

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air. Jika diperlukan, bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan.

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1%-2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25%-40% , dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60%-75% (Mulyono, 2005).

Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, antaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pembuatan adukan beton, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya.

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibanding kuat tariknya, dan merupakan bahan getas. Nilai kuat tariknya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya, pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang bekerja menahan tarik (Dipohusodo, 1994).

Menurut Mulyono, 2005, untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing – masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari.

Kelebihan beton dibanding struktur lainnya :

1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
2. Mampu memikul beban yang berat
3. Tahan terhadap temperature tinggi
4. Biaya pemeliharaan yang kecil

Kekurangan beton dibanding struktur lainnya :

1. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah
2. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi

3. Berat
4. Daya pantul suara yang besar.

## **2.2 Sifat Beton segar**

Menurut Mulyono ( 2005 ), dalam pengerjaan beton segar, tiga sifat yang penting yang harus selalu diperhatikan adalah kemudahan pengerjaan, *segregation* (sarang kerikil) dan *bleeding* (naiknya air).

### **2.2.1 Workability**

Kemudahan pengerjaan (*Workability*) dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain :

1. Jumlah air pencampur  
Semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan.
2. Kandungan Semen  
Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga kplastisannya akan lebih tinggi.
3. Gradasi campuran pasir kerikil  
Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.
4. Bentuk Butiran agregat kasar  
Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan.
5. Butir maksimum.
6. Cara pemadatan dan alat pemadat.

### **2.2.2 Segregation (Pemisahan Kerikil)**

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal. Pertama, campuran kurus atau kurang semen. Kedua terlalu banyak

air. Ketiga, besar agregat maksimum lebih dari 40 mm, Keempat, permukaan butir agregat kasar; semakin kasar permukaan butir agregat, semakin mudah terjadi segregasi.

Kecenderungan terjadinya segregasi ini dapat dicegah jika: (1). Tinggi jatuh diperpendek, (2). Penggunaan air sesuai dengan syarat, (3). Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan, (4). Ukuran agregat sesuai dengan syarat, dan (5) Pemasakan baik.

### 2.2.3 *Bleeding*

Kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*). *Bleeding* ini dipengaruhi oleh:

1. Susunan butir agregat

Jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadinya *bleeding* kecil.

2. Banyaknya air

Semakin banyak air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya *bleeding*

3. Kecepatan hidrasi

Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya *bleeding*.

4. Proses Pemasakan

Pemasakan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

*Bleeding* ini dapat dikurangi dengan cara : (1). Memberi lebih banyak semen, (2). Menggunakan air sesedikit mungkin, (3). Menggunakan butir halus lebih banyak, dan (4). Memasukan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus.

## 2.3 Material Penyusun Beton

### 2.3.1 Semen

Semen merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oksid besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis. (Kardiyono, 1989)

Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Dalam campuran beton, semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif adalah kelompok yang berfungsi sebagai pengisi (Tjokrodimulyo, 1995).

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah prosentase empat komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa tipe semen yang sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia (PUBI, 1982) dibagi menjadi 5 jenis sebagai berikut:

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Semen Portland Menurut ASTM C.150

Jenis Semen	Sifat Pemakaian	Kadar Senyawa (%)				Panas Hidrasi 7 Hari (J/g)
		C3S	C2S	C3A	C4AF	
I	Normal	50	24	11	8	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	250
III	Kekuatan Awal Tinggi	60	13	9	8	500
IV	Pnas Hidrasi Rendah	26	50	5	12	210
V	Tahan Sulfat	10	40	9	9	250

( Sumber : ASTM C.150 )

Keterangan:

- a. Jenis I adalah semua semen portland untuk tujuan umum, biasa tidak memerlukan sifat-sifat khusus misalnya, gedung, trotoar, jembatan, dan lain lain.
- b. Jenis II semen portland yang tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang dan ketahanan terhadap sulfat lebih baik, penggunaannya pada pir (tembok di laut dermaga), dinding tahan tanah tebal dan lain-lain.
- c. Jenis III adalah semen portland dengan kekuatan awal tinggi. Kekuatan dicapai umumnya dalam satu minggu. Umumnya dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus cepat dipakai.
- d. Jenis IV adalah semen portland dengan panas hidrasi rendah. Dipakai untuk kondisi dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan masif seperti bendungan grafitasi yang besar. Pertumbuhan kekuatannya lebih lambat daripada kelas I.
- e. Jenis V adalah semen portland tahan sulfat, dipakai untuk beton dimana menghadapi aksi sulfat yang panas. Umumnya dimana tanah atau air tanah mengandung kandungan sulfat yang tinggi. (Tjokrodimulyo, 1995).

Pada umumnya semen berfungsi untuk:

1. Bercampur dengan untuk mengikat pasir dan kerikil agar terbentuk beton.
2. Mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat.

Faktor air semen (FAS) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah faktor air semen maka kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi.

Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.

Oleh sebab itu ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan maksimum. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Mulyono, 2003).

Pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, faktor air semen dapat diartikan sebagai *water to cementious ratio*, yaitu rasio total berat air (termasuk air yang terkandung dalam agregat dan pasir) terhadap berat total semen dan *additive cementious* yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi (Supartono, 1998).

### 2.3.2 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut ini, (Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

Menurut British Standard (BS.3148-80) ada kriteria yang harus dipenuhi oleh air yang akan digunakan sebagai campuran beton. Jika ketentuan-ketentuan dibawah ini tidak terpenuhi, sebaiknya air tidak digunakan untuk membuat campuran beton (Mulyono , 2005). Syarat- syarat tersebut antara lain :

1. Garam- garam Anorganik

Ion-ion utama yang biasa terdapat dalam air adalah kalsium, magnesium, natrium, kalium, bikarbonat, sulfat, klorida, nitrat dan kadang-kadang karbonat. Gabungan ion-ion tersebut tidak boleh lebih

besar dari 200 mg per liter. Garam – garam anorganik ini akan memperlambat waktu pengikatan beton dan menyebabkan menurunnya kekuatan beton.

## 2. NaCL dan Sulfat

Konsentrasi NaCL atau garam dapur sebesar 20000 ppm pada umumnya masih diijinkan, air campuran beton yang mengandung 1250 ppm natrium sulfat,  $NA_2SO_4 \cdot 10 H_2O$ , dapat digunakan dengan hasil yang memuaskan.

## 3. Air Asam

Air netral biasanya mempunyai pH sekitar 7.00. Nilai Ph > 7.00 menyatakan keadaan kebasaan dan nilai pH <7.00 menyatakan nilai keasaman. Semakin tinggi nilai Ph >3.00 semakin sulit kita mengelola pekerjaan beton.

## 4. Air Basa

Air dengan kandungan natrium Hidroksida sekitar 0.5 % dari berat semen, tidak banyak berpengaruh pada kekuatan beton, asalkan waktu pengikatan tidak berlangsung dengan cepat.

## 5. Air Gula

Apabila kadar gula dalam campuran dinaikan hingga 0,2 % dari berat semen , maka waktu pengikatan biasanya akan semakin cepat dan pada akhirnya waktu ikat semen akan berkurang pada usia 28 hari.

## 6. Minyak

Minyak mineral atau minyak tanah dengan konsentrasi lebih dari 2 %berat semen dapat mengurangi kekuatan beton hingga 20 %. Karena itu penggunaan air yang tercemar minyak sebaiknya dihindari.

## 7. Rumput Laut

Rumput laut yang tercampur dalam air campuran beton dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan beton secara signifikan. Bercampurnya rumput laut dengan semen akan mengakibatkan berkurangnya daya lekat dan menimbulkan terjadinya sangat banyak gelembung-gelembung udara dalam beton.

8. Zat organik, Lanau dan bahan terapung.

Kira-kira 200 ppm lempung terapung atau bahan-bahan halus yang berasal dari batuan diijinkan ada dalam campuran. Untuk mengurangi kadar lanau dan lempung dalam adukan beton, air yang mengandung lumpur harus diendapkan terlebih dahulu dalam bak-bak penampung sebelum digunakan.

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia, dengan semen untuk pembentukan pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata.

Air pada campuran beton akan berpengaruh pada :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen *Portland*, sehingga dihasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

### 2.3.3 Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Agregat menempati 70 % volume beton, sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat ataupun kualitas beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat sesuai dengan SNI 03-1750-1990 tentang Agregat Beton, Mutu dan Cara Uji.

Agregat yang dapat dipakai harus memenuhi syarat-syarat (Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Kerikil harus merupakan butiran yang keras dan tidak berpori.
2. Agregat harus bersih dari unsur organik.
3. Kerikil tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering.



4. Kerikil mempunyai bentuk yang tajam.

Dari ukurannya ini, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus (Ulasan PB,1989:9)(Mulyono, 2005).

1. Agregat halus adalah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5,0 mm (BS.812,1976).
2. Agregat Kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4,8 mm (SII.0052,1980) atau 4,75 mm(ASTM C33,1982) atau 5,0 mm (BS.812,1976).

Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih kasar dari 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susun beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

#### A. Agregat halus

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang biasa disebut abu batu.

Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %, serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton. Kegunannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan memberikan kelecakan.

Agregat halus yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut :

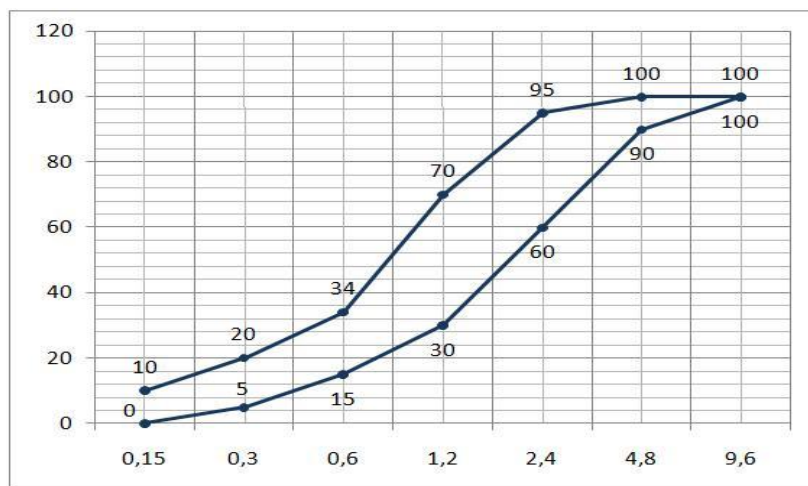
1. Pasir halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
2. Butirannya harus bersifat kekal.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat keringnya.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

Menurut SNI 03-2834-2000 Tentang Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar.

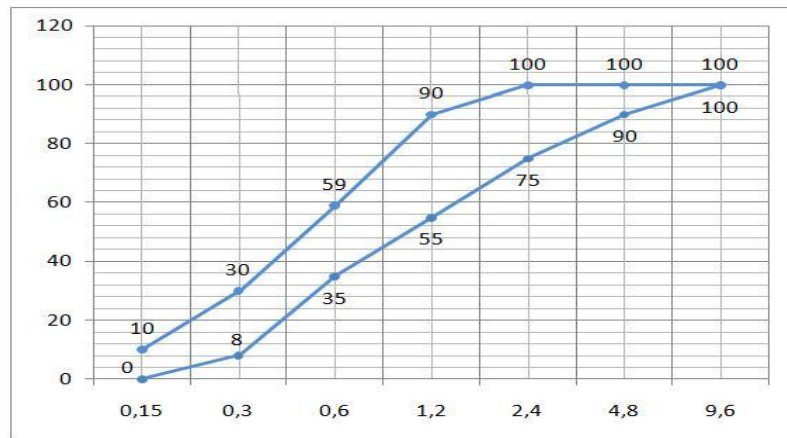
Tabel 2.2 Gradasi Agregat Halus menurut SNI

Ukuran Saringan	SNI 03 -2834 – 2000			
	Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
	Gradasi 1	Gradasi 2	Gradasi 3	Gradasi 4
9,6	100 -100	100 -100	100 -100	100 -100
4,8	90 - 100	90 - 100	92 – 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 – 100	95 - 100
1,2	30 - 70	55 – 90	75 - 100	90 – 100
0,6	15 - 34	35 – 59	60- 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 - 50
0,15	0 – 10	0 - 10	0 – 10	0 - 15

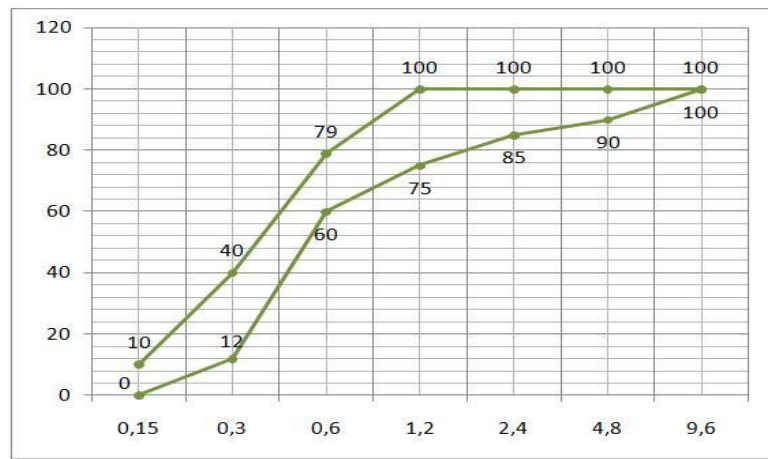
( Sumber : SNI 03-2834-2000 )



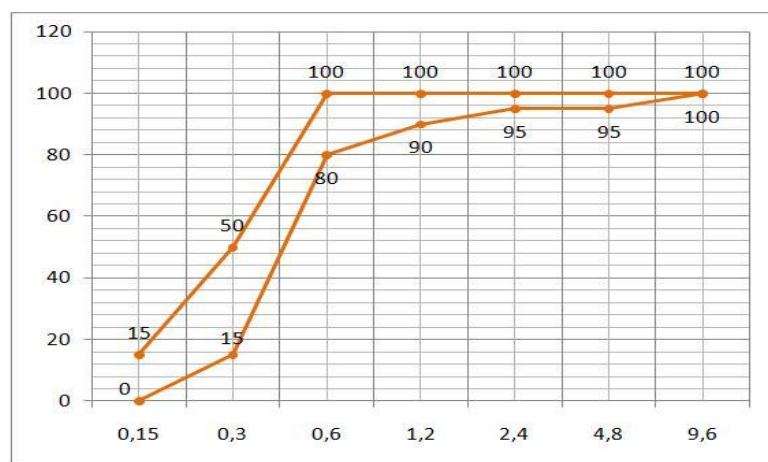
Grafik 2.1 Gradasi Pasir Kasar (Gradasi No.1 berdasar SNI-03-2834-2000)



Grafik 2.2 Gradasi Pasir Sedang (Gradasi No.2 berdasar SNI-03-2834-2000)



Grafik 2.3 Gradasi Pasir agak Halus (Gradasi No.3 berdasar SNI-03-2834-2000)



Grafik 2.4 Gradasi Pasir Halus (Gradasi No.4 berdasar SNI-03-2834-2000)

## B. Agregat Kasar

Agregat Kasar merupakan agregat dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa agregat tersebut harus mudah mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan. Syarat-syarat agregat kasar yang akan dicampurkan sebagai adukan beton adalah sebagai berikut:

- 1) Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Dari kadar agregat yang lemah bila diuji dengan cara digores menggunakan batang tembaga, maksimumnya 5%.
- 2) Agregat kasar terdiri dari butiran pipih dan panjang, hanya bisa dipakai jika jumlah butiran pipih dan panjang tidak melebihi dari 20% berat agregat seluruhnya.
- 3) Butir-butir agregat harus bersifat kekal (tidak pecah atau hancur) oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- 4) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, contohnya zat-zat reaktif dari alkali.
- 5) Lumpur yang terkandung dalam agregat kasar tidak boleh lebih dari 1% berat agregat kasarnya, apabila lebih dari 1% maka agregat kasar tersebut harus dicuci terlebih dahulu dengan air yang bersih.
- 6) Sifat kekal agregat bila diuji dengan larutan garam sulfat, maka disarankan bila menggunakan natrium sulfat, bagian yang hancur maksimum 2%. Disamping itu juga apabila menggunakan magnesium sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
- 7) Besar butiran agregat maksimum tidak boleh lebih dari  $\frac{1}{5}$  jarak terkecil antar bidang-bidang samping dari cetakan,  $\frac{1}{3}$  dari tebal plat, atau  $\frac{3}{4}$  dari jarak bersih minimum antara batang-batang atas berkas tulangan.
- 8) Keausan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan mesin Los Angeles dengan syarat-syarat tertentu.
- 9) Agregat kasar terdiri dari butir-butir beraneka ragam besarnya dan

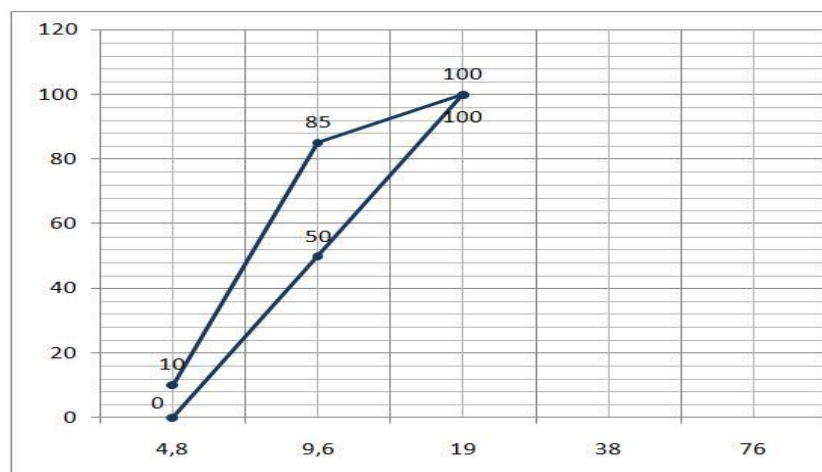
tidak melewati saringan 4,75 mm.

- 10) Agregat kasar juga harus memenuhi persyaratan gradasi agregat kasar yang telah ditentukan, persyaratan gradasi agregat kasar tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3 sebagai berikut :

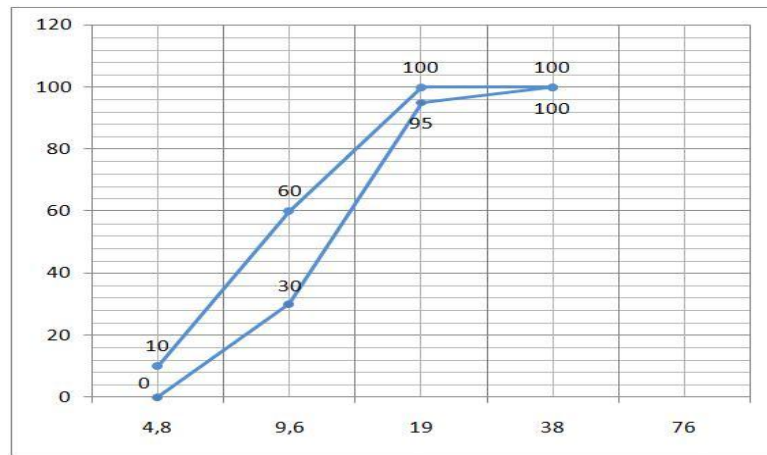
Tabel 2.3 Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	% Berat Butir yang Lewat Ayakan		
	Ukuran Maks 10mm	Ukuran Maks 20mm	Ukuran Maks 40mm
76			100 - 100
38		100 - 100	95 – 100
19,6	100 - 100	95 - 100	35 - 70
9,6	50 - 85	30 - 60	10 – 40
4,8	0 - 10	0 - 10	0 – 5

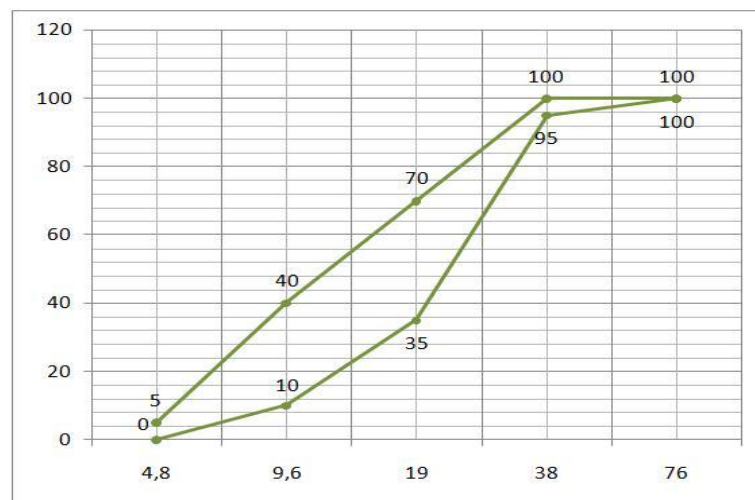
( Sumber: SNI-03-2834-2000)



Grafik 2.5 Gradasi Agregat Kasar (Gradasi maks 10 mm berdasar SNI-03-2834-2000)



Grafik 2.6 Gradasi Agregat Kasar (Gradasi maks 20 mm berdasar SNI-03-2834-2000)



Grafik 2.7 Gradasi Agregat Kasar (Gradasi maks 40 mm berdasar SNI-03-2834-2000)

## 2.4 Beton Berserat

Beton berserat merupakan campuran beton ditambah serat, umumnya berupa batang-batang dengan ukuran 5-500 $\mu$ m, dengan panjang sekitar 25 mm. Banyak sifat-sifat beton yang dapat diperbaiki dengan penambahan serat, diantaranya adalah meningkatnya 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*). Variasi serat, baik serat alami maupun buatan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Serat yang cocok untuk digunakan sebagai tulangan pada beton dibedakan menjadi dua macam yaitu Serat sintetis dan Serat alami. Serat sintetis biasa terbuat dari baja, kaca, dan polimer, sementara Serat alami biasa diambil dari tumbuh-tumbuhan.

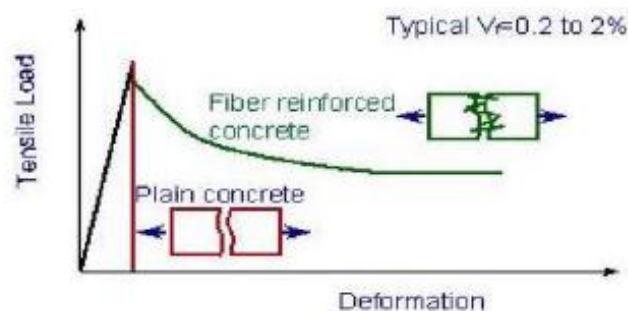
Tabel 2.4 Macam Serat

Tipe	Diameter, .001 in	Spesific Graftity	E ksi x 1000	Kuat Tarik ksi
<b>Baja</b>				
High Tensile	4 - 40	7.8	29	50 - 250
Stainless	.4 - 13	7.8	23.2	300
<b>Gelas</b>	.4 - .5	2.5 - 2.7	10.44 - 11.6	360 - 500
<b>Polymer</b>				
Polypropylene	20 - 160	0.9	0.5	90 - 110
Polyethylene	1 - 40	0.96	.725 - 25	29 - 435
Polyester	.4 - 3	1.38	1.45 - 2.5	80 - 170
Amarid	.4 - .47	1.44	9 - 17	525
Asbestos	.0008 - 1.2	2.6 - 3.4	23.8 - 28.4	29 - 500
Carbon	.3 - .35	1.9	33.4 - 55.1	260 - 380
<b>Alami</b>				
Kayu	.8 - 4.7	1.5	1.45 - 5.8	44 - 131
Sisal	< 8	-	1.89 - 3.77	41 - 82
Serabut kelapa	4 - 16	1.12 - 1.15	2.76 - 3.77	17 - 29
Bambu	2 - 16	1.5	4.79 - 5.8	51 - 73
Rumput gajah	17	-	.716	26

1 ksi = 6.895 MPa

1 in = 2.54 cm

(Sumber : American Concrete Institute)



Gambar 2.1 Grafik Perbandingan Gaya Tarik-Deformasi antara Beton Konvensional dan Beton Fiber (Brown Et Al. , 2002).

Material serat alami dapat diperoleh dengan harga yang terjangkau dan tingkat penggunaan energinya rendah dengan memanfaatkan teknologi dan sumber daya lokal. Penggunaan serat alami sebagai salah satu bentuk untuk memperkuat beton adalah hal yang sangat menarik untuk diimplementasikan di wilayah yang belum maju, bila material konstruksi konvensional tidak langsung tersedia atau harganya yang terlalu mahal (*Cement and Concrete Institute*, 2001).

Beton serat telah banyak digunakan untuk membuat genteng, lembaran bergelombang, pipa-pipa, gudang, dan tangki-tangki. Semen yang diperkuat dengan serat selulosa kayu mempunyai kegunaan komersial di dalam pembuatan lembaran datar dan bergelombang dan pipa-pipa tidak bertekanan (*Cement and Concrete Institute*, 2001). Sifat-sifat khas dari serat alami ditunjukkan pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Sifat-sifat Serat Alami

Jenis Serat	Kelapa	Sisal	Ampas Tebu	Bambu	Goni	Rami	Rumput Gajah	Penyokong Air	Musamba	Kayu
Panjang Serat, mm	50 - 100	N/A	N/A	N/A	175 - 300	500	N/A	N/A	N/A	2,5 - 5,0
Diameter Serat, mm	0,1 - 0,4	N/A	0,2 - 0,4	0,05 - 0,4	0,1 - 0,2	N/A	N/A	N/A	N/A	0,025 - 0,075
Kerapatan Relatif	1,12 - 1,15	N/A	1,2 - 1,3	1,5	1,02 - 1,04	N/A	N/A	N/A	N/A	1,5
Modulus Elastisitas, Gpa	19 - 26	13 - 26	15 - 19	33 - 40	26 - 32	100	5	5	1,0	N/A
Kuat tarik ultimit, Mpa	120 - 200	275 - 570	180 - 290	350 - 500	250 - 350	1000	180	70	80	700
Perpanjangan saat jeda %	10 - 25	3 - 5	N/A	N/A	1,5 - 1,9	1,8 - 2,2	3,6	1,2	9,7	N/A
Penyerapan Air %	130 - 180	60 - 70	70 - 75	40 - 45	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	50 - 70
Catatan N/A Sifat tidak siap tersedia atau tidak dapat dipakai										

(Sumber : *Cement dan Concrete Institute*, 2001)



Serat alami dibagi dalam 2 kategori yaitu serat alami diproses dan serat alami tanpa proses (*Cement and Concrete Institute, 2001*). Serat alami yang diproses adalah serat selulosa kayu. Selulosa kayu merupakan serat alami yang paling banyak digunakan, biasanya diperoleh dengan menggunakan proses *kraft*.

Proses ini meliputi perebusan potongan kayu dalam larutan sodium hidroksida, sodium karbonat dan sodium sulfida. Selulosa kayu mempunyai sifat-sifat mekanis yang relatif baik dibandingkan dengan berupa serat buatan manusia lain, seperti polypropylene, polythylene, polyester dan acrylic (*Cement and Concrete Institute, 2001*).

## 2.5 Serabut Kelapa (*fiber coconut*)

Sebagaimana diketahui, Indonesia yang dikenal sebagai produsen buah kelapa terbesar di dunia dengan luas areal kebun kelapa 3,8 juta hektar, memiliki produksi rata-rata 15,5 milyar butir/tahun atau setara dengan 3,02 juta ton kopra, 3,75 juta ton air, 0,75 juta ton arang tempurung, 1,8 juta ton serat sabut, dan 3,3 juta ton debu sabut (Mahmud & Yulius, 2004).



Gambar : 2.2 Serabut Kelapa

(Sumber: Dokumen Pribadi.)

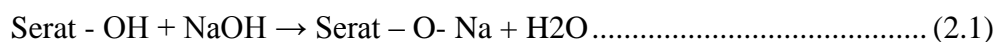
Sayangnya, buah kelapa yang dapat dimanfaatkan secara keseluruhan mulai dari hasil utamanya yaitu daging buah hingga hasil sampingan yang terdiri dari air, tempurung, dan sabut kelapa, oleh Indonesia masih kurang dimaksimalkan pemanfaatannya.

Hal ini terbukti dengan industri pengolahan buah kelapa di Indonesia umumnya masih terfokus kepada pengolahan hasil daging buah sebagai hasil utama, sedangkan industri yang mengolah hasil samping buah (*by-product*) seperti air, sabut, dan tempurung kelapa masih secara tradisional dan bersekala kecil, padahal potensi ketersediaan bahan baku untuk membangun industri pengolahannya masih sangat besar (Mahmud dan Ferry, 2005).

Dari kenyataan yang ada tersebut, menimbulkan pencemaran lingkungan berupa limbah, yang dalam konteks ini berupa sabut kelapa. Maka dari itu, pemanfaatan sabut kelapa sebagai bahan tambahan dalam campuran beton memiliki prospek yang sangat baik di masa depan, yaitu selain meningkatkan kuat lentur beton, juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang ada di Indonesia.

Serabut kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, merupakan bagian terluar dari buah kelapa (Suhardiyono, 1989). Buah kelapa sendiri terdiri atas serabut 35%, tempurung 12%, daging buah 28%, dan air buah 25%. Adapun sabut kelapa terdiri atas 78% dinding sel dan 22,2% rongga. Salah satu cara mendapatkan serat dari sabut kelapa yaitu dengan ekstraksi menggunakan mesin. Serat yang dapat diekstraksi diperoleh 40% serabut berbulu dan 60% serat matras. Dari 100 gram serabut yang diabstrasikan diperoleh sekam 70 bagian, serat matras 18 bagian, dan serat berbulu 12 bagian. Dari segi teknis sabut kelapa memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, antara lain mempunyai panjang 15-30 cm, tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat lain. Menurut (Asassutjarita et al, 2007) serat sabut kelapa terdiri dari 16,8% Hemiselulosa, 68,9% Selulosa dan 32,1% Lignin.

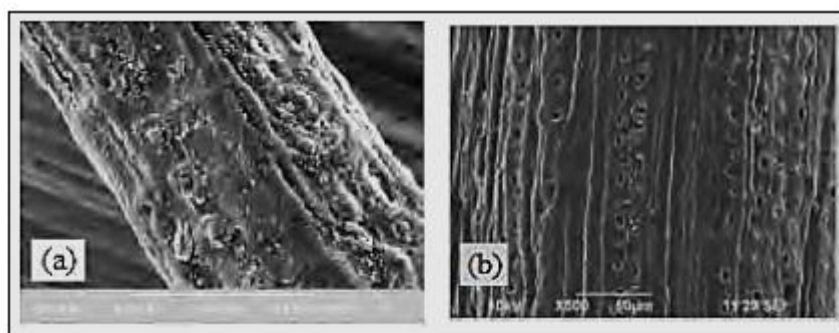
Penggunaan Sodium Hidroksida dalam penelitian sebelumnya bertujuan untuk mengubah permukaan *fiber* menjadi kasar, sehingga meningkatkan kelekatan mekanis dan juga menyebabkan semakin banyaknya jumlah selulosa yang terekspos. Hal ini dapat meningkatkan jumlah tempat yang memungkinkan untuk terjadinya reaksi adhesi yang berguna untuk meningkatkan kelekatan antara *fiber* dan matriks (Hashim et al. , 2012).



*Alkaline treatment* 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) melakukan pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada serat sabut kelapa yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



(Sumber : *Journal of Scientific & Industrial Research* Vol.72, February 2013)

Gambar 2.3. Serat Sabut kelapa (a) sebelum Alkalisasi (b) sesudah Alkalisasi

Pada Gambar 2.3(a) dan (b) menunjukkan serat sabut kelapa sebelum dan sesudah dilakukan *alkali treatment*. Dari Gambar 2.3(a), dapat dilihat permukaan dari serat sabut kelapa diselimuti 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 yang dapat dilihat pada Gambar 2.3(b).

Terlihatlah bagaimana perbedaan tekstur serat serabut kelapa apabila diberikan alkalisasi dan tidak.

Pada penelitian kali ini bertujuan untuk melihat bagaimana performa beton terhadap perlakuan *alkali treatment* terhadap kuat tekan dan uji keausan pada beton.

Serabut kelapa dalam penelitian kali ini merupakan hasil pengolahan yang dilakukan oleh Balitek Sembawa yang kemudian dilakukan proses untuk menjadi barang jadi pada program Inkubator Bisnis Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Sumatera Selatan (BALITBANGNOVDA) yang terdapat didalam Pondok Pesantren Ma'ariful Ulum Kelurahan Talang Keramat, Kecamatan Talang Kelapa Kabupaten Banyuasin.

Serabut Kelapa yang digunakan dalam penelitian ini memiliki panjang  $\pm 5$  cm sesuai dengan ketentuan panjang serat menurut *American Concrete Institute* yang akan dilakukan perlakuan alkali *treatment* menggunakan larutan NaOH dengan Molaritas 1.50 M untuk meningkatkan kekuatan serabut.

## **2.6 Pengujian**

### **2.6.1 Slump Test**

*Slump* beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*) / plastisitas dan kohesif dari beton segar. *Slump* merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil.

Metode Pengujian Slump Beton berdasarkan Tentang SNI 03-1972-1990. *Slump* merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton.

Semakin tinggi tingkat kelecakan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaannya (nilai *workability* tinggi).

Nilai slump berbagai macam struktur diperlihatkan pada Tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6 Nilai Slump Untuk Berbagai Macam Struktur

URAIAN	Nilai Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	80	25
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi di bawah tanah	80	25
Pelat, balok, kolom dan dinding	100	25
Perkerasan Jalan	80	25
Pembetonan Missal	50	25

(Sumber: Tjokrodimulyo :1992)

### 2.6.2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian ini mengacu pada SNI 03-1974-1990 tentang Metode pengujian kuat tekan beton.

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian ini untuk menentukan kuat tekan (*compressive strength*) beton dengan benda uji yang dibuat dan dimatangkan (*curing*) di laboratorium maupun di lapangan.

Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200kg/cm<sup>2</sup> sampai 500kg/cm<sup>2</sup>. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa kubus dengan ukuran 15cm x 15cm x 15cm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan

mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm<sup>2</sup>.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2. 2)$$

Keterangan:

$\sigma$  = kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>)

$P$  = beban maksimum (kg)

$A$  = luas penampang benda uji (cm<sup>2</sup>)

### 2.6.3 Pengujian Keausan Beton

Metode yang dipakai untuk uji keausan beton tidak ada standar maupun SNI yang baku, namun dalam penelitian ini hanya sebuah pendekatan dalam melakukan pengujian beton dengan mesin abrasi *Los angeles*.

Pengujian lain yang dilakukan dengan *Los Angeles* adalah pengujian Keausan Aspal yakni *Cantabro Test* atau pengujian pelepasan butir agregat. Pengujian *Cantabro* dilakukan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi dengan mesin *Los Angeles*, gambar alat dapat dilihat pada gambar 3.2. Benda uji yang didiamkan selama 48 jam pada suhu ruang dan minimal 6 (enam) jam sebelum pengujian suhu harus dijaga berada pada suhu ruang. Sebelum benda uji dimasukkan kedalam drum mesin *Los Angeles* terlebih dahulu ditimbang untuk mendapatkan berat sebelum diabrasi ( $M_0$ ). Selanjutnya benda uji dimasukkan ke drum mesin *Los Angeles* tanpa bola baja. Mesin *Los Angeles* kemudian dijalankan dengan kecepatan antara 30-33 rpm sebanyak 300 putaran. Setelah selesai benda uji dikeluarkan dan ditimbang dengan berat setelah abrasi ( $M_i$ ).

Pengujian kali ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan setiap persentase kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan test abrasi dengan mesin *Los Angeles* dengan mengacu pada SNI 2417:2008.

Cara uji ini sebagai pegangan untuk menentukan ketahanan beton terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi *Los Angeles*. Tujuannya untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen.

Dalam pengujian ini menggunakan 500 putaran dengan 11 bola baja. Untuk menghitung hasil pengujian, gunakan rumus berikut:

$$\% \text{ Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

a = berat benda uji semula, dinyatakan dalam gram;

b = berat benda uji tertahan saringan No.12 (1,70 mm), dinyatakan dalam gram.

## 2.7 Tinjauan Penelitian Terkait

Penelitian – penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini anatara lain :

1. Pengaruh Pemanfaatan Serat Sabut Kelapa dengan Perlakuan Alkali terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton dalam Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra oleh Fandy dan Anita.
2. Pengaruh penambahan serat tandan kosong kelapa Sawit terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton oleh Satwarniat dalam penelitian yang dilakukan di Jurusan Teknik Sipil Politeknik Unand.
3. Pengaruh penambahan serat ijuk dan serabut kelapa terhadap kuat tekan pada beton normal K-100 oleh Tri Wahyudi, Fakultas Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian.