

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

##### **2.1.1 Pengertian Beton**

Beton merupakan gabungan antara semen *portland*, pasir, agregat kasar (batu pecah/*split*) serta air, dengan atau tanpa bahan adiktif tambahan yang menghasilkan masa kental yang kemudian memadat. Pemadatan terjadi dikarenakan adanya reaksi kimia antara air dan semen yang terjadi dalam waktu panjang. (SNI 03-2847-2002)

Beton yang tahan lama, kuat, kedap air, tahan aus dan sedikit mengalami kembang susut, merupakan ciri-ciri dari beton yang baik.

Berdasarkan berat volumenya beton dapat digolongkan menjadi tiga golongan sebagai berikut :

1. Beton Ringan.

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat volume kurang dari  $1900 \text{ kg/m}^3$ .

2. Beton Normal.

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat volume antara  $2200 \text{ kg/m}^3$  sampai dengan  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

3. Beton Berat.

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat volume lebih besar dari  $2500 \text{ kg/m}^3$ . (SK SNI T-15-1991-03).

Kemudian beton juga terbagi lagi menjadi 3 sesuai dengan kelas mutunya seperti yang tercantum dibawah ini :

Tabel 2.1. Klasifikasi beton berdasarkan kelas dan mutu

Kelas	Mutu	o' bk (kg/cm <sup>2</sup> )	o' bm dengan sd = 46	Pemakaian	Pengawasan	
					Mutu Agregat	Kekuatan Tekan
I	Bo	-	-	Non Struktur	Ringan	-
II	B1	-	-	Struktur	Sedang	-
	K-125	125	200	Struktur	Ketat	Kontinyu
	K-175	175	250	Struktur	Ketat	Kontinyu
	K-225	225	300	Struktur	Ketat	Kontinyu
III	Diatas K-225	Diatas 225	Diatas 300	Struktur	Ketat	Kontinyu

(Sumber : Peraturan Beton Indonesia 1971)

### 2.1.2 Beton Ringan

Beton ringan merupakan jenis beton yang mempunyai berat jenis (*density*) yang lebih ringan bila dibandingkan dengan beton normal. Beton ringan bisa dibuat dengan berbagai cara, diantaranya menggunakan :

- A. Agregat alam ringan
- B. Limbah *fly ash*
- C. *Styrofoam*
- D. Plastik, dan lain-lain. (Puro,Suryono,2014).

Beton ringan struktural merupakan jenis beton yang menggunakan agregat ringan atau bisa juga campuran agregat kasar-ringan serta pasir alam sebagai pengganti agregat ringan halus ringan (Jihad H & Ali Jihad, 2014) dengan ketentuan tidak boleh melebihi berat maksimum beton ringan yaitu 1840 kg/m<sup>3</sup>.

Beton ringan memiliki berat (*density*) mulai dari 400 kg/m<sup>3</sup> sampai dengan 1900 kg/m<sup>3</sup>, sesuai dengan kelas beratnya. Berat beton ringan bisa diatur sesuai kebutuhan. Pada umumnya berat beton ringan berkisar antara 600 – 1600 kg/m<sup>3</sup>.

berdasarkan berat jenis dan kuat tekan beton ringan, penggolongan beton ringan dibagi menjadi tiga:

1. Beton ringan berat volume rendah (*Low Density Concretes*) untuk penggunaan non struktur mempunyai berat volume antara 300–800 kg/m<sup>3</sup> serta kuat tekan

antara 0,35-7 MPa (Neville dan Brooks, 1987) yang digunakan untuk dinding pemisah atau dinding isolasi.

2. Beton ringan kekuatan menengah (*Moderate Strength Concretes*) digunakan untuk struktur ringan memiliki berat volume antara 800–1350 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan antara 7–17 MPa (ASTM C 331-81) yang digunakan untuk penggunaan dinding yang dapat memikul beban.
3. Beton ringan struktural (*Structural Light-weight Concretes*) digunakan untuk keperluan struktur memiliki berat volume 1350–1900) kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan lebih dari 17 MPa (ASTM C330-82a) beton ini dapat digunakan sebagaimana beton normal. (Puro,Suryono,2014).

### **2.1.3 Bata Selular Berpori (*Celullar Lightweight Concrete*)**

Bata selular berpori atau disebut juga *Celullar Lightweight Concrete (CLC)* adalah Bata ringan berpori yang mengalami proses curing secara alamiah. Dalam prosesnya menggunakan busa organik yang sangat stabil, dan tidak ada reaksi kimia ketika proses pencampuran adonan. Busa organik ini berfungsi sebagai media untuk membungkus udara. Komposisi bata ringan *CLC* terdiri dari pasir, semen, air, dan busa yang dihasilkan dari campuran antara air dan foam agent dengan komposisi tertentu.

Campuran dari *CLC* antara lain semen, pasir halus, air dan foam khusus begitu mengeras menghasilkan bata ringan yang kuat dengan kandungan jutaan sel atau gelembung udara halus dengan ukuran yang konsisten dan terdistribusi secara merata. *CLC* memiliki densitas antara 400 kg/m<sup>3</sup> hingga 1800 kg/m<sup>3</sup>. Namun untuk pekerjaan struktur, densitas *CLC* yang baik untuk digunakan berkisar antara 1200 kg/m<sup>3</sup> hingga 1400 kg/m<sup>3</sup>. Keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan *CLC* antara lain:

1. Memberikan insulasi panas dan suara yang baik. Sebagai contohnya dinding *CLC* 125 mm memberikan insulasi empat kali lebih baik daripada dinding bata 230 mm

2. Bentuk stabil walaupun terkena air tambahan. Sedangkan pada bata ringan yang menggunakan bubuk alumina, bata akan mengembang lagi bila terkena air tambahan.

Bata ringan *CLC* adalah salah satu tipe bata ringan yang diproduksi dengan memasukan butiran gelembung udara pada campuran mortar bata, dimana butiran udara tersebut harus mampu mempertahankan struktur gelembung tersebut selama periode pengerasan (*curing*) tanpa menyebabkan reaksi kimia.

Campuran dari *CLC* antara lain semen, pasir halus, air dan foam khusus begitu mengeras menghasilkan bata ringan yang kuat dengan kandungan jutaan sel atau gelembung udara halus dengan ukuran yang konsisten dan terdistribusi secara merata. *CLC* memiliki densitas antara 400 kg/m<sup>3</sup> hingga 1800 kg/m<sup>3</sup>. Namun untuk pekerjaan struktur, densitas *CLC* yang baik untuk digunakan berkisar antara 1200 kg/m<sup>3</sup> hingga 1400 kg/m<sup>3</sup>. Keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan *CLC* antara lain:

1. Memberikan insulasi panas dan suara yang baik. Sebagai contohnya dinding *CLC* 125 mm memberikan insulasi empat kali lebih baik daripada dinding bata 230 mm
2. Bentuk stabil walaupun terkena air tambahan. Sedangkan pada bata ringan yang menggunakan bubuk alumina, bata akan mengembang lagi bila terkena air tambahan.
3. Keuntungan untuk daerah terpencil karena hanya membutuhkan semen dalam pembuatannya. Berbeda dengan aerated concrete menggunakan bubuk alumina yang masih menggunakan pasir dalam pembuatannya.
4. Lebih mudah dipompa saat pengecoran karena tidak ada agregat.

Pada umumnya berat bata ringan berkisar antara 600-1800 kg/m<sup>3</sup> sehingga salah satu keunggulannya ialah dari sisi berat tang lebih ringan dari bata normal. (Tjokrodimulyo,1996). Disisi lain, kekuatan bata ini mempunyai kekuatan tekan antara 1 Mpa hingga 15 Mpa(Andres,1989).

*Cellular Lightweight Concrete (CLC)* dapat diproduksi dengan berbagai macam jenis kepadatan, yang berkisar antara 400 kg/m<sup>3</sup> sampai 1800 kg/m<sup>3</sup> yang disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya yaitu:

1. Kepadatan rendah (400-600 kg/m<sup>3</sup>) biasa digunakan untuk bahan isolasi, sebagai alternatif lain yang dapat digunakan untuk menggantikan *thermocole*, *glasswool*, *woodwool*, dan lain-lain.
2. Kepadatan sedang (800-1000kg/m<sup>3</sup>) dapat digunakan untuk pembuatan *precast blocks* sebagai dinding (pengganti batu bata).
3. Kepadatan tinggi (1200-1800 kg/m<sup>3</sup>) bisa dipakai sebagai struktur:
  - a) *Pre-cast blocks* untuk dinding dari bangunan tingkat rendah.
  - b) *Reinforced structural cladding* atau panel partisi.
  - c) *Load bearing walls* dan atap perumahan. (Taufik,Hendra,2017)

## **2.2 Semen Portland**

Semen portland adalah salah suatu jenis semen hidrolis yang merupakan hasil dari penggilingan terak semen portland terutama yang berupa kalsium silikat bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau beberapa bentuk kristal dari senyawa kalsium sulfat dan dapat ditambah juga dengan bahan tambah lain. (SNI-15-2049-2004)

Semen portland terbagi menjadi 5 jenis dengan penggunaan yang berbeda-beda antara jenis satu dan lainnya, yaitu :

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

5. Jenis V merupakan semen portland yang pada penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Tabel 2.2 Syarat kimia utama semen portland

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	SiO <sub>2</sub> , Minimum	-	20	-	-	-
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Maksimum	-	6,0	-	-	-
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Maksimum	-	6,0	-	6,5	-
4	M <sub>3</sub> O, Maksimum	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
5	SO <sub>3</sub> , Maksimum					
	Jika C <sub>3</sub> A < 8,0	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
	Jika C <sub>3</sub> A > 8,0	3,5		4,5		
6	Hilang Pijar, Maksimum	5,0	3,0	3,0	2,5	3,0
7	Bagian Taklarut, Maksimum	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5
8	C <sub>3</sub> S, Maksimum	-	-	-	3,5	-
9	C <sub>2</sub> S, Maksimum	-	-	-	40	-
10	C <sub>2</sub> A, Maksimum	-	8,0	15	7,0	5,0
11	C <sub>4</sub> AF + 2C <sub>3</sub> A atau					
	C <sub>4</sub> AF + C <sub>2</sub> F, Maksimum	-	-	-	-	25

(Sumber: SNI-15-2049-2004)

Tabel 2.3 Syarat fisika utama semen portland

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	Uji permeabilitas udara m <sup>2</sup> /kg					
	Dengan alat :					
	Turbidimeter, min	160	160	160	160	160
	Blaine, min	280	280	280	280	280
2	Kekekalan:					
	Pemuaian dengan Autoclave, maks %	0,8	0,9	0,10	0,11	0,12
3	Kuat tekan :					
	Umur 1 Hari, Kg/cm <sup>2</sup> , minimum	-	-	120	-	-
	Umur 3 Hari, Kg/cm <sup>2</sup> , minimum	125	100	240	-	-
	Umur 3 Hari, Kg/cm <sup>2</sup> , minimum		70			
	Umur 3 Hari, Kg/cm <sup>2</sup> , minimum		175	-	70	150
	Umur 3 Hari, Kg/cm <sup>2</sup> , minimum	280	120	-	170	210

(Sumber: SNI-15-2049-2004)

*PCC (Portland Composite Cement)* adalah bahan pengikat hidrolis yang merupakan hasil penggilingan terak semen *portland* dan *gips* bersama satu atau lebih bahan anorganik, atau bisa juga merupakan hasil campuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut diantaranya terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, yang mempunyai kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa semen portland. Semen portland komposit bisa digunakan untuk pekerjaan konstruksi umum seperti :

1. Pekerjaan beton
2. Pasangan bata
3. Jalan
4. Struktur
5. Beton Pracetak
6. Beton pratekan
7. Panel beton
8. *Paving block*, dan sebagainya. (SNI 15-7064-2004).

Tabel 2.4 Syarat fisika semen PCC

No	Uraian	Satuan	Persyaratan
1	Kehlusan dengan alat blaine :	m <sup>2</sup> /kg	min 280
2	Kekekalan dengan autoclave :		
	Pemuaian	%	maks 0,80
	Penyusutan	%	maks 0,20
3	Waktu Pengikatan dengan Alat Vicat :		
	Pengikatan Awal	menit	min 280
	Pengikatan Akhir	menit	maks 375
4	Kuat tekan :		
	Umur 3 hari	kg/cm <sup>2</sup>	min 125
	Umur 7 hari	kg/cm <sup>3</sup>	min 200
	Umur 28 hari	kg/cm <sup>4</sup>	min 250
5	Pengikatan semu :		
	Penetrasi akhir	%	min 50
	Kandungan di dalam mortar	% volume	maks 12

(Sumber: SNI 15-7064-2004)

Salah satu hal yang harus diperhatikan secara hati hati ialah proses penyimpanan semen, hal ini dilakukan dengan tujuan tidak terjadinya kontak semen dengan air/uap air yang mengakibatkan semen menggumpal. Hal hal yang biasanya di lakukan dalam penyimpanan semen ialah :

1. Menjaga kebersihan ruang penyimpanan
2. Tumpuk semen dengan cara menyilang
3. Gunakan semen yang sudah lama disimpan terlebih dahulu
4. Memberikan alas pada lantai tempat menaruh semen
5. Memberikan ruang agar udara tidak lembab
6. Simpan di ruangan tertutup. (asia.com.id)

## 2.3 Agregat

Agregat adalah bahan penyusun utama di dalam sebuah beton yang jumlahnya 70 - 80 % dari semua unsur pembentuk beton. Sebagai bahan penyusun utama tentunya agregat harus memiliki persyaratan agar menjamin mutu beton yang dihasilkan adapun syarat tersebut diantaranya harus bersih, keras serta mempunyai susunan butir (gradasi) yang baik. Gradasi agregat diketahui berpengaruh besar terhadap kekuatan sebuah beton. Jika gradasinya agregat telah sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan, maka kualitas beton bisa dipastikan baik karena tidak akan ada rongga di dalam beton.

Begitupun sebaliknya bila gradasi agregat tidak memenuhi standar spesifikasi yang ada maka kualitas beton akan berkurang karena sangat mungkin akan terdapat rongga-rongga di dalam beton yang tidak dapat terpenuhi oleh agregat.

Didalam teknologi beton, agregat secara garis besar terbagi dalam 2 kelompok susunan butir, yaitu :

1. Agregat halus, yang butirannya menembus ayakan ukuran  $< 4.75$  mm.
2. Agregat kasar, yang butirannya  $> 4.75$  mm. (Modul Analisa Ayak Polban).

### 2.3.1 Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam yang adalah hasil dari proses desintegrasi secara alami. Batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.

Agregat halus yang digunakan untuk beton ialah berupa pasir alam hasil dari desintegrasi alami batuan-batuan atau dapat pula berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh pemecah batu. Agregat ini berukuran 0,063 mm — 4,76 mm yang berupa pasir kasar (Coarse Sand) serta pasir halus (Fine Sand). Untuk penggunaan beton penahan radiasi, agregat kasar diganti dengan bijih besi sedangkan agregat halus berupa serbuk besi. Menurut PBI agregat halus harus memenuhi syarat:

1. Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran yang tajam, keras, dan tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca dan temperatur, seperti terik matahari hujan, dan lain-lain.

2. Tidak boleh terkandung bahan anorganik (lumpur) sebanyak lebih dari 5 % dari total berat kering, apabila diketahui terdapat kadar lumpur yang lebih dari 5%, maka agregat halus tersebut harus dicuci saat ingin dipakai untuk campuran beton.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik (zat hidup) terlalu banyak dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dari *ABRAMS-HARDER* dengan larutan NaOH 3%.
4. Agregat halus harus memiliki angka kehalusan (*Fineness Modulus*) antara 2,2–3,2.
5. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beranekaragam (*heterogen*) besarnya.

Jika terdapat agregat halus yang diketahui tidak memenuhi percobaan tersebut maka masih dapat dipakai asalkan pengujian kuat tekan pada beton hasil adukan agregat umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% terhadap kekuatan adukan beton yang disyaratkan,.(Hizrianmediun.com).

Perlu diperhatikan bahwasanya agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran yang beranekaragam (*heterogen*) dan saat diayak dengan menggunakan ayakan, susunan distribusi agregat harus memenuhi syarat-syarat berikut:

1. Sisa diatas ayakan 4 mm mempunyai berat minimum 2%
2. Sisa diatas ayakan 1mm mempunyai berat minimum 10%
3. Sisa diatas ayakan 0,025 mempunyai berat minimum antara 80% sampai 95%. (SNI 03-2834-2000).

### **2.3.2 Analisa Ayak Agregat Halus**

Analisa ayak merupakan kegiatan yang ditujukan untuk mengetahui ragam distribusi ukuran butir baik agregat kasar maupun halus dengan menggunakan bermacam-macam ukuran saringan yang telah distandarkan. Adapun komposisi yang tepat dari agregat halus pada akhirnya pasti akan menghasilkan beton berkualitas yang kuat, padat, mudah dikerjakan, dan harganya ekonomis. Untuk mendapat kualitas beton yang baik serta menguraangi rongga di dalam beton maka

susunan agregat yang dipilih sebaiknya adalah yang mempunyai susunan distribusi yang menerus di setiap ayakan.

ASTM C-136 telah mengatur berbagai prosedur guna mengetahui berapa besar distribusi agregat adapun prosedurnya meliputi :

1. Menentukan jumlah maksimum agregat
2. Menentukan ukuran-ukuran ayakan yang digunakan
3. Menentukan besar (%) tertinggal dan tembus kumulatif
4. Menentukan kurva gradasi
5. Menentukan besar angka kehalusan

Beriku adalah ukuran butiran maksimum dari agregat yang dapat digunakan dalam pembuatan beton menurut PBI – 1974, adalah :

- Mempunyai 1/5 jarak cetakan
- Mempunyai 1/3 tebal plat beton
- Mempunyai 3/4 jarak bersih antara tulangan. (Modul Analisa Ayak Polban).

Dalam pengujian analisa ayak ini terdapat beberapa macam tipe ayakan dengan berbagai ukuran lubang dalam mm, berdasarkan standar-standar yang telah ditetapkan untuk menjamin mutu beton dari berbagai negara, berikut adalah beberapa diantaranya :

1. Menurut PBI – 1971 dan *ISO (International Standard Organization)*, adalah 31,5; 16; 8; 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125.
2. Menurut *ASTM (American Standard)*, adalah 38; 19; 12,5; 9,5; 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15.
3. Menurut Standard Belanda (N. 480), adalah 46; 23; 11,2; 5,6; 2,8; 1,4; 0,6; 0,3; 0,15.
4. Menurut *British Standard (BS)*, adalah 76; 38; 19; 12,5; 9,6; 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15. (SNI 03-2834-2000).

Tabel 2.5 Susunan butir agregat halus menurut *British Standard (BS)*

Ukuran Ayakan ( mm )	% Tembus Kumulatif			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
9,6	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 – 79	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 55	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	5 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 - 15

(Sumber: Modul Lab. Politeknik Negeri Bandung)

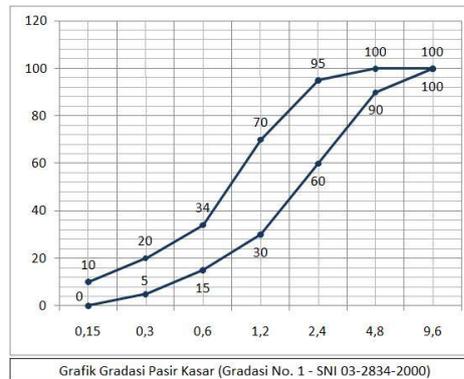
Tabel 2.6 Susunan butir agregat halus menurut ASTM C– 33

Ukuran Ayakan ( mm )	% Tembus Kumulatif
9,6	100
4,8	95 – 100
2,4	80 – 100
1,2	50 – 85
0,6	25 – 60
0,3	10 – 30
0,15	2 – 10

(Sumber: Modul Lab. Politeknik Negeri Bandung)

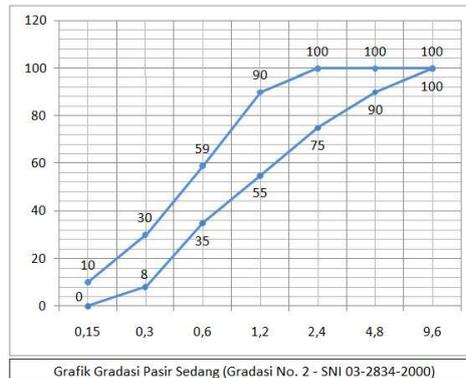
Salah satu tujuan dalam analisa ayak ini adalah mencari gradasi atau zona pasir. Menurut SNI 03-2834-2000, gradasi agregat halus dibagi menjadi 4 zona yaitu :

## 1. Aggrregat halus zona 1



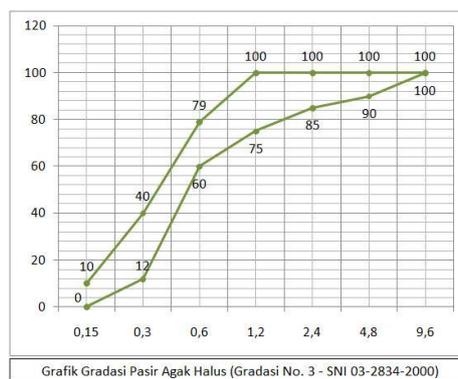
Gambar 2.1 Grafik Gradasi Pasir kasar No.1

## 2. Agregat halus zona 2



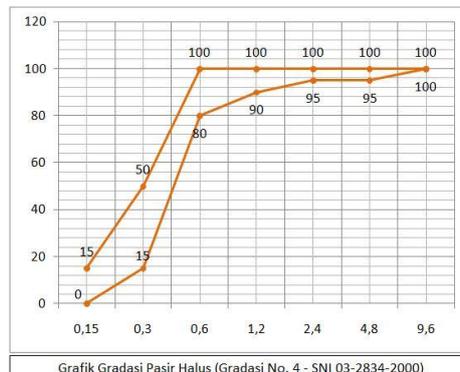
Gambar 2.2 Grafik Gradasi Pasir Sedang No.2

## 3. Agregat halus zona 3



Gambar 2.3 Grafik Gradasi Pasir Agak Halus No.3

#### 4. Agregat halus zona 4



Gambar 2.4 Grafik Gradasi Pasir Halus No.4

### 2.3.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Tergantung dari jenis batuan berat jenis (*Specipic Gravity*) agregat dapat berbeda satu sama lainnya struktur butiran, susunan mineral, serta porositas batuan. Berat jenis (*Specipic Gravity*) agregat memiliki arti yang sangat penting terhadap hasil akhir beton yang dibuatnya.

Berat jenis Absolut (*Absolut Specipic Gravity*) merupakan suatu perbandingan dari masa masip dengan berat air murni pada volume sama dan suhu tertentu. Volume benda disini ialah volume masip yang tidak termasuk pori-pori didalamnya (*permeable dan impermeable*).

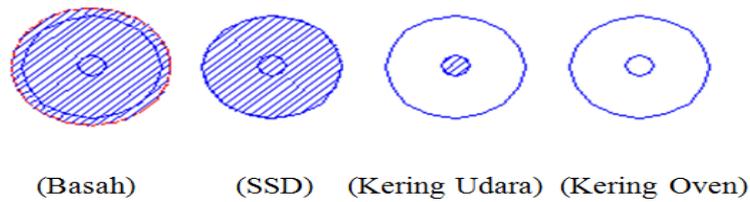
Umumnya agregat memiliki pori-pori, sehingga jika ingin merumuskan Berat Jenis (*Specipic Gravity*) agregat harus dikaitkan dengan hal tersebut, oleh sebab itu berat jenis (*Specipic Gravity*) agregat juga dikenal sebagai :

1. Berat Jenis Curah atau Kering (*Bulk Specipic Gravity*) merupakan sebuah perbandingan dari berat agregat kering serta berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu ruang 25° C.
2. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*SSD Specipic Gravity*) merupakan perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh serta berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu ruang 25° C

3. Berat Jenis Semu (*Apparent Specipic Gravity*) merupakan sebuah perbandingan antara berat agregat kering serta berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu ruang 25° C.

Penyerapan air (*Water Absorption*), adalah perbandingan berat air yang dapat diserap terhadap berat agregat kering, dinyatakan dalam persen.

Berikut ini adalah gambar kandungan air pada agregat:



Gambar 2.5 Ilustrasi kandungan air di dalam agregat

Adapun rumus untuk menghitung berat jenis adalah:

1. Menghitung berat jenis kering (*Bulk Specipic Gravity*)

$$BJ \text{ Kering} = \frac{Bk}{Bj + Bp - Bpj}$$

2. Menghitung berat jenis jernih air kering permukaan (SSD)

$$BJ \text{ SSD} = \frac{Bj}{Bj + Bp - Bpj}$$

3. Menghitung berat jenis Apparent

$$BJ \text{ Semu (Apparent)} = \frac{Bk}{Bk + Bp - Bpj}$$

4. Menghitung penyerapan Air

$$BJ \text{ Penyerapan Air} = \frac{Bj - Bk}{Bk}$$

Keterangan:

W<sub>1</sub> = Berat Piktometer + Air + Tutup Kaca

W<sub>2</sub> = Berat Piktometer + Air + Tutup Kaca + Agregat

BJ = Berat Agregat Halus SSD

BK = Berat Agregat Halus Kering Oven. (Modul Analisa Bj dan Penyerapan Polban).

### 2.3.4 Kadar Lumpur

Lumpur serta tanah liat yang tercampur di dalam agregat, bisa jadi berbentuk gumpalan atau juga lapisan yang menutupi butiran agregat. Lumpur dan tanah liat di permukaan butiran agregat nantinya akan mengurangi kuat ikat antara semen dan agregat dan dapat berdampak pada kurangnya kekuatan serta ketahanan pada beton.

Lumpur dan debu halus hasil pemecahan batu merupakan pertikel dengan ukuran sama dengan atau lebih kecil dari 0,0075. lumpur dan tanah liat pada agregat dapat menyebabkan air pengaduk yang diperlukan dalam pembuatan beton menjadi bertambah, serta akan menyebabkan kurangnya ikatan antara pasta semen dan agregat yang akan menyebabkan kekuatan beton menurun serta menambah penyusutan hingga creep.

Dikarenakan adanya berbagai pengaruh buruk ini, maka distandarkan bahwa kadar lumpur yang terkandung oleh suatu agregat penting untuk diuji serta jumlahnya sangat dibatasi, yaitu sebesar 5% untuk agregat halus dan sebesar 1% untuk agregat kasar. Jika diketahui kadar lumpur agregat melebihi standard yang ditentukan sebelumnya maka agregat tersebut harus dicuci hingga kadar lumpurnya berkurang atau bisa juga dengan mengganti agregatnya secara langsung. (Modul Analisa Kadar Lumpur Polban).

### 2.3.5 Bobot Isi Agregat halus

Berat isi agregat merupakan perbandingan dari berat agregat dan volume yang ditempatinya. Hal tersebut dapat digunakan guna mempermudah dalam perhitungan campuran beton apabila kita melakukan penimbangan agregat dengan menggunakan ukuran volume, dikarenakan agregat tersebut adalah benda padat, sedangkan pada kenyataannya penimbangan agregat tidak dilakukan dengan satuan volume atau berat sehingga diperlukan faktor konversi (faktor pengali).

Berikut ini merupakan cara mencari bobot isi agregat menggunakan persamaan :

$$\text{Bobot Isi} = \frac{C-A}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Keterangan :

$C = \text{Berat agregat} + \text{berat bejana} / \text{container (gr)}$

$A = \text{Berat bejana} / \text{container (gr)}$

$V = \text{Volume bejana} / \text{container (cm}^3\text{)}$

Bejana dengan volume 7115 cm<sup>3</sup> digunakan oleh agregat kasar sedangkan untuk agregat halus digunakan bejana bervolume 2642 cm<sup>3</sup>. (Modul Bobot isi Agregat Polban).

## 2.4 Batu Kapur

Batu kapur (*limestone*) merupakan jenis bebatuan karbonat yang terbentuk secara alami di alam, sering juga disebut batu gamping. Kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) merupakan mineral utama penyusun batu kapur, adapun mineral penyusun lainnya seperti mineral pengotor, seringkali terdiri dari kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ), bahan organik sisa tumbuhan, karbonat yang berasosiasi dengan mineral besi dan mineral lempung. Mineral kalsit diketahui memiliki struktur kristal dengan sistem heksagonal.

Selain kalsit ditemukan pula mineral karbonat lain yaitu aragonit ( $\text{CaCO}_3$ ) yang memiliki komposisi kimia identik dengan kalsit namun dengan struktur kristal yang berbeda yaitu memiliki sistem ortorombik. Aragonit dijumpai pada kulit kerang (*oyster shells*) serta keong (*oolites*). Aragonit memiliki sifat metastabil, yang dalam waktu lama akan dapat berubah menjadi kalsit. Mineral karbonat lain yang diketahui berasosiasi dengan kalsit yaitu ankerit ( $\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$ ), siderit ( $\text{FeCO}_3$ ), dan magnesit ( $\text{MgCO}_3$ ), mineral-mineral tersebut biasanya ditemukan dalam jumlah kecil.

Batu kapur termasuk dalam sumber daya yang melimpah di Indonesia, diperkirakan jumlahnya sekitar 2.160 milyar ton [Anonim, 2004]. Endapannya tersebar di berbagai pulau seperti Sumatra, Nusa Tenggara, Jawa, Sulawesi, Irian Jaya, serta berbagai pulau lain. Batu kapur mungkin bukan merupakan barang aneh bagi sebagian orang dan dianggap tidak terlalu bernilai karena kemudahan dalam memperolehnya dan memiliki harganya yang relatif murah. Namun bagi sebagian lainnya, batu kapur tetaplah merupakan sebuah sumber daya mineral yang sangat diminati karena keunikannya.

## 2.5 Foam Agent

Foam agent adalah suatu larutan perekat yang berasal dari suatu bahan surfaktant yang apabila akan digunakan harus terlebih dahulu dilarutkan kedalam air yang merupakan larutan koloid. [Jurnalpemukiman.pu.go.id](http://Jurnalpemukiman.pu.go.id).

Berdasarkan Bardy, dkk (2001:C4) surfaktan sintesis seperti yang dipakai pada foam agent menurut sifat hidrofilik dapat di klasifikasikan berdasarkan bagian bagian molekul yang terlarut didalam air sebagai berikut :

- Anionik, sekitar 70% surfaktan akan menghasilkan busa
- Kationik, akan menghasilkan busa dengan persentase kurang dari 5% dengan hidrofilik positif.
- Non-Ionik (Polar), menghasilkan 25% busa netral, diketahui pula bahwa berkurangnya muatan listrik akan memberikan stabilitas yang lebih tinggi pada campuran bata ringan.

## 2.6 Hasil Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan literatur yang penulis

baca hasil daripada penelitian sebelumnya didapatkan beberapa hasil jurnal, yaitu :

- A. Menurut Devy Kartika Ningrum (2017). Berdasarkan penelitian “*Pengaruh Penggunaan Kapur Sebaagi Pengganti Sebagian Semen Terhadap Berat Volume, Kuat Tekan dan Penyerapan Air Pada Beton Ringan Seluler Berbahan Dasar Bottom Ash*” didapat hasil bahwa penggunaan optimum batu kapur pada beton ringan CLC adalah sebesar 9%.
- B. Menurut Rofikatul Korimah DKK (2017). Berdasarkan Penelitian “*Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan dan Koefisien Permeabilitas Pada Beton*” didapat hasil bahwa semakin besar penggunaan Foam agent dalam pembuatan beton ringan maka akan semakin menurun kuat tekan yang dihasilkan.
- C. Menurut Mey Setyowati (2019). Berdasarkan Penelitian “*Analisis Penambahan Foam Agent pada Bata Ringan Pegunungan Kendeng Kabupaten Semarang*” didapat hasil bahwa semakin banyak penambahan *Foam agent* pada bata ringan menjadikan bata ringan yang dihasilkan memiliki kuat tekan semakin rendah (40,07-0,66 Kg/m<sup>3</sup>), berat volume yang semakin kecil (1210,39-910,28 Kg/m<sup>3</sup>).
- D. Menurut Elia Hunggurami DKK (2014). Berdasarkan Penelitian “*Studi Eksperimental Kuat Tekan dan Serapan Air Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete Dengan Tanah Putih Sebagai Agregat*” didapat hasil bahwa penambahan batu kapur 0% dan 100% memiliki hasil yang sama dan

penambahan batu kapur sebesar 50% memiliki kuat tekan lebih kecil 7,54%, dengan rincian penambahan batu kapur 0%, 50% dan 100% secara berturut turut sebesar 1,427 MPa, 1,361 MPa, dan 1, 427 MPa.

- E. Menurut Dian S Mondok dan rio Mastor (2019). Berdasarkan penelitian “Penggunaan Batu Abu Gamping Sebagai Bahan Pembuatan Bata Ringan” didapat hasil semakin banayak batu gamping yang dipakai maka akan semakin besar kuat tekan yang dida[at, penggunaan batu gamping adalah sebesar 0%, 10%, 15%, dan 20%. Dengan hasil kuat tekan berturut turut sebesar 0,583 MPa, 0,667MPa, 0,917 MPa dan 1 MPa.

## **2.7 Pembuatan Benda Uji**

Pembuatan benda uji asli yaitu dengan mencampur semen, pasir dan air dengan perbandingan 1 : 2.75 : 0.812 dengan air yang telah disubstitusi menggunakan bahan foam agen sebesar 0.015.

Pembuatan benda uji pertama yaitu dengan mencampur semen + batu kapur sebesar 5 %, pasir, dan air dengan perbandingan 1 : 2.75 : 0.832 dengan air yang telah disubstitusi menggunakan bahan foam agen sebesar 0.015.

Pembuatan benda uji kedua yaitu dengan mencampur semen + batu kapur sebesar 10 %, pasir, dan air dengan perbandingan 1 : 2.75 : 0.853 dengan air yang telah disubstitusi menggunakan bahan foam agen sebesar 0.015.

Pembuatan benda uji ketiga yaitu dengan mencampur semen + batu kapur sebesar 15 %, pasir, dan air dengan perbandingan 1 : 2.75 : 0.873 dengan air yang telah disubstitusi menggunakan bahan foam agen sebesar 0.015.

Perbandingan pasir dan semen didapat dari ASTM C 109 dengan berat masing masing adalah semen 500 gr, pasir 1375 gr serta air didapat berdasarkan pengujian flow table.