

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Batako ( batu cetak beton ) adalah salah satu bahan bangunan yang berupa batu – batuan yang pengerasannya tidak dibakar dengan bahan pembentuk yang berupa campuran pasir, semen portland atau pozolan, air dan dalam pembuatannya dapat ditambahkan dengan abu batu atau abu batu dan screen (bucreen) sebagai bahan pengisi antara campuran tersebut atau bahan tambah lainnya (additive). Kemudian dicetak melalui proses pemadatan sehingga menjadi bentuk balok – balok dengan ukuran tertentu, dan dimana proses pengerasannya tanpa melalui pembakaran serta dalam pemeliharaannya ditempatkan pada tempat yang lembab atau tidak terkena sinar matahari langsung atau hujan, tetapi dalam pembuatannya dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding, Berdasarkan (SNI 03-0349-1989) tentang batu cetak beton (batako), persyaratan nilai penyerapan air maksimum adalah 25%.

Pengerasan batako terjadi yaitu apabila bahan pembuat batako seperti semen, agregat, air dengan atau tanpa bahan tambah lainnya diaduk hingga tercampur semua bahan, lalu bahan yang telah tercampur dituangkan dalam cetakan, kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan ini terjadi oleh reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung selama waktu yang panjang dan akibatnya campuran selalu bertambah keras sebanding dengan umurnya.

## 2.2 Kelebihan dan Kekurangan batako

### 2.2.1 Macam - macam batako

Beberapa jenis batako yang beredar dipasaran yaitu sebagai berikut:

1. Batako putih (TRAS)



**Gambar 2.1 Batako putih**

- Batako putih dibuat dari campuran tras, batu kapur, dan air. Campuran tersebut dicetak, lalu dibakar. Tras merupakan jenis tanah berwarna putih / putih kecoklatan yang berasal dari pelapukan batu – batu gunung berapi.
- Umumnya memiliki ukuran panjang 25 – 30 cm, tebal 8 – 10 cm, dan tinggi 14 – 18 cm.
- Kelebihan dinding batako putih:
  1. Pemasangan relatif lebih cepat.
  2. Harga relatif murah.
- Kekurangan dinding batako putih:

1. Rapuh dan mudah pecah.
2. Menyerap air sehingga dapat menyebabkan tembok lembab.
3. Dinding mudah retak.
4. Penggunaan rangka beton pengaku relatif lebih banyak, antara 7,5 – 9 m<sup>2</sup>.

2. Batako semen PC (batako pres)



**Gambar 2.2 Batako semen PC (batako pres)**

- Batako pres dibuat dari campuran semen PC dan pasir atau abu batu.
- Ada yang dibuat secara manual (menggunakan tangan), ada juga yang menggunakan mesin. Perbedaannya bisa dilihat pada kepadatan permukaan batakonya.
- Umumnya memiliki ukuran panjang 36 – 40 cm, tebal 8 –10 cm, dan tinggi 18 – 20 cm.
- Kelebihan dinding batako pres:

1. Kedap air sehingga sangat kecil kemungkinan terjadinya rembesan air.
  2. Pemasangan lebih cepat.
  3. Penggunaan rangka beton pengakunya lebih luas, antara 9 – 12 m<sup>2</sup>.
- Kekurangan dinding batako pres:
    1. Harga relatif lebih mahal dibanding batako tras.
    2. Mudah terjadi retak rambut pada dinding.
    3. Mudah dilubangi karena terdapat lubang pada bagian sisi dalamnya.

### 3. Bataton



**Gambar 2.3 Bataton**

Bataton terbuat dari campuran semen, agregat, pasir, kerikil, air dan bahan khusus lain. Bahan – bahan ini dicetak dalam berbagai bentuk yang kemudian disebut sebagai bataton. Bentuk – bentuk bataton ini menyisakan rongga pada

bagian dalamnya. Rongganya bisa diisi baja untuk tiang kolom, juga bisa sebagai jalur pipa air dan kabel listrik.

Banyak pilihan bentuk bataton yang diproduksi oleh Holcim ini. Sebut saja blok beton berprofil H untuk dinding, bataton profil U untuk balok pengikat fondasi (*sloof*), dan balok pengaku (*ringbalk*), serta bataton bentuk kolom. Sedangkan bataton balok, *rooster*, dan lengkung menjadi material pendukung elemen rumah.

Rongga pada bataton dapat berperan juga sebagai isolator panas. Rongga tersebut dapat menangkap rambatan radiasi panas pada dinding akibat terpapar terik matahari. Dengan begitu, suhu radiasi panas pada dinding tak seluruhnya merembes sampai ke dalam ruangan.

Daya tarik lain dari bataton adalah proses konstruksinya lebih ekonomis jika dibandingkan bata merah. Contohnya pembuatan dinding bata merah yang memerlukan bingkai struktur (kolom praktis, *sloof*, dan *ringbalk*), yang harus menggunakan cetakan (*bekisting*). Selain menunggu masa keras beton, *bekisting* pada bingkai struktur dinding tadi harus dilepas. Untuk pemasangannya, minimal satu hari, dicor, besok dilepas, baru dipasang lagi. Kalau pakai blok beton cukup dalam satu hari, dapat diisi tulangan besi, lalu bisa ditaruh pada atasnya. Tidak perlu menggunakan *bekisting*. Jadi hemat kayu, waktu dan tenaga. Konstruksi jadi lebih ekonomis.

Selain itu kekurangan – kekurangan lain dari batako atau hal – hal yang membatasi pemakaiannya ialah :

(1) Kekuatan tarik yang rendah. Dikarenakan batako tidak mempunyai tulangan.

- (2) Rambatan suhu. Selama pengikatan dan pengerasan suhu batako naik. Hal ini disebabkan oleh hidrasi dari semen dan kemudian secara berangsur-angsur turun kembali. Perubahan suhu ini dapat mengakibatkan muai-susut akibat suhu yang cukup besar dan retak – retak ringan. Batako yang telah mengeras dapat memuai dan menyusut sesuai dengan suhu pada kecepatan yang sama dengan baja. Sambungan untuk pemuaian dan penyusutan harus disediakan agar bangunan tidak rusak.
- (3) Penyusutan kering dan perubahan kadar air. Batako menyusut bilamana mengalami kekeringan dan bahkan ketika terjadi pengerasan, memuai dan menyusut bilamana basah dan kering. Perubahan – perubahan ini mengharuskan untuk disediakan suatu sambungan atau kontraksi pada suatu interval – interval agar tidak terjadi retak – retak yang tidak terlihat.
- (4) Kerapatan terhadap air. Batako yang paling baik tidak dapat secara sempurna rapat terhadap air dan kelembaban serta mengandung senyawa – senyawa yang mudah larut serta terbawa keluar oleh air yang jumlahnya berubah – ubah.

### **2.3 Sifat – sifat batako**

Batako bersifat plastis dan basah saat pemulaan dibuat, kemudian secara perlahan – lahan berubah menjadi keras dan kaku seperti batu. Sifat – sifat dan karakteristik material penyusun batako akan mempengaruhi kinerja dari batako tersebut.

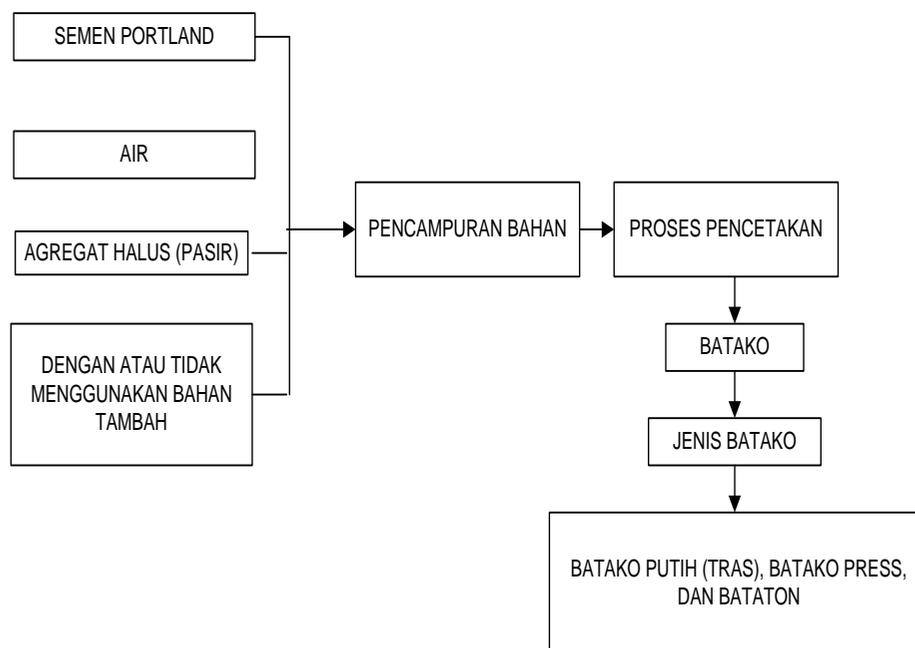
## **2.4 Proses pembuatan batako**

Proses pembuatan batako yaitu sebagai berikut:

1. Pasir diayak dengan menggunakan saringan atau ayakan untuk mendapatkan pasir yang halus.
2. Pasir dan semen diaduk sampai merata hingga tercampur semua bahan dengan menggunakan alat pengaduk, dan setelah bahan tercampur kemudian ditambahkan air secukupnya.
3. Kemudian adonan tersebut diaduk kembali sehingga didapat adonan yang merata dan siap dipakai.
4. Adonan yang siap dipakai ditempatkan di alat pencetak batako dengan menggunakan sekop atau sendok semen dan di atasnya boleh ditambahkan pasir halus hasil ayakan (tergantung pada jenis produk batako yang akan dibuat).
5. Kemudian menggunakan lempengan besi khusus, lalu dipukul/ditekan sampai padat dan merata.
6. Batako mentah yang sudah jadi tersebut kemudian dikeluarkan dari cetakan dengan cara menempatkan potongan papan di atas seluruh permukaan alat cetak.
7. Berikutnya alat cetakan dibalik dengan hati – hati Skala produksi dan keunggulan produk akhir sehingga batako mentah tersebut keluar dari alat cetaknya.

8. Proses berikutnya adalah mengeringkan batako mentah dengan cara diangin – anginkan atau di jemur di bawah terik matahari sehingga didapat batako yang sudah jadi.

Proses pembuatan Batu cetak beton (batako) dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut ini:



**Gambar 2.4 Proses pembuatan batako**

## 2.5 Kualitas batako

Mutu batako (kuat tekan) bertambah tinggi dengan bertambahnya umur batako. Oleh karena itu sebagai standard kekuatan batako dipakai kekuatan pada umur batako 28 hari. Untuk mengetahui kekuatan batako pada umur 28 hari, maka

dapat dilakukan dengan menguji kuat tekan batako pada umur 3 atau 7 hari dan hasilnya dikalikan dengan faktor tertentu untuk mendapatkan perkiraan kuat tekan batako pada umur 28 hari.

Agar didapat mutu batako yang memenuhi syarat SNI banyak faktor yang mempengaruhinya. Faktor yang mempengaruhinya yaitu tergantung pada: (1) faktor air semen (f.a.s),

(2) umur batako,

(3) kepadatan batako,

(4) bentuk dan tekstur batuan,

(5) ukuran agregat dan lain – lain

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran adukan. Kekuatan dan kemudahan pengerjaan (*workability*) campuran adukan batako sangat dipengaruhi oleh jumlah air campuran yang dipakai. Untuk suatu perbandingan campuran batako tertentu diperlukan jumlah air yang tertentu pula.

Pada dasarnya semen memerlukan jumlah air sebesar 32% berat semen untuk bereaksi secara sempurna, akan tetapi apabila kurang dari 40 % berat semen maka reaksi kimia tidak selesai dengan sempurna (A. Manap, 1987: 25). Apabila kondisi seperti ini dipaksakan akan mengakibatkan kekuatan batako berkurang. Jadi air yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan semen dan untuk memudahkan pembuatan batako, maka nilai f.a.s. pada pembuatan dibuat pada batas kondisi adukan lengas tanah, karena dalam kondisi ini adukan dapat dipadatkan secara optimal. Disini tidak dipakai patokan angka sebab nilai f.a.s. sangat tergantung

dengan campuran penyusunnya. Nilai f.a.s. diasumsikan berkisar antara 0,3 sampai 0,6 atau disesuaikan dengan kondisi adukan agar mudah dikerjakan.

Parameter – parameter yang paling mempengaruhi kekuatan batako adalah:

- a. Kualitas semen,
- b. Proporsi semen terhadap campuran,
- c. Kekuatan dan kebersihan agregat,
- d. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat,
- e. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk batako,
- f. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan batako,
- g. Perawatan batako,

## **2.6 Persyaratan standar mutu batako**

Menurut SNI 03-0349-1989, batako conblock (concrete block) adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau pozzolan, pasir dan air dan atau tanpa bahan tambahan lainnya (additive). Dicitak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding.

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang batu cetak beton (batako), persyaratan nilai penyerapan air maksimum adalah 25%. (Sumaryanto, D. Satyarno, I. & Tjokrodimulyo, K. 2009).

### **2.6.1 Kuat tekan batako**

Kuat tekan merupakan salah satu kinerja utama batako. Kuat tekan batako mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur

yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu batako yang dihasilkan. Nilai kuat tekan batako dengan kuat tariknya tidak berbanding lurus.

Kekuatan tekan adalah kemampuan batako untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan batako dapat dicari dengan rumus :

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana,  $f_c'$  = kuat tekan ( $t/m^2$ ),

A = luas permukaan persegi panjang ( $m^2$ ),

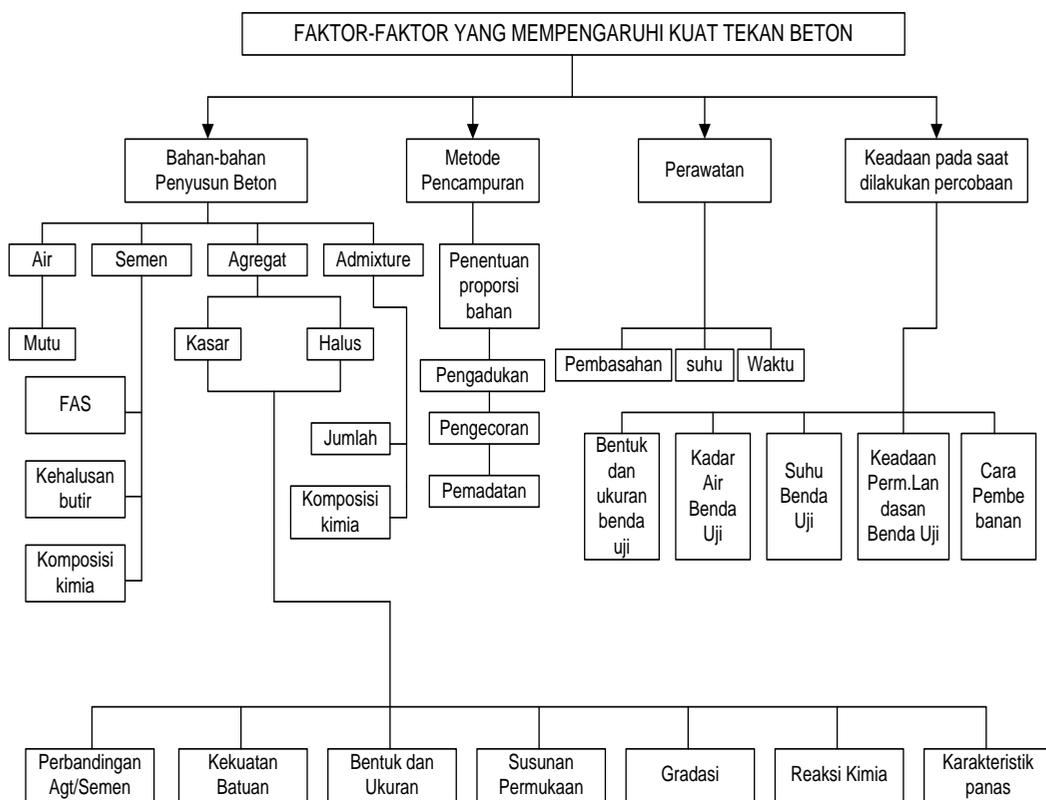
P = beban (t).

Kuat tekan batako dipengaruhi oleh sejumlah faktor (Gambar 2.4), selain oleh perbandingan air – semen dan tingkat kepadatannya. Faktor – faktor penting lainnya yaitu :

- a) Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas batako.
- b) Jenis dan bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan batako dengan kuat desak maupun kuat tarik yang lebih besar daripada penggunaan agregat halus dari sungai.
- c) Efisiensi dari perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai 40 % dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji.

d) Suhu, Pada umumnya kecepatan pengerasan batako bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat – hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.

Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut ini:



**Gambar 2.5 Faktor – faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton**

Berdasarkan kuat tekannya beton (batako) dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu sebagai berikut :

- 1). Beton sederhana, dipakai untuk pembuatan bata beton atau bagian-bagian non struktur. Misalnya, dinding bukan penahan beban.
- 2). Beton normal, dipakai untuk beton bertulang dan bagian-bagian struktur penahan beban. Namun untuk struktur yang berada di daerah gempa, kuat tekannya minimum 20 Mpa. Misalnya kolom, balok, dinding yang menahan beban dan sebagainya.
- 3). Beton prategang, dipakai untuk balok prategang yaitu balok dengan baja tulangan ditarik dulu sebelum diberi beban.
- 4). Beton kuat tekan tinggi dan sangat tinggi, dipakai pada struktur khusus misalnya gedung bertingkat.

**Tabel 2.1 Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya**

Jenis Beton	Kuat Tekan (Mpa)
Beton sederhana ( <i>plain concrete</i> )	Sampai 10 Mpa
Beton normal	10 – 30 Mpa
Beton prategang	30 – 40 Mpa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 Mpa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 Mpa

(Sumber : Ir. Kardiyono Tjokrodimulyo, M.E., 1998, Bahan Bangunan : IV-54, Tabel 4.1)

Berdasarkan SNI-3-0349-1989, persyaratan kuat tekan minimum batako pejal sebagai bahan bangunan dinding dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

**Tabel 2.2 Persyaratan kuat tekan minimum batako pejal sebagai bahan bangunan dinding menurut SNI-3-0349-1989**

Mutu	Kuat tekan minimum (MPa)
I	9,7
II	6,7
III	3,7
IV	2

Syarat – syarat batako Menurut SNI 03-0349-1989\_ Syarat – syarat fisis batako adalah sebagai berikut;

**Tabel 2.3 Syarat – syarat fisis batako**

Syarat fisis	Satuan kelas	Tingkat mutu bata beton pejal			
		1	2	3	4
kuat tekan bruto rata-rata min	kg/cm <sup>2</sup>	100	70	40	25
kuat tekan bruto masing-masing benda uji minimal	kg/cm <sup>2</sup>	90	65	35	21
penyerapan air rata-rata min	%	25	35	-	-

Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda uji coba pecah, dibagi dengan luas ukuran nyata dari bata termasuk luas lubang serta cekungan tepi.

### 2.6.2 Berat jenis beton

Beton normal yang dibuat dengan agregat normal (pasir dan kerikil biasa berat jenisnya antara 2,5 – 2,7) mempunyai berat jenis sekitar 2,3 – 2,4. Apabila dibuat dengan pasir atau kerikil yang ringan atau diberikan rongga udara maka berat jenis beton dapat kurang dari 2,0. Jenis – jenis beton menurut berat jenisnya dan macam – macam pemakaiannya dapat dilihat pada Tabel 2.4

**Tabel 2.4 Beberapa Jenis Beton Menurut Berat Jenis dan Pemakaiannya**

Jenis beton	Berat jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1,00	Non struktur
Beton ringan	1,00 – 2,00	Struktur ringan
Beton normal (biasa)	2,30 – 2,50	Struktur
Beton berat	> 3,00	Perisai sinar X

(Sumber : IR. Kardiyono Tjokrodinuljo, M.E., 1998, Bahan Bangunan : IV-57, Tabel 4.2)

## 2.7 Bahan – bahan penyusun batako

### 2.7.1 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat batako yang sangat penting. Karena air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir – butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan dalam proses pembuatan batako. Sebaiknya air yang digunakan 5% saja dari berat semen, agar dapat memudahkan dalam proses pencetakan batako.

Didalam campuran batako, air mempunyai dua buah fungsi, yaitu :

- a) Untuk memungkinkan reaksi kimiawi semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.

- b) Sebagai pelincir campuran bucreen, pasir dan semen agar memudahkan dalam pencetakan atau pembuatan batako.

Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, tercemar, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran batako akan menurunkan kualitas batako bahkan dapat mengubah sifat – sifat batako yang dihasilkan. Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ dan lainnya), air laut maupun air limbah juga dapat digunakan asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran batako. Tabel berikut ini memberikan kriteria kandungan zat kimiawi yang terdapat dalam air dengan batasan tingkat konsentrasi tertentu yang dapat digunakan dalam adukan batako.

**Tabel 2.5 Batasan Maksimum Kandungan Zat Kimia Dalam Air**

Kandungan unsur kimiawi	Maksimum konsentrasi (ppm*)
Chloride, Cl :	
- Beton prategang	500
- Beton bertulang	1000
Sulfate, SO <sub>4</sub>	1000
Alkali (Na <sub>2</sub> O + 0,658 K <sub>2</sub> O)	600
Total solids	50000

(Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton ; 11)

ppm\* = parts per million

Kekuatan dan daya tahan batako akan berkurang jika air mengandung kotoran. Pengaruh pada beton diantaranya pada lamanya waktu ikatan awal adukan batako. Adanya butiran melayang (lumpur) dalam air di atas 2 gram/liter dapat mengurangi kekuatan batako, air yang berlumpur terlalu banyak dapat diendapkan dulu sebelum dipakai, dalam kolam pengendap. Adanya garam – garam mangan,

timah, seng, tembaga, dan timah hitam dengan jumlah yang cukup besar pada air adukan akan menyebabkan pengurangan kekuatan pada batako. Beberapa garam seperti sodium iodate, sodium phosphate, sodium arsenat, dan sodium borat akan mengurangi kuat awal batako menjadi sangat rendah. Sodium karbonat dan potasium dapat menyebabkan proses ikatan sangat cepat, dan dalam konsentrasi yang besar akan mengurangi kekuatan pada batako. Dengan adanya kalsium klorida dapat mempercepat ikatan dan pengerasan pada batako.

Pemakaian air untuk batako sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak *paving block* (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Dalam proses pembuatan batako diperlukan air. Yang dapat berpengaruh terhadap hal – hal berikut :

1. Dalam pembuatan pasta semen yaitu pada umumnya dapat dikerjakan adukan atau adonan, kekuatan, susut pada batako.
2. Kelangsungan reaksi dengan semen, sehingga dihasilkan kekerasan dan kekuatan setelah beberapa lama.
3. Perawatan dalam pengerasan batako guna menjamin pengerasan sempurna.

Terlalu banyak air, proses pembuatan batako tidak akan baik dan sukar untuk dikerjakan, sedangkan terlalu sedikit air kekuatan batako akan berkurang dan akan terjadi banyak penyusutan setelah batako mengeras.

Air yang digunakan untuk proses pembuatan batako paling baik ialah air bersih yang memenuhi syarat air minum. Jika digunakan air yang tidak baik maka kekuatan pada batako akan turun atau tidak maksimal. Tetapi belum tentu bahwa air yang tidak dapat diminum tidak dapat digunakan. Biasanya air sungai yang tidak mengandung bahan pengendap cepat, dapat digunakan untuk proses pembuatan batako. Air yang didapat dari selokan dan sisa – sisa industri tidak baik untuk pembuatan batako. Bila terpaksa air laut dapat digunakan juga, tetapi dapat mengakibatkan kurangnya kekuatan tekan batako sekitar 10–20% tetapi sebaiknya tidak digunakan air laut bila masih ada air yang lain.

Untuk air perawatan, dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan hingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organik dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan cukup lama.

Syarat – syarat air untuk pembuatan dan perawatan batako adalah sebagai berikut:

1. Air untuk pembuatan dan perawatan batako tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam – garam, bahan – bahan organik atau bahan – bahan lain yang dapat merusak batako. Dalam hal ini sebaiknya digunakan air yang bersih yang dapat diminum.
2. Apabila terdapat keragu – ragan mengenai air tersebut, dianjurkan untuk mengirim contoh air itu ke Lembaga – lembaga yang menanganinya, untuk

diselediki sampai seberapa jauh air itu mengandung zat – zat yang dapat merusak batako.

3. Apabila pemeriksaan contoh air seperti disebut pada nomor dua itu tidak dapat dilakukan, maka dalam halnya keragu – ragan mengenai air, harus dilakukan percobaan dan perbandingan antara kekuatan tekan mortar semen dan pasir dengan pemakaian air suling. Air tersebut dianggap dapat dipakai, apabila kuat tekan dengan air itu pada umur 7 hari dan 28 hari paling sedikit adalah 90% dari kuat tekan mortar dengan memakai air suling pada umur yang sama.
4. Jumlah air yang digunakan untuk membuat adukan dapat ditentukan dengan ukuran berat dan harus dilakukan setepat – tepatnya.

$$W_s = \frac{W_a}{f_{as}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$W_s$  = Berat semen

$W_a$  = Berat air

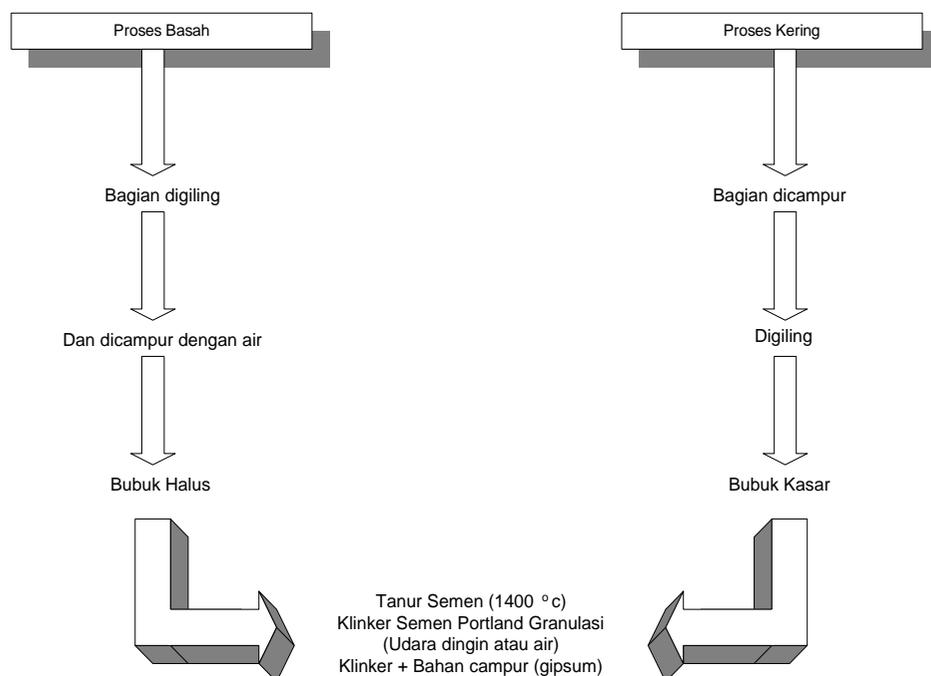
$f_{as}$  = Faktor air semen

### 2.7.2 Semen Portland

Semen portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat – silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI–1982).

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Fungsi utama semen adalah mengikat butir – butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga – rongga udara diantara butir – butir agregat. karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi sangat penting.

Semen Portland diproduksi untuk pertama kalinya pada tahun 1824 oleh Joseph Aspdin, dengan memanaskan suatu campuran tanah liat yang dihaluskan dengan batu kapur atau kapur tulis dalam suatu dapur sehingga mencapai suatu suhu yang cukup tinggi untuk menghilangkan gas asam karbon. Proses kering dan proses basah merupakan dua cara produksi yang dipergunakan dalam pembuatan semen, seperti yang diuraikan dalam Gambar 2.3 berikut ini.



**Gambar 2.6 Proses Pembuatan Semen**

Semen yang satu dapat dibedakan dengan semen lainnya berdasarkan susunan kimianya maupun kehalusan butirnya. Perbandingan bahan – bahan utama penyusun semen Portland adalah kapur (CaO) sekitar 60 % - 65 %, silica (SiO<sub>2</sub>) sekitar 20 % - 25 %, dan oksida besi serta alumina (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sekitar 7 % - 12 %.

#### **2.7.2.1 Sifat – sifat semen Portland dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :**

##### (1). Sifat fisika semen Portland

Sifat – sifat fisika semen portland meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, kekekalan, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi dan hilang pijar.

##### (2). Sifat – sifat kimiawi.

Sifat – sifat kimiawi dari semen Portland meliputi kesegaran semen, sisa yang tak larut (*insoluble residu*), panas hidrasi semen, kekuatan pasta semen dan faktor air semen. Secara garis besar, ada 4 (empat) senyawa kimia utama yang menyusun semen portland, yaitu :

- a. Trikalsium Silikat (3CaO.SiO<sub>2</sub>) yang disingkat menjadi C<sub>3</sub>S.
- b. Dikalsium Silikat (2CaO. SiO<sub>2</sub>) yang disingkat menjadi C<sub>2</sub>S.
- c. Trikalsium Aluminat (3CaO. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang disingkat menjadi C<sub>3</sub>A.
- d. Tertakalsium aluminoferrit (4CaO. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang disingkat menjadi C<sub>4</sub>AF.

Dua unsur kimia C<sub>3</sub>S dan C<sub>2</sub>S merupakan 70 sampai 80 persen dari semen sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen. Bila semen terkena air, C<sub>3</sub>S segera mulai berhidrasi, dan menghasilkan panas. Selain

itu juga berpengaruh besar terhadap pergeseran semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Sebaliknya,  $C_2S$  bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pergeseran semen setelah mencapai umur 7 hari, dan memberikan kekuatan akhir. Unsur  $C_2S$  ini juga membuat semen tahan terhadap serangan kimia (*chemical attack*) dan juga mengurangi besar susutan pengeringan. Kedua unsur pertama ini membutuhkan air berturut – turut sekitar 24 dan 21 persen beratnya untuk terjadinya reaksi kimia, namun  $C_3S$  membebaskan kalsium hidroksida saat hidrasi sebanyak hampir 3 kali dari yang dibebaskan oleh  $C_2S$ . Maka jika  $C_3S$  mempunyai persentase yang lebih tinggi akan menghasilkan proses pengerasan yang cepat pada pembentukan kekuatan awalnya disertai suatu panas hidrasi yang tinggi. Sebaliknya persentase  $C_2S$  yang lebih tinggi menghasilkan proses pengerasan yang lambat, panas hidrasi yang sedikit, dan ketahanan terhadap serangan kimia yang lebih baik.

Unsur  $C_3A$ , berhidrasi secara exothermic, dan bereaksi sangat cepat memberikan kekuatan setelah 24 jam.  $C_3A$  bereaksi dengan air sebanyak kira – kira 40 persen beratnya, namun karena jumlah unsur ini yang sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air hanya sedikit. Unsur  $C_3A$  ini sangat berpengaruh pada panas hidrasi tertinggi, baik selama pengerasan awal maupun pengerasan berikutnya yang panjang. Semen yang mengandung unsur ini lebih dari 10 persen akan kurang tahan terhadap serangan asam sulfat. Oleh karena itu semen tahan sulfat tidak boleh mengandung unsur  $C_3A$  terlalu banyak (maksimum 5% saja). Semen yang terkena asam sulfat ( $SO_4$ ) di dalam air atau tanah disebabkan karena keluarnya  $C_3A$  yang bereaksi dengan sulfat dan mengembang sehingga terjadi retak – retak pada betonnya.

Unsur  $C_4AF$  kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen beton. Dari uraian tersebut tampak bahwa persentase yang berbeda dari unsur-unsur yang dalam semen membuat semen mempunyai sifat yang berbeda – beda.

**Tabel 2.6 Unsur – unsur kimia pada semen biasa**

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60 – 65
Silika, SiO <sub>2</sub>	17 – 25
Alumina, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 – 8
Besi, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5 – 6
Magnesia, MgO	0.5 – 4
Sulfur, SO <sub>3</sub>	1 – 2
Soda / Potash NaO <sub>2</sub> + K <sub>2</sub> O	0.5 – 1

Sumber : Teknologi Beton ( 1995 ), Hal. 6

Penggolongan jenis – jenis semen portland berdasarkan Lembaga Pengujian Bahan – bahan Amerika (*American Society of Testing Material / ASTM*) sebagai berikut :

- 1) Tipe I, Semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis – jenis lainnya.
- 2) Tipe II, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- 3) Tipe III, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.

- 4) Tipe IV, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
- 5) Tipe V, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat, karena susunan bahan atau cara pembuatannya sedemikian rupa, sehingga tahan terhadap zat – zat kimia dibandingkan dengan ke-empat jenis lainnya.

### **2.7.3 Agregat**

Agregat adalah butiran – butiran mineral yang apabila dicampur dengan semen akan mengeras. Dilihat dari asalnya, agregat terdiri dari dua macam yaitu agregat batu – batuan alam dan buatan. Agregat batu – batuan alam dilihat dari ukurannya ada dua macam yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil).

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan ialah dengan didasarkan pada ukuran butir – butirnya. Agregat yang mempunyai ukuran butir – butir besar disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir kacil disebut agregat halus. Secara umum, agregat kasar sering disebut sebagai kerikil, keracak, batu pecah atau split, adapun agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pecahan batu. Agregat harus mempunyai bentuk yang baik (bulat atau mendekati kubus), bersih, keras, kuat dan gradasinya baik. Agregat harus pula mempunyai kestabilan kimiawi, dan dalam hal – hal tertentu harus tahan aus dan tahan cuaca.

Sifat yang paling penting dari suatu agregat ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan

terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan. Agregat yang digunakan dalam campuran batako harus bersih, keras, bebas dari sifat penyerapan secara kimia, tidak bercampur dengan tanah liat/lumpur dan distribusi/gradasi, dan ukuran serta berat jenis agregat memenuhi ketentuan yang berlaku.

Berat jenis agregat ialah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari 2.0 yang biasanya dibuat untuk non-struktural. Agregat ringan umumnya mempunyai daya serap yang tinggi sebesar 14 persen pada lempung bakar, sehingga dalam hasil proses pencetakan dapat cepat keras, hanya dalam waktu beberapa menit saja setelah pencampuran pengadukan.

**Tabel 2.7 Berat jenis relatif yang sebenarnya dan penyerapan dari partikel agregat yang berbeda ukurannya.**

Ukuran agregat	Berat jenis spesifik yang sebenarnya	Penyerapan % dari berat kering
37.5 – 19	2.55	0.3
19 – 9.5	2.52	0.8
9.5 – 4.75	2.45	1.5
4.75 down	2.60	1.0

(Sumber : Bahan dan Praktek Beton ( 1991 ), Hal. 56)

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan agregat pada campuran batako yaitu :

1. Volume udara. Udara yang terdapat dalam campuran batako akan mempengaruhi proses pembuatan batako, terutama setelah terbentuknya pasta semen.

2. Volume padat, kepadatan volume agregat akan mempengaruhi berat isi dari batako tersebut.
3. Berat jenis agregat. Berat jenis agregat akan mempengaruhi proporsi campuran dalam berat sebagai kontrol.
4. Penyerapan. Penyerapan berpengaruh pada berat jenis.
5. Kadar air permukaan agregat. Kadar air permukaan agregat berpengaruh pada penggunaan air saat pencampuran.

Pada umumnya agregat digolongkan dalam tiga kelompok, yaitu :

- a. Batu, untuk butiran lebih dari 40 mm.
- b. Kerikil, untuk butiran antara 5 mm dan 40 mm.
- c. Pasir, untuk butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

#### **2.7.3.1 Sifat – sifat agregat dalam campuran batako**

Sifat – sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran batako. Untuk menghasilkan batako yang mempunyai kekuatan seperti yang diinginkan, sifat – sifat ini harus diketahui dan dipelajari agar kita dapat mengambil tindakan yang positif dalam mengatasi masalah – masalah yang timbul. Sifat – sifat tersebut adalah :

- (1). Serapan air dan kadar air agregat,
- (2). Berat jenis dan daya serap agregat,
- (3). Gradasi agregat,
- (4). Modulus halus butir,
- (5). Ketahanan kimia,
- (6). Kekekalan,
- (7). Perubahan volume,

- (8). Karakteristik panas (sifat thermal agregat), dan
- (9). Bahan – bahan lain yang mengganggu.

### **2.7.3.2 Agregat halus (pasir)**

Agregat halus ialah agregat yang semua butir menembus ayakan 4,8 mm (5 mm). Agregat tersebut dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu karena beberapa sebab. Pasir dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai atau dari tepi laut. Oleh karena itu, pasir dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu :

- a. Pasir galian. Diperoleh langsung dari permukaan tanpa atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Tetapi biasanya dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara dicuci.
- b. Pasir sungai. Diperoleh dari dasar sungai yang pada umumnya berbutir halus, bulat – bulat akibat proses gesekan, daya lekat antar butir agak kurang, karena butirannya bulat. Karena butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok.
- c. Pasir laut. Diambil dari pantai, butiran-butirannya halus dan bulat. Pasir ini merupakan pasir yang tidak bagus karena banyak mengandung garam – garaman yang menyerap kandungan air dan udara. Hal ini menyebabkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan.

SK. SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam

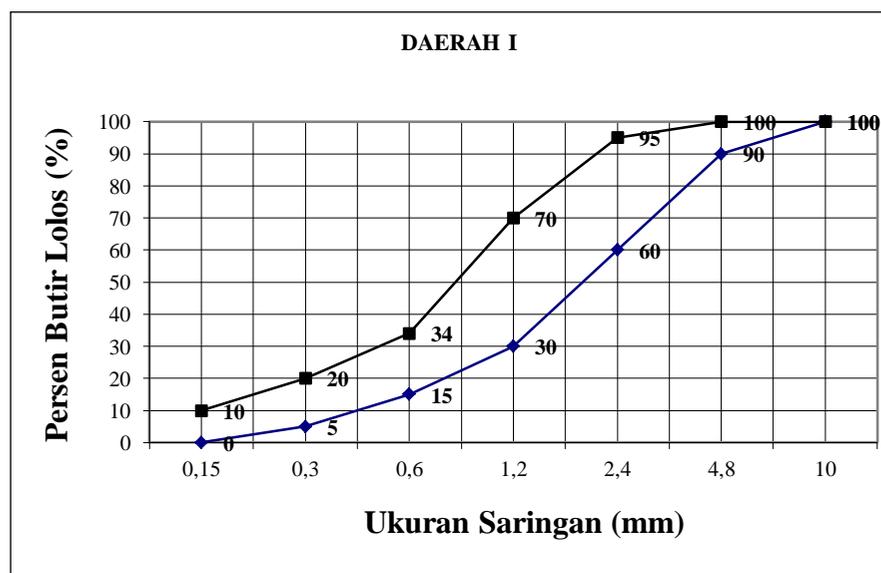
empat *zone* (daerah) seperti dalam Tabel 2.7. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.6.a sampai 2.4.d untuk mempermudah pemahaman.

**Tabel 2.8 Batas Gradasi Agregat Halus (*British Standard*)**

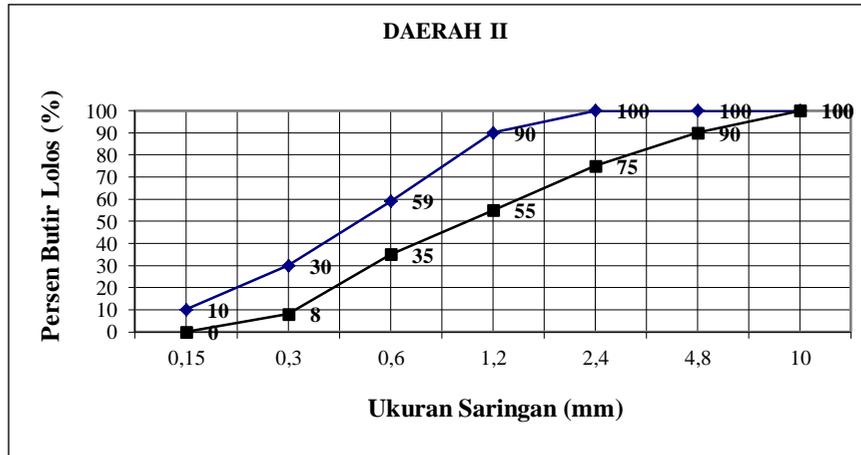
Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang lewat ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4.8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2.4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1.2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0.6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0.3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0.15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

(Sumber : Ir, Tri Mulyono, MT., 2003, Teknologi Beton ; 91, Tabel 4.7)

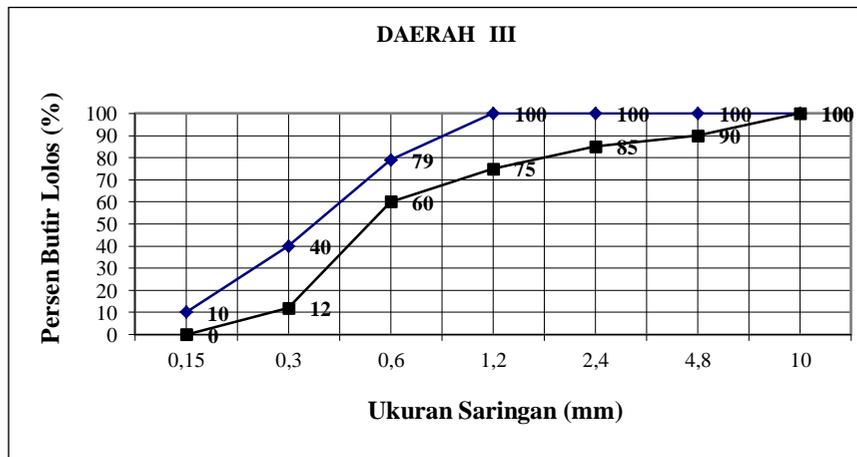
- Keterangan :
- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
  - Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar
  - Daerah Gradasi III = Pasir Halus
  - Daerah Gradasi IV = Pasir Agak Halus



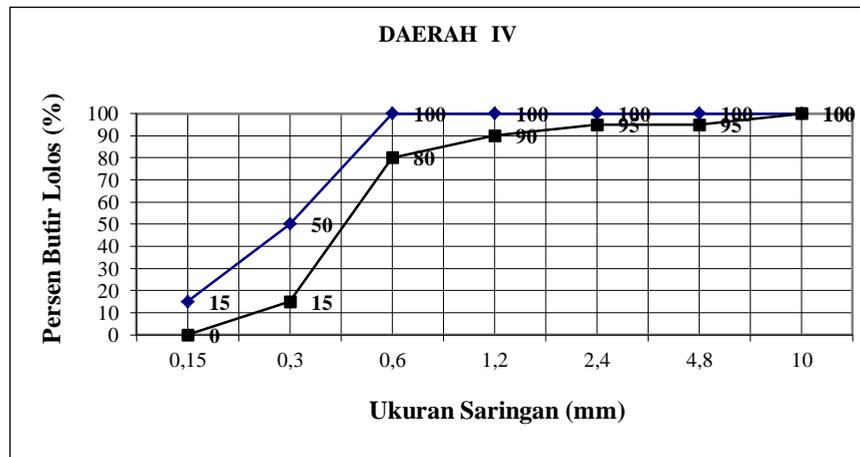
Gambar 2.6.a Daerah Gradasi Pasir Kasar



Gambar 2.6.b Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar



Gambar 2.6.c Daerah Gradasi Pasir Halus



**Gambar 2.6.d Daerah Gradasi Pasir Agak Halus**

ASTM C.33-86 dalam “Standard Specification for Concrete Aggregates” memberikan syarat gradasi agregat halus seperti yang tercantum dalam Tabel 2.9

**Tabel 2.9 Syarat Mutu Agregat Halus Menurut ASTM C.33-86**

Ukuran lubang ayakan (mm)	Persen lolos kumulatif
9.5	100
4.75	95 – 100
2.36	80 – 100
1.18	50 – 85
0.6	25 – 60
0.3	10 – 30
0.15	2 – 10

(Sumber : Ir, Tri Mulyono, MT., 2003, Teknologi Beton ; 93, Tabel 4.8)

#### **2.7.4 Bahan Tambah (*Admixture*)**

Bahan tambah (*Admixture*) adalah bahan-bahan serbuk atau cairan yang ditambahkan kedalam campuran batako pada saat atau selama proses pencampuran

berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari batako agar menjadi lebih cocok untuk suatu pekerjaan tertentu atau untuk menghemat biaya. Manfaat dari penggunaan bahan tambah ini perlu dibuktikan dengan menggunakan bahan agregat dan jenis semen yang sama dengan bahan yang dipakai di lapangan.

Karena pada umumnya bahan tambah dimasukkan pada campuran batako dalam jumlah yang relatif kecil, maka tingkatan kontrolnya harus lebih besar dibandingkan dengan pekerjaan batako biasa. Hal ini untuk menjamin agar tidak terjadi kelebihan dosis.

Jenis – jenis bahan tambahan yaitu sebagai berikut :

1. Bahan tambahan pemercepat (accelerating admixtures)

Bahan ini digunakan untuk mengurangi waktu pengeringan dan mempercepat pencapaian kekuatan. Yang paling dikenal adalah kalsium klorida. Bahan-bahan lain yang berfungsi sebagai pemercepat adalah senyawa-senyawa garam seperti klorida, bromide, silikat, dan terkadang senyawa organik lainnya seperti trietanolamin.

2. Bahan tambahan untuk air-entraining

Bahan tambahan ini membentuk gelembung-gelembung udara berdiameter 1 mm atau lebih kecil di dalam beton atau mortar selama pencampuran, dengan maksud mempermudah pengerjaan campuran pada waktu pengecoran dan menambah ketahanan awal beton.

3. Bahan tambahan pengurang air dan pengontrol pengeringan

Bahan tambahan ini menambah kekuatan beton. Bahan ini juga mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan pengurangan kandungan air. Hampir semuanya berwujud cairan.

4. Bahan tambahan penghalus gradasi

Bahan ini misalnya adalah kapur hidrolis, semen slag, fly ash, dan pozzolan alam yang sudah menjadi kapur atau masih mentah.

5. Bahan tambahan untuk mengurangi penurunan (resesi)

Pemilihan bahan tambahan ini bergantung pada sifat-sifat beton yang diinginkan terjadi, seperti sifat plastisitasnya, waktu pengeringan dan pencapaian kekuatan, efek beku cair, kekuatan dan harga.

6. Polimer

Bahan ini adalah jenis bahan tambahan baru yang dapat menghasikan beton dengan kekuatan tekan yang sangat tinggi.

7. Superplastisizer

Bahan ini juga merupakan jenis bahan tambahan baru yang dapat disebut sebagai bahan tambahan kimia pengurang air.

Beberapa kegunaan yang penting dari penambahan campuran adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan daya tahan terhadap kemunduran mutu akibat siklus dari pembekuan – pencairan dan dari penggunaan garam pelumer es (campuran penangkap udara, menurut ASTM C260).
2. Meningkatkan kelayakan tanpa menambahkan kadar air, atau untuk mengurangi kadar air, atau untuk mengurangi kadar air dengan kelayakan

yang sama (bahan yang ditumbuk halus termasuk pozzolan, seperti abu lepas, umumnya dipakai untuk maksud ini, menurut ASTM C618).

3. Untuk mempercepat perkembangan kekuatan pada usia dini (calcium chlorida adalah campuran pemercepat yang paling terkenal dan yang paling banyak dipakai).
4. Memperlambat perkembangan dengan demikian mengurangi evolusi suhu (bahan campuran menurut ASTM C494)
5. Meningkatkan kekuatan (campuran pengurang air dan pengendali, ASTM C494, Chemical Admixtures for Concrete).

#### **2.7.5 Abu Batu dan Screen (Bucreen)**

Abu batu dan Screen (bucreen) adalah pencampuran antara abu batu dengan screen atau pecahan batu (kerikil) yang dihasilkan dari sisa pengilingan batu yang didapat dari pabrik pemecah batu, dengan memiliki berbagai macam ukuran screen, secara teknis bucreen mempunyai kekuatan yang cukup, karena dihasilkan dari hasil pengilingan batu. Secara umum bucreen berbentuk abu batu atau serbuk dan screen berupa pecahan batu kecil dengan bentuk pipih dan memanjang, dengan ukuran screen 5 – 10 mm, berwarna hitam persis seperti pecahan batu kecil. Oleh karena itu bucreen dapat digunakan sebagai tambahan campuran pada pembuatan batako.