

## BAB III

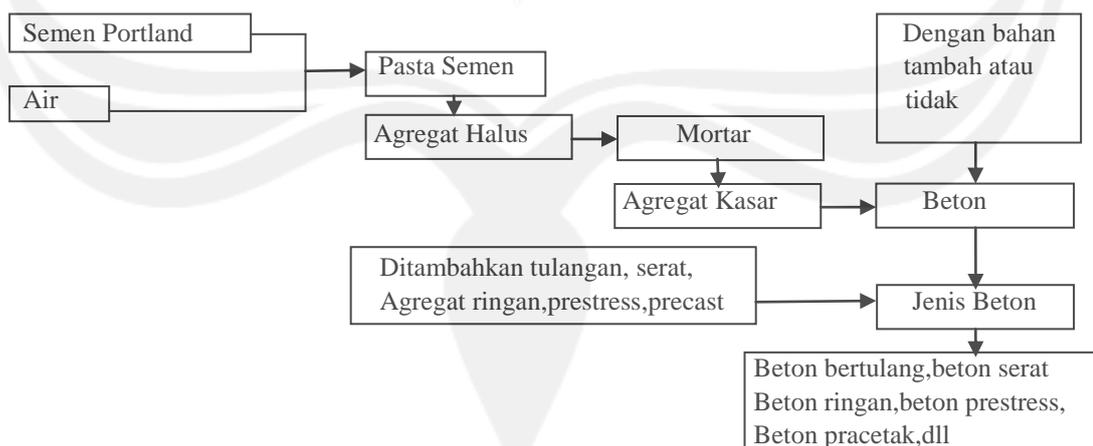
### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Beton

Menurut SKBI.1.4.53-1989, beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau sembarang semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Macam dan jenis beton menurut bahan pembentuknya adalah beton normal, bertulang, pra-cetak, pra-tekan, beton ringan, beton tanpa tulangan, beton *fiber* dan lainnya.

Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambah dengan agregat halus menjadi mortar dan jika di tambah dengan agregat kasar menjadi beton (Mulyono, 2004).

Proses terbentuknya beton dapat dilihat pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1 Proses terbentuknya beton**

### 3.2. Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton

Beton akan memiliki kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas. Dalam teknologi beton dijelaskan bahwa faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton ialah:

1. Jumlah semen
2. Faktor air semen,
3. Sifat agregat,
4. Umur beton,

#### 3.2.1. Jumlah Semen

Pada jumlah kandungan agregat yang normal, pengaruh jumlah volume agregat per kubik beton sebenarnya hanya kecil. jika faktor air semen sama, Beton dengan kandungan semen lebih sedikit mempunyai kekuatan lebih tinggi, hal ini karena jumlah semen sedikit berarti jumlah air juga sedikit, pastinya juga sedikit, yang berarti kandungan pori lebih sedikit dari pada beton dengan kandungan semen banyak. Perlu diperhatikan bahwa jika faktor air semen sama dan kandungan semen lebih sedikit akan terjadi adukan yang lebih kental (nilai *slump* lebih rendah) sehingga pemadatan lebih sulit.

Jika nilai *slump* sama, nilai faktor air semen berubah. Beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi jika kandungan semen lebih banyak. Hal ini karena nilai *slump* ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja. Jika jumlah semen banyak berarti nilai faktor air semen berkurang dan kekuatan beton meningkat. (Tjokrodinuljo,1996).

### **3.2.2. Faktor Air semen**

Faktor air semen merupakan perbandingan jumlah air dengan jumlah semen. Perkiraan faktor air semen tidak dapat terlalu besar karena jika faktor air semen terlalu besar maka pasta semen akan terlalu encer sehingga pada waktu pemadatan pasta semen akan mengalir ke bawah dan tidak menyelimuti permukaan agregat. Jika faktor air semen terlalu rendah maka pasta semennya tidak cukup menyelimuti butir-butir agregat kasar penyusun beton.

### **3.2.3. Sifat Agregat dalam Campuran Beton**

#### **a. Serapan Air dan kadar Air**

Serapan air dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah atau mengurangi air dari pastinya.

Kadar air agregat dapat dibedakan menjadi empat jenis. Pertama, kadar air kering tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair. Kedua, kadar air kering udara, yaitu kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air. Ketiga, jenuh kering permukaan, yaitu keadaan dimana tidak ada air dipermukaan agregat tetapi agregat tersebut masih mampu menyerap air. Keempat, kondisi basah, yaitu kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air, sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton.

#### **b. Berat Jenis dan Daya Serap Agregat**

Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton

sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam beton. Hubungan antara berat jenis dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air agregat tersebut.

### **c. Gradasi Agregat**

Untuk mendapatkan campuran agregat beton yang baik kadang-kadang kita harus mencampur beberapa jenis agregat. dalam pekerjaan beton yang banyak digunakan adalah agregat normal dengan gradasi yang memenuhi syarat standar, namun untuk keperluan yang khusus sering dipakai agregat ringan ataupun agregat berat.

### **d. Modulus Halus Butir**

Modulus halus butir (*Finnes modulus*) atau biasa disingkat dengan MHB ialah suatu indek yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat (Mulyono, 2004). MHB didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan, kemudian nilai tersebut dibagi dengan seratus. Makin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butiran agregatnya. Umumnya agregat halus mempunyai MHB sekitar 1.5-3,8 dan krikil mempunyai nilai MHB 5-8. Nilai ini juga dapat dipakai untuk mencari perbandingan dari campuran agregat.

### **e. Umur Beton**

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan tekan beton pada kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan tekan rencana

beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I (OPC-1). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja tekannya (Mulyono, 2004).

Kecepatan bertambahnya kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain: jenis semen, suhu keliling beton, faktor air-semen dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton. Hubungan antara umur dan kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel 3.1. (Tjokrodinuljo, 2007).

Tabel 3.1 Rasio Kuat Tekan Beton pada Berbagai Umur

Umur beton	3	7	14	21	28	90	369
Semen Portland biasa	0,4	0,65	0,88	0,95	1	1,2	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,9	0,95	1	1,15	1,2

Sumber: (Tjokrodinuljo, 2007).

### 3.3. Beton Ringan

Beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat jenis tidak lebih dari 1800 kg/m. Pada dasarnya beton ringan diperoleh dengan cara pemberian gelembung udara kedalam campurannya. Oleh karena itu pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara-cara berikut:

- a. Dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen, dengan demikian akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam beton nya.

Bubuk alumunium ditambah kedalam semen dan akan timbul gelembung-gelembung udara.

- b. Dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung, dengan demikian beton yang terjadi pun akan lebih ringan daripada beton normal
- c. Pembuatan beton tidak menggunakan agregat halus, Beton yang dihasilkan merupakan beton non pasir, beton jenis ini hanya dibuat dengan penggunaan ukuran butir maksimum butir agregat kasar sebesar 10 atau 20 mm. Beton non pasir mempunyai pori-pori yang hanya berisi udara ( yang semula terisi oleh butir-butir agregat halus) ( Tjokrodimulyo, 2007)

Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, ressidu batu-bara, dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik (Holm, 1994:522). Berat jenis agregat berdasarkan kepentingan strukturnya berkisar antara 1440-1850 kg/m<sup>3</sup>. Dan kuat tekan umur 28 hari lebih dari 17.2 MPa.

Jenis-jenis beton ringan berdasarkan berat jenis dan kuat tekan dapat dilihat pada tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Jenis-Jenis Beton Ringan Menurut Dobrowolski ( 1998) dan Neville and Broke (1987)**

Sumber	Jenis beton ringan	Berat Jenis Beton (kg/m <sup>3</sup> )	Kuat Tekan ( MPa)
Dobrowolski (1998)	Beton dengan berat jenis rendah ( <i>Low Density Concrete</i> )	240-800	0,35-6,9
	Beton ringan dengan kekuatan menengah ( <i>Moderates-Strenght Lightweight concrete</i> )	800-1440	6,9-17,3
	Beton ringan struktur (Structure Lightweight concrete)	1440-1900	>17,3
Neville and Broke ( 1987)	Beton ringan penahan panas ( <i>insulating concrete</i> )	< 800	0,7-7
	Beton ringan untuk pemasangan batu ( Masonry concrete)	500-800	7-14
	Beton ringan struktur (structural lightweight concrete)	1400-1800	>14

### 3.4. Bahan Penyusun Beton Ringan

#### 3.4.1. Semen Portland

Semen dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan penggunaannya. Jenis semen berdasarkan kegunaannya adalah sebagai berikut.

1. Jenis I, yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada semen jenis lain.
2. Jenis II yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

4. Jenis IV yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi terhadap sulfat (SNI-15-2049-2004).

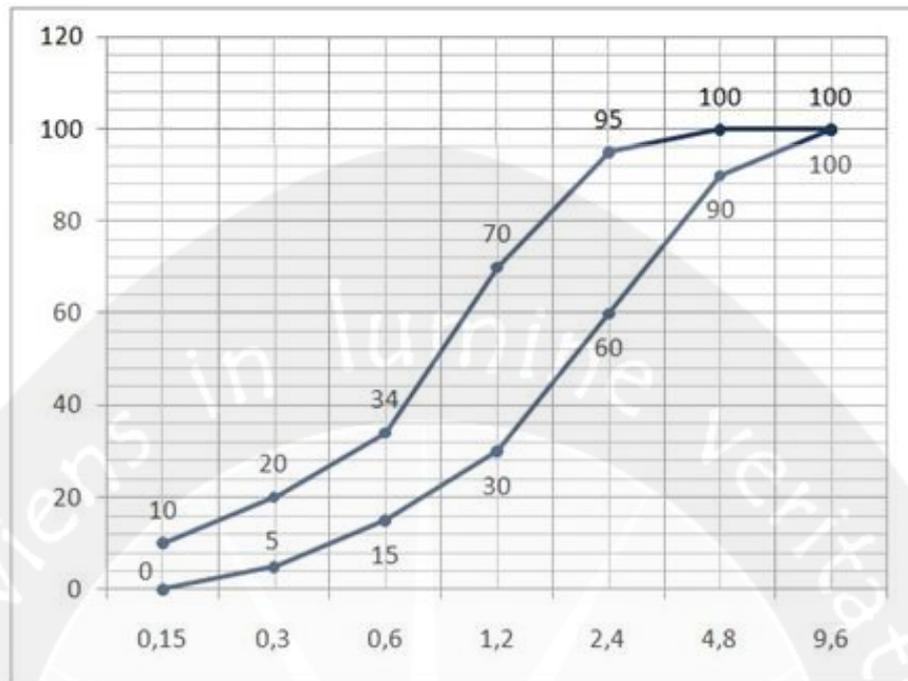
### 3.4.2. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) adalah batuan yang mempunyai ukuran butir 0,15-5 mm. agregat halus dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai, atau dari tepi laut. Oleh karena itu pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam. Yaitu, pasir galian, pasir sungai dan pasir laut.

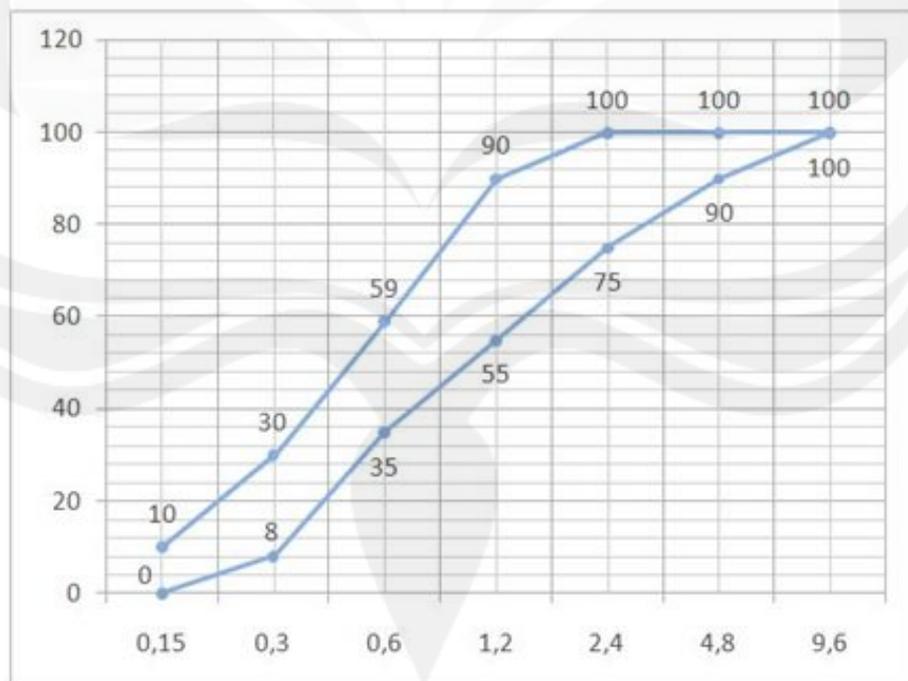
Berdasarkan SK.SNI T-15-1990-03. Agregat halus dikelompokkan dalam empat *zone* (daerah) seperti dalam tabel 3.3.

**Tabel 3.3 Batas Gradasi Agregat Halus**

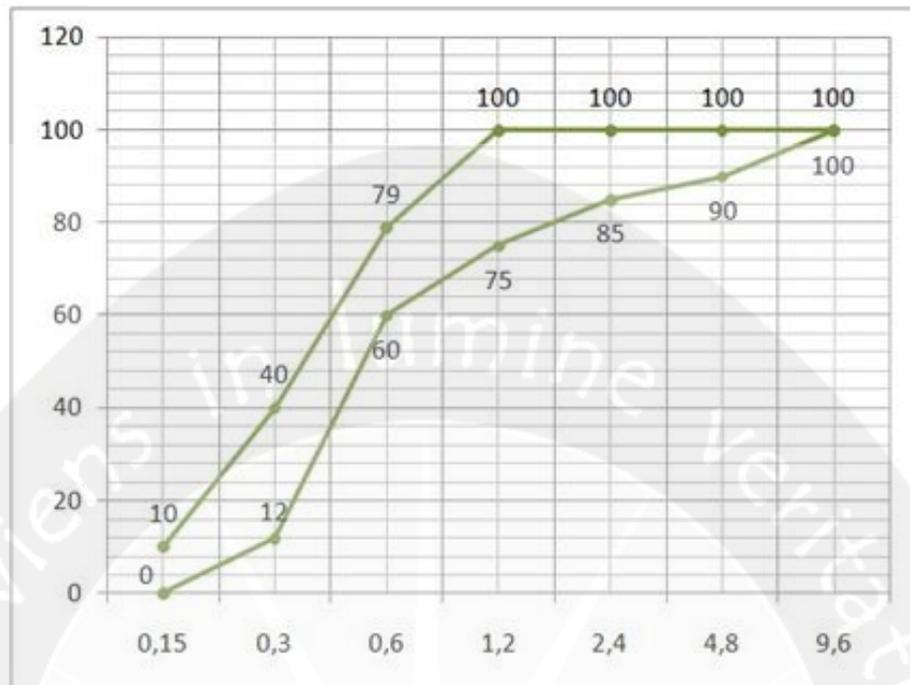
Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Halus	Sangat halus
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15



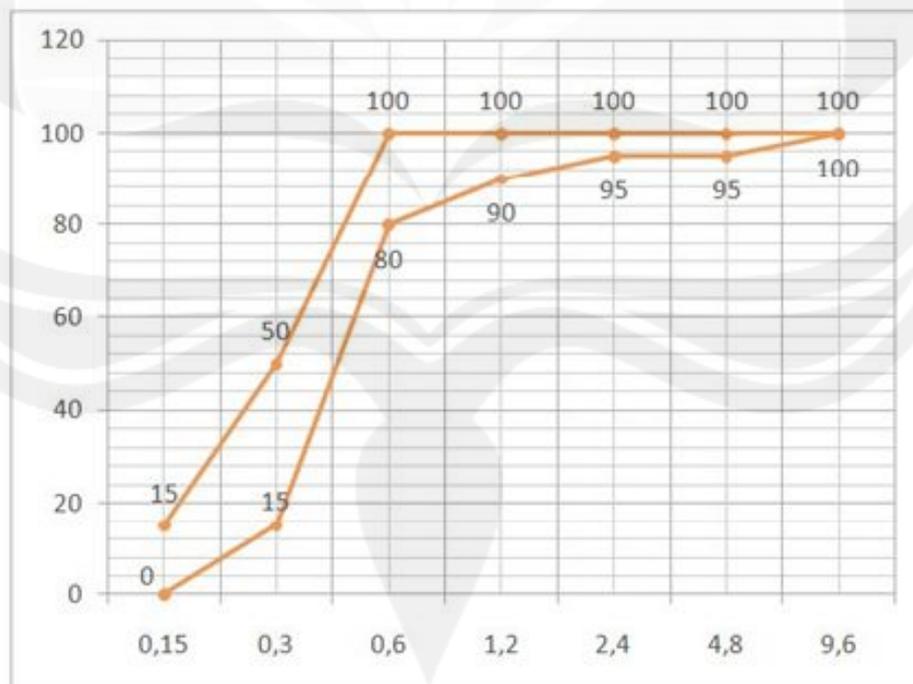
Gambar 3.2 Grafik Gradasi Pasir Kasar



Gambar 3.3 Grafik Gradasi Pasir Sedang



Gambar 3.4 Grafik Gradasi Pasir Agak halus



Gambar 3.5 Grafik Gradasi Pasir halus

### 3.4.3. Agregat Kasar

Tjokrodimulyo, dalam bukunya menyatakan agregat adalah butiran alami yang berfungsi sebagai campuran mortar atau beton. Agregat ini menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton.

Menurut Tjokrodimulyo (2007), agregat kasar dapat dibedakan menjadi 3 berdasarkan berat jenisnya, yaitu agregat normal, agregat berat, agregat ringan.

#### 1. Agregat Normal

Agregat normal ialah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7. Agregat ini biasanya berasal dari agregat granit, basalt, kuarsa, dan sebagainya. Beton yang dihasilkan berberat jenis sekitar 2,3 dengan kuat tekan antara 15 MPa sampai 40 MPa. Beton nya disebut beton normal.

#### 2. Agregat berat

Agregat berat berberat jenis lebih dari 2,8 misalnya magnetic ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), barites ( $\text{BaSO}_4$ ), atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan juga berat jenis nya tinggi (sampai 5), yang efektif sebagai dinding pelindung sinar X.

#### 3. Agregat Ringan

Agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari  $2,0 \text{ gr/cm}^3$  yang biasanya dibuat untuk non-struktural, akan tetapi dapat pula untuk beton structural atau blok dinding tembok. Kebaikannya ialah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan fondasinya kecil. Agregat ringan dapat diperoleh secara alami maupun buatan. Agregat ringan alami misalnya diatomite, pumice, volcanic cinder. Adapun agregat ringan buatan misalnya tanah bakar (*bloated clay*), abu terbang (*fly ash*), busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnace slag*). Pada

umumnya beton dari agregat ringan, selain bobotnya rendah juga mempunyai sifat lebih tahan api dan sebagai bahan isolasi panas yang lebih baik.

Agregat ringan umumnya mempunyai daya serap air yang tinggi, sehingga dalam pengadukan beton cepat keras hanya dalam beberapa menit saja setelah pencampuran, untuk itu perlu diadakan pembasahan agregat terlebih dulu sebelum pengadukan. Dalam pencampuran sebaiknya air yang dibutuhkan dan agregat dicampur terlebih dahulu, kemudian semennya. Diperkirakan sekitar 6 liter air tambahan per meter kubik beton dengan agregat ringan untuk menambah nilai slump adukan sebesar 25 mm. untuk memperoleh kuat tekan yang cukup, jumlah semen yang dibutuhkan kira-kira 350 kg per meter kubik beton nya, atau lebih. (Tjokrodimulyo, 1996).

**a. Batu Apung (*Pumice*)**

Batu apung adalah salah satu batuan sedimen, yaitu batuan folkanis yang bobotnya sangat ringan karena sangat berpori, *pumice* biasanya berwarna terang atau kulit keputih-putihan. Karena bobotnya yang ringan, maka jika digunakan sebagai agregat pembuat beton akan diperoleh beton yang ringan. (Setty dalam Tjokrodimulyo, 1996)

Batu apung merupakan batuan yang berwarna terang biasanya berwarna seperti ada lapisan kaca dengan berat satuan 500-900 kg/m<sup>3</sup>. Beton yang menggunakan agregat ini akan mempunyai sifat penyerapan air yang cukup tinggi dengan berat beton 700-1400 kg/m<sup>3</sup>.

Penggunaan batu apung memiliki kelebihan diantaranya adalah:

1. Pumice ramah lingkungan, karena dapat dimanfaatkan tanpa melalui proses pembakaran. Sehingga tidak banyak menimbulkan polusi udara.
2. Lebih murah karena tersebar di wilayah DIY, bahkan Indonesia.
3. Dapat menyerap tenaga kerja di sekitar lokasi penambangan.

**b. Kekuatan Tekan Agregat Ringan**

Kekuatan tekan hasil uji beton menggunakan agregat ringan diambil berdasarkan rata-rata tiga benda uji. Prosedur pembuatan beton dan pengambilan contoh untuk pembuatan beton yang menggunakan agregat ringan harus sesuai dengan syarat SNI ataupun syarat lainnya yang sesuai dengan ketentuan. Rata-rata kuat tekan minimum yang harus dimiliki beton yang menggunakan agregat ringan didasarkan atas berat isi kering maksimum, seperti dalam tabel 3.4. jika ada nilai berat isi yang berada pada nilai tengah tabel maka dilakukan interpolasi (Mulyono, 2004).

**Tabel 3.4 Berat Isi dan Kuat Tekan**

Rata-rata berat isi kering maks ( kg/m <sup>3</sup> )	Kekuatan Tekan Minimum (MPa)
<b>Semua Agregat Ringan</b>	
1760	28
1780	21
1600	17
<b>Agregat ringan menggunakan pasir</b>	
1840	28
1760	21
1680	17

Sumber : (Mulyono, 2004)

### **3.5. Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan**

Menurut SNI 03-3449-1994, Proporsi campuran beton harus memenuhi syarat tentang kekecekan, berat isi, kekuatan, keawetan, dan bersifat ekonomis. Sedangkan campuran beton untuk pekerjaan konstruksi atau penggunaan bahan yang berbeda, direncanakan secara terpisah berdasarkan sifat bahan yang akan dipakai dalam produksi beton ringan.

Bahan yang digunakan adalah air, semen, agregat sesuai dengan standar yang berlaku. Pemilihan proporsi campuran beton ringan ditentukan berdasarkan hubungan kuat tekan terhadap berat jenis, berat jenis terhadap jumlah fraksi agregat ringan dan kuat hancur agregat tidak boleh lebih besar dari kuat tekan adukan.

Perhitungan proporsi campuran. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dihitung dari harga deviasi standar dan nilai tambah, berat isi beton ringan, pemilihan agregat dan proporsi campuran beton ringan.

Cara pengerjaan beton ringan. Pertama, tentukan nilai kuat tekan beton ringan  $f_c'$  pada umur 28 hari. Hitung standar deviasi, nilai tambah, kuat tekan beton ringan rata-rata. Pilih agregat ringan kasar dan halus, sesuai rencana kuat tekan. Tentukan kuat hancur agregat dan hitung jumlah fraksi agregat kasar ( $n_f$ ), Tentukan kuat tekan dan berat isi, susunan campuran adukan dari laboratorium. Hitung kadar agregat kasar, agregat halus, air, semen. Lakukan koreksi terhadap hasil pengujian.

### 3.6. *Workability*

*Workability* adalah tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan tanpa homogenitas beton berkurang dan beton tidak mengalami *bleeding* (pemisahan) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan.

*Workability* meliputi sifat-sifat berikut ini:

1. *Mobility* adalah kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan.
2. *Stability* adalah kemampuan adukan beton untuk selalu tetap homogen, selalu mengikat (koheren), dan tidak mengalami pemisahan butiran (*segregasi* dan *bleeding*).
3. *Compactibility* adalah kemudahan adukan beton untuk dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat berkurang.
4. *Finishibility* adalah kemudahan adukan beton untuk mencapai tahap akhir yaitu mengeras dengan kondisi yang baik.

Beberapa unsur yang dapat mempengaruhi sifat *workability* antara lain adalah sebagai berikut:

1. Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Semakin banyak air yang digunakan, maka beton segar semakin mudah dikerjakan.
2. Penambahan semen dalam campuran juga akan memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai *fas* tetap.

3. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
4. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
5. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan.
6. Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan (Tjokrodimuljo, 1996).

### **3.7. Segregation**

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil pada beton akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton (Mulyono, 2004).

Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal, yaitu:

1. campuran yang kurang semen,
2. terlalu banyak air,
3. ukuran maksimum butir agregat lebih dari 40 mm,
4. permukaan butir agregat kasar yang terlalu kasar.

Kecenderungan terjadinya segregasi ini dapat dicegah dengan cara:

1. tinggi jatuh diperpendek,
2. penggunaan air sesuai syarat,
3. cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan,

4. ukuran agregat sesuai dengan syarat,
5. pemadatan baik.

### 3.8. *Bleeding*

*Bleeding* adalah Kecenderungan air untuk naik ke permukaan pada beton yang baru dipadatkan. Air akan naik membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*) (Mulyono, 2004).

*Bleeding* dipengaruhi oleh hal-hal berikut ini:

1. susunan butir agregat, jika komposisinya sesuai kemungkinan *bleeding* kecil,
2. banyak air, semakin banyak air akan memungkinkan terjadinya *bleeding*,
3. kecepatan hidrasi, semakin cepat beton mengeras semakin kecil terjadinya *bleeding*,
4. proses pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan *bleeding*.

### 3.9. Nilai *Slump*

Nilai *slump* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecikan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (*workability*). Semakin besar nilai *slump* maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai *slump*, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan. Penetapan nilai *slump* untuk berbagai pengerjaan beton dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.5 Penetapan Nilai *Slump* adukan beton

Pemakaian beton berdasarkan jenis struktur yang dibuat	Nilai <i>Slump</i> (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan stuktur dibawah tanah	9	2,5
Pelat, balok, kolom, dinding	15	7,5
Perkerasan jalan	7,5	5
Pembetonan masal ( beton massa)	7,5	2,5

Sumber: (Tjokrodimulyo,2007)

### 3.10. Kuat Tekan Beton

Kekuatan adalah kemampuan beton menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. (Mulyono,2004)

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

$f'c$  = Kuat Tekan (MPa)

$P$  = Beban tekan (N)

$A$  = Luas penampang Benda uji ( mm<sup>2</sup>)

### 3.11. Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas. Dimensi benda uji untuk kuat lentur dapat dilihat pada tabel berikut ini. (SNI 03-2493-1991).

**Tabel 3.6 Ukuran Benda Uji Berbentuk Prisma**

Jenis Benda Uji	Ukuran (mm)
Kubus	150x150x150
	200x200x200
Balok	500x100x100
	600x150x150

Pada penelitian Ini akan dilakukan pengujian pada beton dengan balok uji sederhana dengan sistem pembebanan 2 titik. Analisis dilakukan dengan menggunakan Persamaan berdasarkan ASTM C 78-02 dan tercantum dalam SNI berikut ini.

1. Bila akibat pengujian patahnya benda uji berada didaerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik beton, maka dihitung menurut persamaan

$$f_{lt} = \frac{p.l}{b.d^2} \quad (3-2)$$

2. Bila akibat pengujian benda uji patah diluar pusat (diluar 1/3 jarak titik perletakan) dibagian tarik beton, dan jarak antara titik patah dan titik pusat (beban) kurang dari 5% jarak titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung dengan rumus:

$$f_{lt} = \frac{3 p \cdot a}{b \cdot d^2} \quad (3-3)$$

Keterangan:

$f_{lt}$  = kuat Lentur ( MPa)

$p$  = Beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji

$l$  = Panjang bentang diantara kedua balok tumpuan ( mm)

$b$  = lebar balok rata-rata pada penampang runtuh ( mm)

$d$  = Tinggi balok rata-rata pada penampang runtuh ( mm)

$a$  = Jarak rata-rata tampang lintang patah terhadap tumpuan terdekat ( mm)

