

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Beton

Beton adalah suatu material utama yang sangat diperlukan dalam dunia konstruksi. Beton sendiri adalah merupakan campuran yang homogen antara semen, air dan agregat. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah.

Menurut Nawy (1985) beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya. Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) (SNI 2847-2013)

Menurut Sutikno (2003) beton merupakan bahan dari campuran antara semen portland, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan air. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa menurut aturan-aturan yang ada, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis.

Menurut Sutikno (2003) Mutu beton ditentukan oleh banyak faktor antara lain:

1. faktor air semen (fas),
2. perbandingan bahan-bahannya,
3. mutu bahan-bahannya,

4. susunan butiran agregat yang dipakai,
5. ukuran maksimum agregat yang dipakai,
6. bentuk butiran agregat,
7. kondisi pada saat mengerjakan,
8. kondisi pada saat pengerasan.

Menurut Sutikno (2003) penggunaan beton dalam konstruksi memiliki kelebihan dan kelemahan seperti yang tercantum dibawah ini.

#### A. Kelebihan

1. Mudah dicetak artinya beton segar dapat mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk dan ukuran.
2. Ekonomis artinya bahan-bahan dasar dari bahan lokal yang mudah didapatkan.
3. Awet dan tahan lama artinya beton termasuk berkekuatan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap perkaratan dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
4. Tahan api artinya tahan terhadap kebakaran.
5. Energi efisien artinya kuat tekan beton yang tinggi.
6. Dapat dicor ditempat artinya beton segar dapat dituang pada tempat-tempat yang posisinya sangat sulit. Juga dapat disemprotkan pada permukaan beton yang lama untuk menyambungkan dengan beton baru (*grouting*).
7. Bentuknya indah artinya dapat dibuat model sesuka hati menurut selera yang menghendaknya.

## B. Kelemahan

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan.
2. Beton segar mengerut pada saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah, sehingga perlu diadakan dilatasi pada beton yang panjang untuk memberi tempat untuk kembang susut beton.
3. Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air dan air membawa kandungan garam dapat merusak beton.
4. Beton bersifat getas sehingga harus dihitung dengan teliti agar setelah digabungkan dengan baja tulangan dapat bersifat kokoh terutama pada perhitungan bangunan tahan gempa.

## **2.2. Bahan Penyusun Beton**

### **2.2.1. Semen**

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 15-2049-2004, mengemukakan bahwa semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Semen portland bersifat hidrolis karena di dalamnya terkandung kalsium silikat dan kalsium sulfat yang bersifat hidrolis dan sangat cepat bereaksi dengan

air. Reaksi semen dengan air berlangsung secara *irreversibel*, artinya hanya dapat terjadi satu kali dan tidak bisa kembali lagi ke kondisi semula.

Menurut SNI 15-2049-2004 semen portland dibedakan menjadi 5 tipe yakni:

1. tipe I yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus,
2. tipe II yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang,
3. tipe III yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi,
4. tipe IV yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah,
5. tipe V yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Tabel 2.1. Komposisi Penyusun Semen Menurut ASTM C 180-84 (Neville dan Brooks, 1987)

Semen	Persentase Komponen Penyusun							
	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	CaSO <sub>4</sub>	CaO Bebas	MgO	Hilang Pijar
Tipe I	59	15	12	8	2,9	0,8	2,4	1,2
Tipe II	46	29	6 (≤ 8)	12	2,8	0,6	3,0	1,0
Tipe III	60	12	12 (≤ 15)	8	3,9	1,3	2,6	1,9
Tipe IV	30 (≤ 35)	46 (≥ 40)	5 (≤ 7)	13	2,9	0,3	2,7	1,0
Tipe V	43	36	4 (≤ 5)	12	2,7	0,4	1,6	1,0

### 2.2.2. Air

Air merupakan salah satu bahan penting dalam pembuatan adukan beton. Air diperlukan untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang diperlukan untuk bisa bereaksi dengan semen adalah sebanyak 25% dari berat semen, namun dalam kenyataannya nilai fas (faktor air semen) yang dipakai sulit jika  $< 0,35$  (Tjokrodimulyo, 1996). Banyaknya jumlah air yang dimasukkan ke dalam campuran beton sangat berpengaruh pada aspek kelecakan (*workability*) mortar beton. Semakin tinggi nilai kelecakan yang dimiliki campuran beton maka beton akan semakin mudah untuk dikerjakan, namun jika mortar beton kelebihan air maka akan menimbulkan pori-pori (*capillary poreous*) di dalam beton yang sudah mengeras, yang berpengaruh pada kekuatan dari beton itu sendiri.

Menurut Tjokrodimuljo (1996) hal-hal yang perlu diperhatikan saat menggunakan air pada campuran beton meliputi kandungan garam maksimal 15 gr/lt, kandungan lumpur maksimal 2 gr/lt, kandungan klorida  $< 0,5$  gr/lt serta kandungan senyawa sulfat maksimal 1 gr/lt.

### 2.2.3. Agregat

Menurut Tjokrodimuljo (1996) Agregat adalah butiran mineral alami dengan ukuran tertentu yang berfungsi untuk bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat menempati 70% ruang dalam volume beton. Pemilihan agregat merupakan bagian terpenting dalam pembuatan beton karena karakteristik agregat sangat mempengaruhi sifat-sifat dari beton.

Distribusi ukuran agregat dalam campuran beton juga menjadi faktor penentu kekuatan dari beton. Ukuran butiran agregat dengan variasi yang seragam akan menghasilkan banyak pori-pori dalam beton, sedangkan pemilihan ukuran agregat yang berbeda-beda maka pori-pori antara agregat butiran besar akan ditutup oleh agregat dengan ukuran kecil, sehingga kemampuan dari beton akan tinggi.

Ukuran agregat dalam prakteknya secara umum digolongkan ke dalam 3 kelompok yaitu:

1. batu, ukuran butiran lebih dari 40 mm,
2. kerikil, ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm,
3. pasir, ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Butiran yang lebih kecil dari 0,15 mm dinamakan *silt* atau lanau (Tjokrodimuljo, 1996).

#### A. Agregat kasar

Adalah kerikil atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm (SNI 2847-2013). Agregat kasar ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik.

Syarat mutu agregat kasar menurut ASTM C 33 (2002) adalah seperti tercantum di bawah ini.

- a. Tidak boleh reaktif terhadap alkali jika dipakai untuk beton basah dengan lembab atau berhubungan dengan bahan yang reaktif terhadap

alkali semen, dimana penggunaan semen yang mengandung natrium oksida tidak lebih dari 0,6 %.

- b. Susunan gradasi harus memenuhi syarat.
- c. Kadar bahan atau partikel yang berpengaruh buruk pada beton.
- d. Sifat fisika

Sifat fisika mencakup kekerasan butiran diuji dengan mesin *Los Angeles*.

#### B. Agregat halus

Agregat halus dalam beton adalah pasir alam sebagai salah satu agregat yang lolos dari ayakan no.4 (lebih kecil dari 3/16 inchi) dimana besar butirannya berkisar antara 0,15 sampai 5 mm. Pasir dibedakan menjadi 3, yaitu:

- a. pasir galian yang diperoleh dari permukaan tanah,
- b. pasir sungai yang diambil dari sungai,
- c. pasir laut yang diperoleh dari pantai.

Ukuran agregat mempunyai pengaruh yang penting terhadap jumlah semen dan air yang diperlukan untuk membuat satu-satuan beton.

### 2.3. **Bahan Tambah**

Bahan tambah yaitu bahan yang ditambahkan pada adukan beton, baik sebelum, segera atau selama pengadukan beton dengan jumlah dosis tertentu yang telah direncanakan sebelumnya dengan tujuan mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton seperti mempercepat pengerasan, menambah kelecakan (*workability*) beton

segar, menambah kuat tekan beton, meningkatkan daktilitas atau mengurangi sifat getas beton, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya, sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras (Tjokodimuljo, 1996).

Bahan tambah menurut maksud penggunaannya dibagi menjadi dua golongan yaitu yang pertama adalah *admixtures* ialah bahan yang ditambahkan sebelum, segera atau selama proses pencampuran adukan di dalam *batching*, untuk merubah sifat beton baik dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Sedangkan yang kedua adalah *additive* yang merupakan bahan tambah yang ditambahkan dan digiling bersamaan dengan bahan penyusun inti beton pada saat pengadukan.

Menurut Tjokrodimuljo (1996), bahan tambah dapat dibedakan menjadi 3 golongan seperti tercantum di bawah ini.

1. *Chemical Admixtures* merupakan bahan tambah kimiawi yang dicampurkan pada adukan beton dengan maksud untuk mengubah sifat pengerjaan beton menjadi lebih mudah dan waktu pengikatan yang lebih lambat atau lebih cepat pada beton dalam keadaan segar maupun setelah mengeras. Salah satu jenis *chemical admixture* adalah *Superplasticizer*. Pada dasarnya penambahan *superplasticizer* dimaksudkan untuk meningkatkan kelecakan, mengurangi jumlah air (faktor air semen), mengurangi *slump loss*, mencegah timbulnya *bleeding* dan segregasi, menambah kadar udara (*air content*) serta memperlambat waktu pengikatan (*setting time*).



Adapun macam-macam bahan tambah kimia menurut ASTM C494-82 (1982) adalah seperti dibawah ini.

- a. Tipe A (*water reducing admixtures*) berfungsi untuk mengurangi air pencampur yang diperlukan.
- b. Tipe B (*retarding admixture*) berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Misalnya karena kondisi cuaca panas dimana tingkat kehilangan sifat pengerjaan beton sangat tinggi.
- c. Tipe C (*accelerating admixture*) berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
- d. Tipe D (*water reducing and retarding admixture*) berfungsi untuk mengurangi jumlah air yang diperlukan campuran beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.
- e. Tipe E (*water reducing and acceleratiing admixtures*) berfungsi untuk mengurangi jumlah air untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal.
- f. Tipe F (*water reducing high range admixtures*) berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Bertujuan agar kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit tetapi tingkat kemudahan pengerjaannya lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini adalah *superplasticizer*, dosis yang disarankan adalah sekitar 1-2% dari

berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

g. Tipe G (*water reducing high range retarding admixtures*) berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang digunakan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan penunda waktu pengikatan.

2. Pozolan (*pozzolan*) merupakan bahan tambah yang terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang reaktif dan biasanya berasal dari alam atau buatan. Pozolan sendiri tidak mempunyai sifat semen, tetapi dapat bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air. Pozolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton dengan dosis tertentu untuk memperbaiki kelecakan (*workability*), membuat beton menjadi lebih kedap air (mengurangi permeabilitas) dan menambah ketahanan beton terhadap serangan bahan kimia yang bersifat agresif. Pozolan yang saat ini telah banyak diteliti dan digunakan antara lain *silica fume* (SF), *fly ash* (FA), *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBS), tras alam dan abu sekam padi (*Rice Husk Ash*).

3. Serat (*fibre*) merupakan bahan tambah yang berupa serat gelas/kaca, plastik, baja atau serat tumbuh-tumbuhan (rami, ijuk). Penambahan serat ini dimaksudkan untuk meningkatkan kuat tarik, menambah ketahanan terhadap retak, meningkatkan daktilitas dan ketahanan beton terhadap

beban kejut (*impact load*) sehingga dapat meningkatkan keawetan/durabilitas beton, misalnya pada perkerasan jalan raya atau lapangan udara, *spillway* serta pada bagian struktur beton yang tipis untuk mencegah timbulnya keretakan.

#### 2.4. **Beton Serat**

ACI Committee 544 (1982) memberikan definisi beton serat yaitu beton yang tersusun dari bahan semen, agregat halus, agregat kasar serta sejumlah kecil serat (*fiber*). Banyak sifat-sifat beton yang dapat diperbaiki dengan penambahan serat, diantaranya adalah meningkatkannya daktilitas, ketahanan *impact*, kuat tarik dan kuat lentur, ketahanan terhadap kelelahan, ketahanan terhadap susut, ketahanan abrasi, ketahanan terhadap pecahan (*fragmentation*), dan ketahanan terhadap pengelupasan (*spalling*).

Terdapat 2 jenis *Fiber* atau serat yang cocok untuk digunakan sebagai serat pada beton yaitu *fiber* sintetis dan *fiber* alami. *Fiber* sintetis biasa terbuat dari baja, kaca, dan polimer, sementara *fiber* alami biasa diambil dari tumbuh – tumbuhan. Secara umum panjang dan diameter *fiber* yang biasa digunakan untuk beton *fiber*, secara berturut-turut tidak lebih dari 3 inch (76 mm) dan 0,04 inch (1 mm). (Daniel, et al., 2002).

Menurut Amri (2005), perilaku beton berserat ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain sifat fisik matrik dan serat serta perlekatan antara serat dan matriknya.

##### a. Sifat-sifat Fisik Serat dan Matrix

Hannant (1978) menyatakan bahwa faktor utama yang menentukan kemampuan bahan serat adalah sifat fisik serat dan kekuatan lekatan diantara keduanya. Tegangan rata-rata serat adalah dua sampai tiga kali lebih besar dari tegangan runtuh matrix, hal ini akan menyebabkan beton retak sebelum kuat tarik maksimum serat tercapai. Sifat-sifat mekanik dari berbagai serat alam dan matrix dapat dilihat di Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Tipikal Sifat-sifat Mekanik Berbagai Macam Serat Alam  
(Bhatia dan Smith, 2008)

<b>Tipe Serat</b>	<b>Kuat Tarik (MPa)</b>	<b>Young Modulus (Gpa)</b>	<b>Perpanjangan batas, %</b>
<i>Flax</i>	100-343	27-100	1,6-3,2
<i>Hemp</i>	110-580	3-90	1,3-4,7
<i>Jute</i>	73-187	3-55	1,4-3,1
<i>Kenaf</i>	30-295	22-53	3,7-6,9
<i>Abaca</i>	0-980	72	2,5-12
<i>Sisal</i>	55-468	9-28	1,9-4,5
<i>Coir</i> (Serabut Kelapa)	70-106	3-6	15-47
<i>Cotton</i>	97-287	5,5-12,6	2-10
<i>Straw</i>	N/A	N/A	N/A
<i>Bamboo</i>	N/A	N/A	N/A
<i>Sugar Cane</i>	20-90	2,7-17	0,9
<i>Deciduos Wood</i>	7-500	N/A	N/A

Tabel 2.3 Tipikal Sifat-sifat Berbagai Matrik  
(Amri, 2005)

<b>Matrik</b>	<b>Kepadatan (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Young Modulus (GPa)</b>	<b>Kuat Tarik MPa</b>	<b>Regangan Putus (x 10<sup>-6</sup>)</b>
Semen PC Normal	2.000-3.000	10-25	3-6	100-500
Pasta Semen alumina kadar tinggi	2.100-2.300	10-25	3-7	100-500
Mortar OPC	2.200-2.300	25-35	2-4	50-150
Beton OPC	2.200-2.450	30-40	1-4	50-150

b. Ukuran Maksimum Matriks

Menurut Hannat (1978) ukuran maksimum matrik akan mempengaruhi distribusi dan kuantitas serat yang dapat masuk ke dalam komposit. Agregat dalam komposit tidak boleh lebih besar dari 20 mm dan disarankan lebih kecil dari 10 mm, yang bertujuan agar serat dapat tersebar dengan merata. Untuk menghindari terjadinya rongga, pada benda uji disarankan untuk memakai bahan pengisi (agregat campuran) paling sedikit 50% dari volume beton.

c. Pengaruh Panjang dan Diameter Serat.

Berdasarkan penelitian oleh Hannant (1978), pengaruh perbandingan panjang dan diameter serat (aspek rasio) akan mempengaruhi lekatan antara serat dengan matrik. Serat panjang dan tipis dengan rasio  $l/d > 100$  mempunyai lekatan dengan beton yang lebih besar dibandingkan dengan serat yang pendek dengan rasio  $l/d < 50$ , karena dapat dengan mudah untuk dicabut dari beton. Pengaruh panjang dan diameter serat akan lebih berpengaruh terhadap kuat lentur bila dibandingkan dengan volume serat.

d. Perilaku Sifat Mekanik Beton Berserat

Parameter yang diperoleh dari pengujian tekan terhadap beton berserat antara lain: modulus elastisitas, beban hancur maksimum. Dari hasil pencatatan defleksi diperoleh nilai regangan yang terjadi pada saat beban maksimum dan perilaku kurva beban (P) dengan defleksi ( $\delta$ ) atau perilaku kurva tegangan-regangan. Perubahan modulus elastisitas akibat

penambahan serat sangat kecil. Penambahan serat pada beton normal dapat meningkatkan tegangan pada beban puncak. Beton berserat menyerap energi yang lebih besar daripada beton normal sebelum hancur (*failure*). Peningkatan terhadap daktilitas dengan penambahan serat pada beton normal tergantung pada beberapa faktor seperti: geometri serat, volume fraksi serat dan komposisi bahan penyusun matrik sendiri. Peningkatan volume serat dapat meningkatkan kapasitas peningkatan energi. Peningkatan penyerapan energi ini terjadi hanya pada batasan 0 – 0,7% volume fraksi, apabila kandungan serat dinaikkan lagi sehingga fraksinya menjadi lebih besar dari 0,7%, maka kenaikan energi yang terjadi tidak terlalu besar. Beton bermutu tinggi lebih getas (*brittle*) dibandingkan dengan beton normal, dan dengan penambahan serat dihasilkan beton yang lebih daktil. Hannant (1978) memberikan persamaan hubungan antara volume fraksi dengan perbandingan serat dalam matriks sebagai berikut:

$$W'f = \frac{\text{Weight of fibre}}{\text{Weight of matrix}} \times 100\%$$

$$W'f = \frac{V_f D_f}{V_m D_m} \times 100\% \dots \dots \dots (2-1)$$

keterangan:

- W'f = persentase berat serat terhadap matrik beton (%)
- Vf = persentase volume fraksi serat terhadap matrik beton (%)
- Vm = persentase matriks beton (%)
- Df = *density* dari serat (kg/m<sup>3</sup>)
- Dm = *density* dari matrik beton (kg/m<sup>3</sup>)

e. Mekanisme Kontribusi Serat Terhadap Beban Lentur

Dalam aplikasinya, beton berserat lebih banyak digunakan sebagai elemen penahan beban lentur dibandingkan penahan akibat beban lainnya. Hasil percobaan menunjukkan peningkatan kuat lentur lebih tinggi daripada kuat tekan atau kuat tarik belah. Peningkatan kuat lentur sangat dipengaruhi oleh faktor volume fraksi dan aspek rasio serat. Dengan terjadinya peningkatan nilai volume fraksi maka kuat lentur akan meningkat, demikian pula dengan aspek rasio yang tinggi juga meningkatkan kuat lentur.

f. Daktilitas (*Flexural Toughness*)

Salah satu alasan penambahan serat pada beton adalah untuk menaikkan kapasitas penyerapan energi dari matrik campuran, yang berarti meningkatkan daktilitas beton. Penambahan daktilitas juga berarti penambahan perilaku beton terhadap lelah (*fatigue*) dan kejut (*impact*).

## 2.5. Serat Sabut Kelapa

Menurut Suhardiyono (1989) serabut kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Sabut kelapa terdiri atas 78% dinding sel dan 22% rongga dengan jumlah serabut 35%, tempurung 12%, daging buah 28%, dan air buah 25%. Salah satu cara mendapatkan serat sabut kelapa adalah dengan cara mengekstraksi dengan menggunakan mesin. Serat yang dapat diasblasikan diperoleh 40% serabut berbulu dan 60% serat matras. Dari 100 gram serabut yang abstrasikan diperoleh sekam 70 bagian, serat matras 18 bagian dan serat bulu 12 bagian. Sabut kelapa

memiliki sifat – sifat yang menguntungkan, antara lain, tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat yang lain. Pada dasarnya Serat sabut kelapa terdiri dari 16,8% Hemiselulosa, 68,9% Selulosa dan 32,1% Lignin (Asasutjarita et al, 2007).

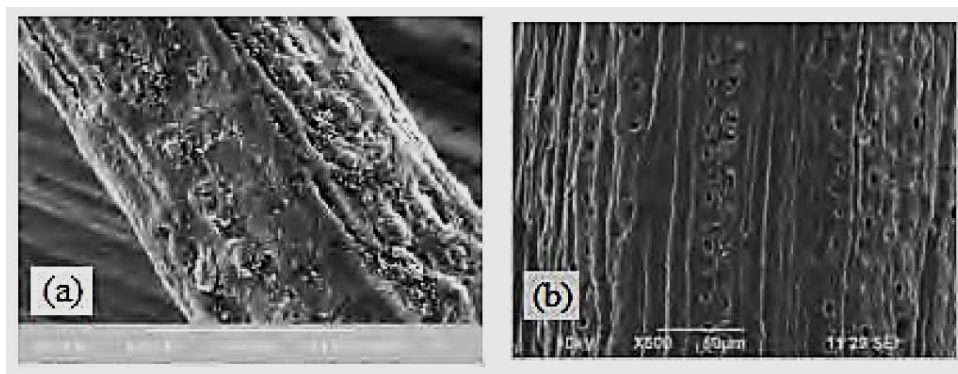
## 2.6. Perlakuan Alkali Pada Serat Sabut Kelapa

Alkalisasi pada serat alami bertujuan untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat alam dengan matriks untuk memperoleh ikatan yang baik, dengan cara merendam serat ke dalam basa alkali.

*Alkaline treatment* atau *mercerization* adalah perlakuan untuk serat alami dengan tujuan untuk mengacaukan ikatan hydrogen di struktur serat, sehingga menambah kekasaran serat tersebut. Proses alkalisasi menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin. Dengan berkurangnya hemiselulosa, lignin atau pektin, *wettability* serat oleh matriks akan semakin baik, sehingga kekuatan antarmuka pun akan meningkat. Selain itu, pengurangan hemiselulosa, lignin atau pektin, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan *mechanical interlocking* yang baik (Maryanti et al, 2011).

Penelitian yang dilakukan oleh (Karthikeyan et al, 2013) melakukan pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada serat sabut kelapa yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.





Gambar 2.1. Serat Sabut kelapa (a) sebelum alkalisasi (b) sesudah alkalisasi (Sumber : Journal of Scientific & Industrial Research Vol.72, February 2013)

Pada Gambar 2.1 (a) dan (b) menunjukkan serat sabut kelapa sebelum dan sesudah dilakukan alkali treatment. Dari Gambar 2.1 (a), dapat dilihat permukaan dari serat sabut kelapa diselubungi dengan berbagai lapisan yang diantaranya adalah pektin, lignin, dan kotoran. Permukaan serat yang kasar dan memiliki tekstur yang tidak beraturan. Setelah dilakukan alkali treatment, bisa terlihat pada Gambar 2.1 (b) sebagian besar komposisi lignin dan pektin dihilangkan yang menghasilkan permukaan yang lebih kasar.

## 2.7. *Fly Ash*

*Fly ash* atau abu terbang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara, yang berbentuk partikel halus, ringan, bundar, tidak porous, mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik, yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan adanya air. *fly ash* merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (*boiler*) akan terbentuk

dua jenis abu yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). *Fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili mikron) 5-27%, dengan specific gravity antara 2,15-2,8 dan berwarna abu-abu kehitaman (ACI Committee 226, 1987).

*Fly ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis seperti yang tercantum dibawah ini (ACI parts 1 226.3R-3, 1993).

1. Kelas C

*Fly ash* yang mengandung CaO lebih dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub-bitumen batu bara (batu bara muda). senyawa lain yang terkandung didalamnya : SiO<sub>2</sub> (30-50%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (17-20%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Na<sub>2</sub>O dan sedikit K<sub>2</sub>O. Mempunyai *specific gravity* 2,31-2,86. Mempunyai sifat pozzolan, tetapi juga langsung bereaksi dengan air untuk membentuk CSH (CaO.SiO<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O). kalsium Hidroksida dan Ettringite yang mengeras seperti semen.

2. Kelas F

*Fly ash* yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau bitumen batu bara. Senyawa lain yang terkandung didalamnya : SiO<sub>2</sub> (30-50%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (45-60%), MgO, K<sub>2</sub>O dan sedikit Na<sub>2</sub>O. mempunyai *specific gravity* 2,15-2,45. bersifat seperti pozzolan, tidak bisa mengendap karena kandungan CaO yang kecil.

3. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opaline chertz* dan *shales*, *tuff* dan abu vulkanik yang

mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. selain itu, juga mempunyai sifat pozzolan yang baik.

Menurut Yogaswara (1998) Keuntungan menggunakan *fly ash* pada beton segar adalah sebagai berikut.

1. Memperbaiki sifat pengerjaan adukan beton (*workability*) akibat bentuk partikelnya yang bundar, mengurangi jumlah air campuran yang dibutuhkan. Menurut pendapat Hadi (2000) menyatakan bahwa abu terbang dapat menambah *workability* dan kualitas mortar dalam hal kekuatan dan kedap air. Kuat tekan mortar yang paling optimal dalam penelitian ini didapatkan pada presentase 15%.
2. Mengurangi jumlah panas hidrasi yang terjadi, sehingga baik untuk pembuatan beton massa karena dapat mengurangi terjadinya retak, dapat mengurangi kemungkinan terjadinya segregasi dan bleeding.
3. Pada beton keras keuntungan penggunaan *fly ash* adalah mempertinggi daya tahan terhadap lingkungan yang bersifat agresif, meningkatkan kerapatan beton, mengurangi penyusutan, mengurangi pengembangan yang disebabkan oleh reaksi alkali agregat.

## **2.8. Superplasticizer**

Salah satu kekurangan dari beton serat sabut kelapa adalah turunnya nilai *workability* adukan beton, salah satu solusi untuk menaikkan *workability* adalah dengan pemabahan *superplasticizer*. Superplasticizer sendiri terdiri atas asam sulfonat yang berfungsi menghilangkan gaya permukaan pada partikel semen

sehingga lebih menyebar, melepaskan air yang terikat pada kelompok partikel semen, untuk menghasilkan adukan pasta semen atau beton segar yang lebih encer. Penambahan *superplasticizer* bertujuan untuk menambah kelecakan dari adukan beton sehingga didapat nilai *workability* yang cukup tinggi, tanpa mengurangi kekuatan dari beton itu sendiri. Dengan meningkatnya *workability* adukan beton proses pekerjaan beton akan semakin mudah.

*Superplasticizer* berfungsi untuk mengontrol dan menghasilkan nilai *Slump* yang optimal pada beton segar, sehingga dapat dihasilkan kinerja pengecoran beton yang baik. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan kadar *Superplasticizer* akan optimum digunakan pada kadar 2% dari berat semen (Pujiyanto, 2010).

Untuk meningkatkan *workability* campuran beton, penggunaan dosis *superplasticizer* secara normal berkisar antara 1-3 liter tiap 1 meter kubik beton. Ketika *superplasticizer* digunakan untuk mengurangi jumlah air, dosis yang digunakan adalah lebih besar, 5 sampai 20 liter tiap 1 meter kubik beton. (Neville dan Brooks, 1995)

## **2.9. Beberapa Penelitian Mengenai Topik Penelitian**

Pada penelitian Handani (2009) pada beton dengan tambahan serat sabut kelapa dengan variasi panjang 1 cm, 3 cm, dan 5 cm. Hasil yang optimum yang didapat adalah pada panjang serat sabut kelapa 3 cm dengan nilai kuat tekan dan kuat lentur maksimum umur 28 hari masing-masing adalah  $73,40 \times 10^3 \text{ g/cm}^2$  dan  $29,95 \times 10^3 \text{ g/cm}^2$ .

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sahrudin (2016) pada beton normal dengan penambahan komposisi serat sebesar 0%, 0,125%, 0,25%, dan 0,5% dan panjang serat 50 mm. Hasil optimum yang didapat adalah dengan penambahan serat kelapa sebesar 0,5% dengan nilai kuat tekan sebesar 27,214 MPa lebih kuat 29,55% dari penambahan serat kelapa 0,125% sebesar 24,48 MPa.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Fandy dkk. (2013) pada beton normal dengan penambahan serat kelapa yang digunakan adalah 0,5%, 0,75%, dan 1% dengan perlakuan alkali 1M dan 1,25M. Kadar optimum serat yang didapat adalah 0,5% dengan perlakuan alkali 1,25M dengan nilai kuat tekan dan kuat tarik masing-masing sebesar 35,89 MPa dan 2,61 MPa meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik masing-masing sebesar 33% dan 18%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ardy (2017) pada beton normal dengan penambahan serat sabut kelapa sebesar 0,5% dan 1% dari berat semen dengan perlakuan alkali dengan kadar 0M, 1M, 1,5M dan 2M didiapat kuat tekan beton optimum sebesar 40,87 MPa pada kadar serat 1% dari berat semen dengan perlakuan alkali 1,5M meningkat 33,47% dari beton serat sabut kelapa tanpa perlakuan alkali. Untuk kuat tarik belah beton didapat kekuatan tertinggi adalah pada penambahan 1% serat sabut kelapa dari berat semen dengan perlakuan alkali 1,25M dengan kekuatan sebesar 3,92 MPa meningkat sebesar 8,90% dari beton serat sabut kelapa tanpa perlakuan alkali.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Wijadi (2018) pada beton SCC (*Self Compacting Concrete*) dengan penambahan variasi kadar superplasticizer dan serat sabut kelapa sebesar 1% dari berat semen dengan perlakuan alkali dengan

kadar, 1,5M didiapat kuat tekan beton optimum pada umur 14 hari dan 28 hari masing-masing sebesar 44,85 MPa dan 54,41 MPa pada kadar superplasticizer 2,5% dari berat semen. Untuk kuat tarik belah beton didapat kekuatan tertinggi adalah pada penambahan 2,5% superplasticizer dari berat semen dengan nilai kuat tarik umur beton 14 hari dan 28 hari berturut-turut adalah 3,26 MPa dan 3,51 MPa.

Pada penelitian yang dilakukan Takim dkk. (2016) pada pengaruh penggunaan abu terbang (fly ash) terhadap kuat tekan dan penyerapan air pada mortar dengan kadar variasi substitusi semen dengan fly ash sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 30% didapat hasil optimum pada persentase substitusi semen dengan 15% fly ash dengan kuat tekan sebesar 42 MPa dan penyerapan air sebesar 1,67% pada umur beton 28 hari.

Pada penelitian yang dilakukan Pramarsantya (2017) pada Pengaruh Variasi Kadar Fly Ash Terhadap Sifat Mekanik Self Compacting Fibre Reinforced Concrete (SCFRC), dengan penambahan serat polypropylene sebanyak 0,6 kg/m<sup>3</sup>, superplasticizer dengan kadar 1,1% dari berat semen dan variasi kadar fly ash yang digunakan sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% sebagai substitusi semen. Hasil penelitian menunjukkan substitusi 15% semen dengan fly ash dapat menaikkan kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas dan kuat lentur dengan nilai maksimum berturut-turut adalah 69,84 MPa, 4,633 MPa, 35255,214 MPa dan 7,240 MPa.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mardiono (2010) pada Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Dalam Beton Mutu Tinggi, didapat hasil

optimum penambahan fly ash sebagai pengganti semen adalah berkisar antara 10% dan 20% dengan hasil kuat tekan rata-rata masing-masing adalah 41,57 MPa dan 41,28 MPa dengan penambahan 1% kadar superplasticizer. Penambahan kadar 1% superplasticizer (Sika Viscocrete 10) dinilai dapat menambahkan workability dari adukan beton dengan nilai slump yang didapat pada kadar fly ash 10% dan 20% adalah sebesar 21,5 cm meningkat sangat signifikan dibandingkan beton fly ash tanpa campuran 1% superplasticizer yang hanya menghasilkan nilai rata-rata slump sebesar 2,65 cm.

