuran (*admixture*) dapat ditambahkan ke campuran beton segera sebelum atau ketika sedang mencampur. Campuran dapat merubah sifat dari beton agar dapat berfungsi lebih baik atau agar lebih ekonomis. Beberapa kegunaan penting dari campuran adalah sebagai berikut:

- A. Meningkatkan daya tahan terhadap mutu beton.
- B. Meningkatkan kelayakan tanpa menambahkan kadar air atau untuk mengurangi kadar air dengan kelayakan yang sama.
- C. Untuk mempercepat perkembangan kekuatan pada usia dini.
- D. Memperlambat kenaikan suhu.
- E. Meningkatkan kekuatan.

2.3 Kuat Lentur Beton

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang

diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam *Mega Pascal* (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI, 1997).

Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar (Sulistiawan & D, 2012).

Sistem pembebanan pada pengujian tarik lentur, yaitu benda uji dibebani sedemikian rupa sehingga hanya akan mengalami keruntuhan akibat lentur murni. Kuat lentur dihitung menggunakan Persamaan

1. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut.

$$\sigma_1 = \frac{P.L}{bh^2} \quad (2.1)$$

2. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut.

$$\sigma_1 = \frac{P.a}{bh^2} \quad (2.2)$$

Dimana :

- σ = kuat lentur benda uji (MPa / N/mm²)
- P = adalah beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka di belakang koma) (Newton)
- L = adalah jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)
- b = adalah lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- a = adalah jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)

2.4 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air terhadap semen merupakan faktor utama dalam penentuan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air-semen, semakin tinggi kekuatan tekan beton. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi di dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pengerjaan, tetapi akan menurunkan kekuatan. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Namun nilai kuat tekan beton dengan kuat tariknya tidak berbanding lurus. Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai oleh peningkatan yang kecil dari kuat tariknya. Nilai kuat tarik beton berkisar antara 9% - 15% dari nilai kuat tekannya (Mulyono, 2004).

Kuat tekan dihitung menggunakan Persamaan

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (2.3)$$

Keterangan :

f'_c = kuat tekan benda uji (MPa / N/mm²)

P = beban maksimum (Newton)

A = luas penampang benda uji (mm²)

Sifat bahan beton yang hanya mempunyai nilai kuat tarik relatif rendah maka pada umumnya hanya diperhitungkan bekerja dengan baik di daerah tekan pada penampangnya, dan hubungan tegangan-regangan yang timbul karena pengaruh gaya tekan tersebut digunakan sebagai dasar pertimbangan.

Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan tekan maksimum f'_c dengan satuan N/mm² atau MPa (*Mega Pascal*). Untuk struktur beton bertulang pada umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan berkisar antara 17 – 30 MPa, sedangkan untuk beton prategangan digunakan beton dengan kuat tekan lebih tinggi, berkisar antara 30 – 45 MPa. Mutu beton dibedakan atas 3 macam

menurut kuat tekannya, yaitu :

1. Mutu beton dengan f_c' kurang dari 10 MPa, digunakan untuk beton non struktur (misalnya: kolom praktis, balok praktis).
2. Mutu beton dengan f_c' antara 10 MPa sampai 20 MPa, digunakan untuk beton struktur (misalnya : balok, kolom, pelat, pondasi).
3. Mutu beton dengan f_c' sebesar 20 MPa ke atas, digunakan untuk struktur beton yang direncanakan tahan gempa.

2.5 Metode Perkuatan Struktur

Perkuatan pada struktur biasanya perlu dilakukan karena adanya:

- A. Perubahan fungsi suatu bangunan.
- B. Bertambahnya nilai keamanan pada suatu bangunan (*safety requirement*).
- C. Terjadinya kerusakan yang bukan akibat bencana alam.
- D. Desain yang kurang baik.
- E. Konstruksi yang kurang baik.
- F. Korosi pada tulangan.
- G. Material yang kurang baik.
- H. Faktor lingkungan.

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu agar dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberikan perkuatan penulangan yang terutama berfungsi untuk menahan gaya tarik yang bakal timbul di dalam struktur.

Pada umumnya metode yang dapat digunakan dalam perkuatan struktur beton berguna untuk meningkatkan kapasitas lentur atau menambah daktilitas. Kapasitas lentur pada struktur beton dapat meningkat apabila perkuatannya menggunakan beton atau bungkus pelat baja. Bertambahnya daktilitas akan meningkatkan kuat geser sehingga dapat mengantisipasi kelemahan tarik pada beton. Berbagai metode yang umum dilakukan dalam usaha perkuatan struktur beton antara lain:

- A. Memperpendek maupun mempertinggi struktur dengan konstruksi beton tambahan.

- B. Memperbesar dimensi pada konstruksi beton.
- C. Penggantian struktur dengan eksisting baru.
- D. Menambah jumlah tulangan pada struktur beton dan memperbesar dimensi struktur beton (*Externally reinforcement*).
- E. Dengan memberikan lapisan luar pada struktur. Biasanya bahan yang digunakan adalah *FRP (Fiber Reinforced Polymer)*.

2.5.1 Reinforced Concrete Jacketing

Concrete Jacketing merupakan salah satu teknik yang paling sering digunakan untuk memperbaiki & memperkuat struktur beton bertulang yang mengalami non kerusakan dan kerusakan. Konsep dasar metode ini adalah pembesaran dimensi dan penambahan tulangan pada elemen struktur tersebut untuk meningkatkan kinerja elemen tersebut. Pembesaran tersebut dilakukan dengan *jacketing*. *Jacketing* dari bahan beton telah terbukti sebagai sebuah solusi perkuatan yang efektif untuk meningkatkan kinerja seismik kolom.

Metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan, adapun sebagai berikut:

- A. Kelebihan:
 - 1) Mampu meningkatkan daktilitas struktur dan kekuatan struktur (kapasitas aksial, kapasitas lentur, dan kemampuan geser).
 - 2) Mampu menambah kekuatan struktur.
 - 3) Mampu meningkatkan stabilitas struktur.
 - 4) Biaya lebih ekonomis dibandingkan metode perkuatan lainnya.
- B. Kekurangan:
 - 1) Ukuran kolom yang dipasang perkuatan akan menjadi lebih besar.
 - 2) Jika penempatan *concrete jacketing* ini tidak diperhatikan dengan baik maka dapat menyebabkan penyebaran kekakuan yang tidak merata.
 - 3) Kemampuan kapasitas dari *concrete jacketing* lebih rendah dibandingkan perkuatan dengan *steel jacketing, CFRP, CFRP, AFRP*.

Pada pelaksanaannya, sering menggunakan bahan beton encer/cair. Diberikan tambahan *additive bonding* pada selimut beton yang dikelupas dengan tujuan memberikan daya lekat antara beton lama dengan beton baru. Ketika

adanya pelapisan pada beton lama dengan beton baru, maka penyusutan akan tertahan. Hal ini akan membuat terjadinya tegangan tarik pada beton baru.

2.5.2 *Steel Jacketing / Steel Plate Bonding*

Metode *steel jacketing* dilakukan dengan menambahkan plat baja pada pelapisan konstruksi beton, penambahan ini berupaya untuk menambah kapasitas geser sehingga dapat mengantisipasi keruntuhan karena kesalahan pada perencanaan. Dengan peningkatan kapasitas geser pada kolom tersebut maka akan meningkatkan kemampuan struktur dalam melakukan deformasi.

2.5.3 Metode Perkuatan *FRP (Fiber Reinforced Polymer)*

Metode ini merupakan metode penambahan lapisan serat/*fiber* di luar lapisan beton guna untuk memperbesar kapasitas aksial yang dapat dipikul oleh beton. Diperlukan *Epoxy* sebagai perekat dan *fiber* untuk melaksanakan perkuatan dengan metode *Fiber Reinforced Polymer*.

Perkuatan kolom dengan menggunakan metode *Fiber Reinforced Polymer* memberikan kemudahan dari banyak aspek serta dapat menggantikan metoda perkuatan yang telah ada. Perkuatan kolom dengan metoda ini akan meningkatkan kekuatan geser dan kuat tekan sebagai akibat dari kekangan dari material *fiber*. Metode perkuatan ini sering diaplikasikan dalam hal perkuatan jembatan dan juga dalam renovasi bangunan.

Pelaksanaan metode ini pada dasarnya adalah dengan memasang lembaran *fiber* pada permukaan beton.

Keuntungan menggunakan *Fiber Reinforced Polymer* sebagai bahan perkuatan kolom dibandingkan perkuatan lainnya antara lain:

- 1) *Fiber Reinforced Polymer* memiliki berat yang ringan dibandingkan dengan baja dan beton serta memiliki kekuatan yang tinggi.
- 2) *Fiber Reinforced Polymer* lebih mudah dan cepat dikerjakan dan dipasang di lapangan.
- 3) *Fiber Reinforced Polymer* cukup dilekatkan pada beton dengan menggunakan *epoxy* resin sehingga tidak menghasilkan kebisingan.

- 4) *Fiber Reinforced Polymer* dapat dipasang pada kolom yang sangat panjang.
- 5) Tahan terhadap korosi dan lingkungan yang reaktif.
- 6) Tingkat durabilitas yang lebih tinggi dibandingkan material perkuatan lainnya.
- 7) Tidak terlalu mengubah struktural kolom existing, terutama ukuran jika dibandingkan dengan *steel* dan *concrete jacketing*.

Walaupun memiliki banyak keuntungan tetapi metode perkuatan *Fiber Reinforced Polymer* juga memiliki beberapa kerugian antara lain resiko terhadap bahaya kebakaran yang cukup tinggi, sehingga *Fiber Reinforced Polymer* perlu dilindungi oleh lapisan plesteran beton dan harga *Fiber Reinforced Polymer* yang relatif mahal.

Fiber Reinforced Polymer terdiri dari beberapa jenis seperti *bar*, *wrap*, dan *strip*. Jenis *bar* digunakan untuk menggantikan tulangan pada struktur baru. Jenis *strip* digunakan pada balok, kolom, dan pelat. Sementara *wrap* paling banyak digunakan pada struktur kolom.

Pengembangan material komposit *Fiber Reinforced Polymer (FRP)* telah membuka peluang baru untuk keperluan perbaikan dan perkuatan struktur beton bertulang. Ada 3 jenis *Fiber Reinforced Polymer* yang dibedakan berdasarkan serat penyusunnya, yaitu *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (serat karbon), *Glass Fiber Reinforced Polymer* (serat kaca), dan *Aramid Fiber Reinforced Polymer* (serat aramid).

2.6 Fibre (Serat)

Secara spesifik, material *fiber* yang diaplikasikan untuk perkuatan dan perbaikan beton bertulang dapat berupa serat kaca, karbon, dan aramid. Masing-masing mempunyai kemiripan antara yang satu dengan yang lainnya. Pemilihan jenis *fiber* untuk perkuatan ataupun perbaikan suatu struktur tergantung pada beberapa faktor, seperti tipe struktur, biaya yang tersedia, beban yang direncanakan, kondisi lingkungan, dan lain-lain. Nilai karakteristik masing-masing *fiber* diberikan pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Karakteristik fiber

<i>Fiber</i>	<i>Tensile Strength</i> (N/mm ²)	<i>Modulus of Elasticity</i> (kN/mm)	<i>Elongation (%)</i>	<i>Specific Density</i>
<i>Carbon Ultra High Module</i>	2600 - 4020	510 – 610	0,4 - 0,8	1,91 - 2,12
<i>Aramid</i>	3200 – 3600	424 – 430	2,4	1,44
<i>Glass</i>	2400 - 3500	70 – 85	3,5 – 4,7	2,6

(Sumber : Simonelli, 2005)

2.7 *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) merupakan salah satu jenis *FRP (Fiber Reinforced Polymer)* yang digunakan pada bidang konstruksi. *CFRP* merupakan material komposit yang terdiri dari bahan utama dan bahan pengikat. Bahan utamanya adalah serat karbon yang memberikan kekuatan utama lalu diikat biasanya menggunakan resin polimer, seperti *epoxy*. Daya tahan *CFRP* yang tinggi lebih ekonomis digunakan pada lingkungan korosif dimana baja akan lebih mudah berkarat.

Penggunaan *CFRP* lebih populer mengingat banyaknya keuntungan yang dapat diperoleh seperti meningkatkan kekuatan tarik karena sifatnya yang memiliki kuat tarik yang tinggi, bobot unit yang ringan, mudah diaplikasikan, biaya instalasi dan pemeliharaan yang rendah. Kerugian yang paling utama dalam penggunaan *CFRP* sebagai sistem perkuatan adalah harga material yang relatif lebih mahal (Meier, 1997).

Penggunaan *CFRP* pada suatu konstruksi biasanya disebabkan oleh beberapa hal yaitu:

- 1) Terjadinya kesalahan pada perencanaan.

- 2) Adanya kerusakan–kerusakan dari bagian struktur sehingga dikhawatirkan tidak berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.
- 3) Adanya perubahan fungsi pada sistem struktur dan adanya penambahan beban yang melebihi beban rencana.

2.8 Aplikasi *Carbon Fiber Reinforced Polymer*

2.8.1 Pekerjaan Pada *Carbon Fiber Reinforced Polymer*

Semua peralatan yang digunakan dalam pemasangan *Fiber Reinforced Polymer* serta material harus dijaga kebersihan dan perawatannya sehingga mendapatkan hasil yang baik. Pengerjaan untuk menggabungkan bahan *Fiber Reinforced Polymer* dan beton ini harus dilakukan sesuai dengan instruksi pabrik, hal tersebut dapat dilihat dari panduan penggunaan yang diberikan oleh produsen tersebut.

Jumlah pencampuran resin yang dilakukan tidak boleh melebihi jumlah yang ditentukan, volume yang terlalu banyak dapat mempengaruhi tingginya temperatur pada waktu dilakukan pencampuran sehingga dapat merusak struktur pencampuran. Resin atau perekat terlebih dahulu diaduk agar struktur perekat tersebut merata kemudian resin dioleskan kepada permukaan beton yang telah dihaluskan.

Resin atau perekat berfungsi untuk menyatukan *wrap CFRP* dengan beton. Bahan ini memiliki daya rekat yang kuat terhadap geser dan mampu memberikan rekatan terhadap *CFRP* akibat beban aksial yang besar. Resin yang digunakan adalah *epoxy* dengan ketebalan olesan berkisar antara 1,5-2,0 mm dengan menggunakan kuas. Jenis perekat ini tidak bersifat permanen atau mudah untuk dilepaskan dengan menggunakan *scrab* dan bahan pelarut.

2.8.2 Pemasangan *CFRP* pada Struktur Beton

Sebelum memasang *wrap CFRP* pada beton, terlebih dahulu dikasari dan di bersihkan permukaan beton yang akan dipasangkan *wrap CFRP*. Kemudian *wrap CFRP* dipotong dengan menggunakan alat pemotong. Alat pemotong material ini cukup sederhana, hanya dengan menggunakan gunting pemotong *fiber* atau dalam skala yang besar digunakan mesin pemotong *fiber*. Setelah dilakukan pemotongan pada *fiber* yang telah disesuaikan dengan ukuran beton, material

tersebut kemudian dipasangkan ke beton dengan cara konvensional atau dengan mesin untuk daerah beton yang lebih besar dan luas.

Agar bahan tersebut merekat dengan baik antara *CFRP* dan permukaan beton maka digunakan *epoxy* sebagai resin. *Epoxy* merupakan bahan perekat yang sangat kuat. Untuk jenis perekat ini ada dua macam dalam pemasangannya, yaitu:

- 1) '*Dry system*' (*CFRP* tidak perlu dijenuhkan dulu dengan *epoxy*)
- 2) '*Wet system*' (*CFRP* harus dijenuhkan dulu dengan *Epoxy* mesin *saturator*)

Untuk menentukan sistim mana yang akan digunakan, tergantung dari luas penggunaan *CFRP* per m^2 . Pada umumnya *CFRP* dengan penggunaan kurang dari 300 gr/m^2 digunakan '*dry sistem*' dan sebaliknya jika penggunaannya lebih dari 300 gr/m^2 digunakan '*wet sistem*'.

2.9 Epoxy

Resin Epoxy atau secara umum dikenal dengan bahan *epoxy* adalah salah satu jenis polimer yang berasal dari *thermoset*. *Resin thermoset* adalah polimer cair yang diubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga secara kimia, sifat mekanisnya tergantung pada unit molekuler yang membentuk jaringan rapat dan panjang jaringan silang. Proses pembuatannya dapat dilakukan pada suhu kamar dengan memperhatikan zat-zat kimia yang digunakan sebagai pengontrol polimerisasi jaringan silang agar didapat sifat optimum bahan. *Thermoset* memiliki sifat isotropos dan peka terhadap suhu, mempunyai sifat tidak bisa meleleh, tidak bisa mengalami pergeseran rantai.

Tabel 2. 2 Karakteristik Epoxy

<i>Epoxy</i>	<i>Tensile Strength</i> (N/mm^2)	<i>Modulus of Elasticity</i> (N/mm^2)	<i>Daya Sebar</i>
<i>Avian</i>	4800	234000	6 – 8 m^2

(Sumber : Avianbrands, 2016)