

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Beton

Beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI 03-2834-2000).

3.2. Beton serat

Beton serat (*fibre reinforced concrete*) merupakan modifikasi beton konvensional dengan menambahkan serat pada adukannya. Serat yang digunakan dapat dibuat dari berbagai jenis bahan antara lain kawat, plastik, limbah kain, dan serabut kelapa. Beton serat diartikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat/*fibre* (ACI *Cocommitte* 544, 1982). Bahan-bahan serat yang dapat digunakan untuk perbaikan sifat beton pada beton serat antara lain baja, plastik, kaca, karbon serta serat dari bahan alami seperti ijuk, rami maupun serat dari tumbuhan lain (ACI, 1982).

3.3. Material Penyusun Beton

3.3.1. Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm (SNI 03-2834-2000). Syarat untuk agregat kasar menurut *ASTM C 33/03* antara lain :

1. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak beropori.

2. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca.
3. Tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton.
4. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.

Persyaratan mengenai proporsi gradasi saringan untuk campuran beton berdasarkan standar yang direkomendasikan *ASTM C 33/03 "Standard Specification for Concrete Aggregates"* (cek tabel 3.1).

Tabel 3.1 Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar

Diameter Saringan (mm)	Persentasi Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
25,00	100	100
19,00	90 – 100	95
12,50	-	-
9,50	20 – 55	37,5
4,75	0 – 10	5
2,36	0 – 5	2,5

(Sumber : ASTM C 33/03)

3.3.2. Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Menurut standar SK SNI S-04-1989-F sebaiknya dipilih agregat halus yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Harus terdiri dari butir – butir yang tajam dan keras.
2. Tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan).

Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur tidak

boleh lebih dari 12 % sedangkan apabila diuji dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18 %.

3. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5 %.
4. Tidak mengandung zat organik terlalu banyak, diuji dengan percobaan warna menggunakan larutan 3 % NaOH. Warna cairan di atas endapan agregat halus tidak boleh lebih gelap daripada warna standar / pembanding.
5. Tidak mengandung pasir laut karena dapat mengakibatkan korosi pada tulangan.
6. Mempunyai modulus halus butir antara 1,50 – 3,80 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.

Tabel 3.2 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus.

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
9,5 mm	100	100
4,75 mm	95 – 100	97,5
2,36 mm	80 – 100	90
1,18 mm	50 – 85	67,5
0,6 mm	25- 60	42,5
0,3 mm	5 – 30	17,5
0,15 mm	0-10	5

(Sumber : ASTM C 33/03)

3.3.3. Ordinary portland cement

Ordinary Portland Cement didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama 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 (SNI 15-2049-2004). Pada penelitian ini menggunakan *Ordinary Portland Cement Gresik*.

3.3.4. Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen, yang juga berfungsi sebagai pelumas antara butiran-butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan.

3.3.5. *Ground granulated blast furnace slag*

PT Krakatau Semen Indonesia menyatakan bahwa *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) merupakan residu pembakaran pada tanur (*furnace*) dari proses pemurnian baja atau produk samping dari pabrik baja seperti PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. dan anak perusahaannya PT Krakatau Posco yang sudah dihaluskan. GGBFS/GGBS atau Semen Slag utamanya mengandung kalsium, aluminium dan silika yang memiliki komposisi kimia tidak berbeda dengan bahan-bahan mineral alami termasuk bahan hidrasi seperti Semen Portland. Komposisi kimia pada *ground granulated blast furnace slag* dapat dilihat dalam tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kandungan Kimia *Ground Granulated Blast Furnace Slag*

No	Parameter	Oksida	Hasil Uji
1	Kalium Oksida	CaO	45,2%
2	Silikon Oksida	SiO ₂	34,80%
3	Aluminium Oksida	Al ₂ O ₃	14,79%
4	Sulfur Oksida	SO ₃	1,74%
5	Ferri Oksida	Fe ₂ O ₃	1,34%
6	Magnesium Oksida	MgO	0,99%

Lanjutan Tabel 3.3

No	Parameter	Oksida	Hasil Uji
7	Titanium Oksida	TiO ₂	0,55%
8	Kalium Oksida	K ₂ O	0,38%
9	Mangan Oksida	MnO	0,25%
10	Natrium Oksida	Na ₂ O	0,22%
11	Barium Oksida	BaO	0,08%
12	Phospor Oksida	P ₂ O ₅	0,05%

Sumber: Krakatau Semen Indonesia

Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi. Definisi slag dalam ASTM. C.989, “*Standard spesification for ground granulated Blast-Furnace Slag for use in concrete and mortar*”, (ASTM, 1995: 494) adalah produk non-metal yang merupakan material bentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalnya dengan mencelupkannya dalam air.

3.3.6. Reaksi hidrasi *ground granulated blast furnace slag*

Hasil utama dari reaksi yang terbentuk ketika GGBFS dicampur dengan semen dan air adalah sama dengan hasil reaksi ketika hanya semen yang digunakan, yakni kalsium silikat hidroksit (C-S-H)¹². Tetapi hidrasi dari GGBFS ditemukan lebih bersifat gel dibandingkan dengan hasil hidrasi dari semen saja, sehingga meningkatkan kepadatan pasta. Semakin banyak GGBFS yang bereaksi dan proses hidrasi maka pori pori yang dihasilkan semakin berkurang dengan ukuran pori pori yang lebih kecil (Gidion, 2013). Proses hidrasi GGBFS dapat dilihat pada gambar berikut.

3.3.7. Serabut kelapa

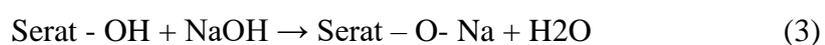
Menurut Ghazi, M. (2008) serabut kelapa berasal dari kulit kelapa yang telah dikeringkan dan diserut yang akan digunakan sebagai campuran beton dengan hasil analisa unsur kimia yang terkandung di dalamnya, yaitu

1. Mempunyai derajat keasaman dengan pH (H₂O), berkisar antara 6.0 - 6.4%,
2. KCl (Kalsium Klorida),
3. C/N (Karbon/Nitrogen) dengan rasio antara 25-35%

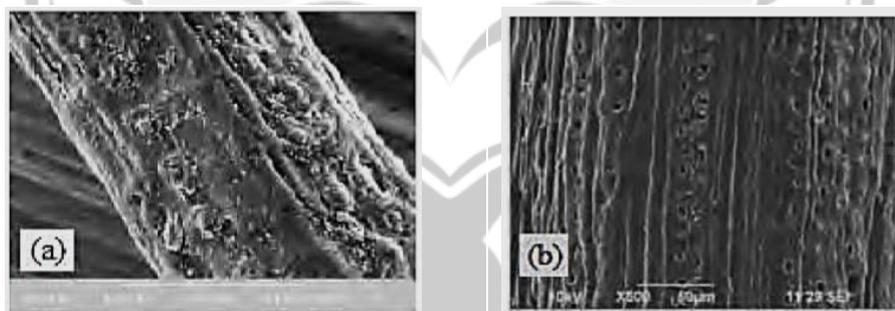
Buah kelapa sendiri terdiri atas serabut kelapa 35%, tempurung 12%, daging buah 28%, dan air buah 25%. Serabut kelapa merupakan bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, yang merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Serabut kelapa sendiri terdiri atas 78% dinding sel dan 22,2% rongga. Salah satu cara mendapatkan serat dari serabut kelapa yaitu dengan ekstraksi menggunakan mesin (Suhardiyono, 1989). Serabut kelapa memiliki sifat-sifat yang menguntungkan seperti mempunyai panjang 15 - 30 cm, tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat lain.

3.3.8. Perlakuan alkali serat serabut kelapa

Alkalisasi pada serat alami adalah metode yang telah digunakan untuk menghasilkan serat berkualitas tinggi. Alkalisasi pada serat merupakan metode perendaman serat ke basa alkali.



Alkaline treatment atau *mercerization* adalah perlakuan kimia yang paling sering digunakan untuk serat alami. Tujuan dari alkalisasi yang paling penting disini adalah mengacaukan ikatan hydrogen di stuktur 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) mengenai pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada serat serabut kelapa yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Serat serabut kelapa (a) Sebelum Alkalisasi

Gambar 3.2. Serat serabut kelapa (b) Sesudah Alkalisasi

(Sumber Karthikeyan et al., 2013)

Gambar 3.2(a), memperlihatkan permukaan dari serat serabut kelapa yang 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*, sebagian besar komposisi lignin dan pektin

dihilangkan yang menghasilkan permukaan yang lebih kasar seperti diperlihatkan pada Gambar 3.2 (b). Perlakuan alkali serabut kelapa pada penelitian ini ditetapkan sebesar 1,5 M.

3.4. Setting Time

Setting time merupakan suatu proses yang bertahap, maka setiap definisi dari waktu pengikatan beton harus diperlakukan secara tidak tetap. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan waktu ikat awal dan waktu ikat akhir dari binder beton. Standar pengujian *setting time* adalah SNI-03-6825-2002 tentang Metode pengujian waktu ikat menggunakan alat *vicat* untuk pekerjaan sipil. Waktu ikat awal akan ditentukan dari grafik penetrasi waktu, yaitu dimana penetrasi jarum *vicat* mencapai nilai 25 mm.

3.5. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besaran beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur saat diberikan gaya tekan dengan tekanan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan beton. Nilai kuat tekan beton diperoleh melalui pengujian standar menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan secara bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu sampai terjadi kehancuran benda uji (SK SNI 03-1974-1990). Benda uji yang digunakan untuk kuat tekan berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Untuk menentukan besarnya nilai kuat tekan beton dapat menggunakan rumus :

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (3-1)$$

keterangan:

f_c' = kuat tekan beton (MPa),
 P = beban tekan maksimum (N),
 A = luas penampang benda uji silinder (mm²).

3.6. Modulus Elastisitas Beton

Modulus Elastisitas merupakan suatu ukuran kekerasan (*stiffness*) dari suatu bahan tertentu. Modulus elastisitas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang diantaranya adalah sifat-sifat agregat dan semen, umur beton, jenis dan ukuran dari benda uji, kecepatan pembebanan.

Menurut Wang dan Salmon (1986) digunakan rumus nilai modulus elastisitas beton sebagai berikut:

$$E_c = \frac{f_c}{\epsilon_c} \quad (3-2)$$

Keterangan:

E_c = modulus elastisitas (MPa)
 f_c = Tegangan beton (MPa)
 ϵ_c = regangan beton

Pada umumnya, modulus sekan pada 25 sampai 50% dari kekuatan tekan f_c diambil sebagai modulus elastisitas (Wang dan Salmon, 1986). Pada penelitian ini menggunakan modulus sekan 30% dari kuat tekan f_c .

3.7. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (SK SNI 03-2491-2002), maka untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah masing-masing benda uji digunakan rumus.

$$f'_t = \frac{2P}{\pi LD} \quad (3-2)$$

Keterangan :

- f'_t = Kuat tarik belah (N/mm^2)
 P = Beban Maksimum (N)
 L = Tinggi Silinder Beton (mm)
 D = Diameter Silinder Beton (mm)

3.8. Kuat Tekan Mortar

Kuat tekan mortar merupakan gaya maksimum per satuan luas yang bekerja ada benda uji mortar semen Portland berbentuk kubus dengan ukuran tertentu serta berumur tertentu (SNI-03-6825-2002). Kuat tekan mortar dilakukan dengan benda uji mortar dengan dimensi 5x5x5 cm sebanyak 5 buah benda uji. Untuk menentukan besarnya nilai kuat tekan mortar dapat menggunakan rumus dengan konversi sebesar 0.83:

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A} \quad (3-3)$$

keterangan:

- σ_m = kuat tekan mortar (MPa),
 P_{maks} = gaya tekan maksimum (N),
 A = luas permukaan tekan (mm^2).