

# TEKNOLOGI BETON dan BEGISTING “Material Penyusun Beton”

Oleh

Ridho Bayuaji

# Konstruksi Beton

## Jembatan Suramadu



Panjang total	5438 <a href="#">m</a> (17841 <a href="#">ft</a> 2 <a href="#">in</a> )
Lebar	30 <a href="#">m</a> (98 <a href="#">kaki</a> )
Tinggi	146 <a href="#">m</a> (479 <a href="#">kaki</a> )
Bentang utama	434 <a href="#">m</a> (1,424 <a href="#">kaki</a> )



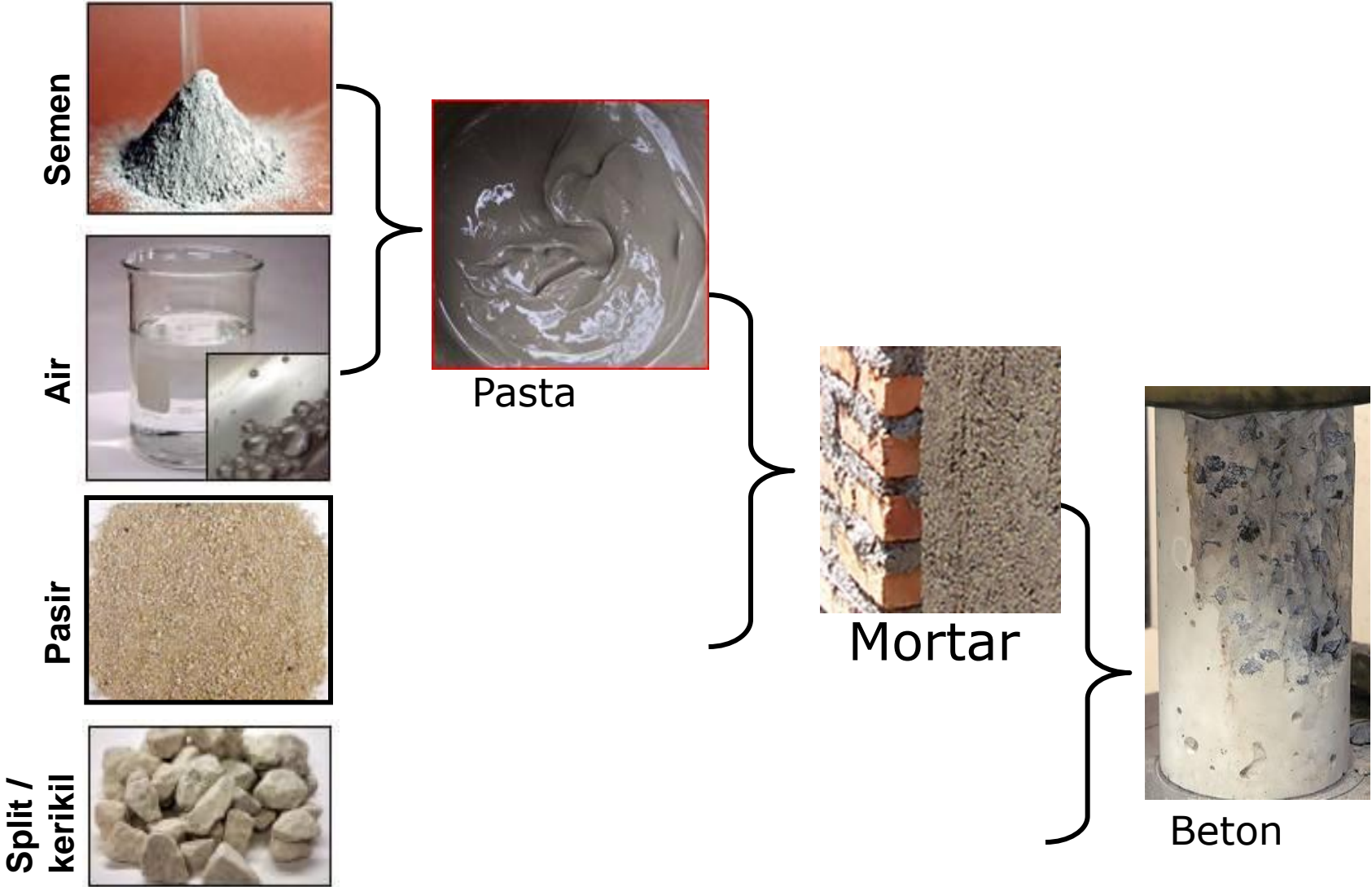
# *Beton, Teknologi membuat batu buatan*

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002, beton adalah bahan yang didapat dengan mencampurkan semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat.

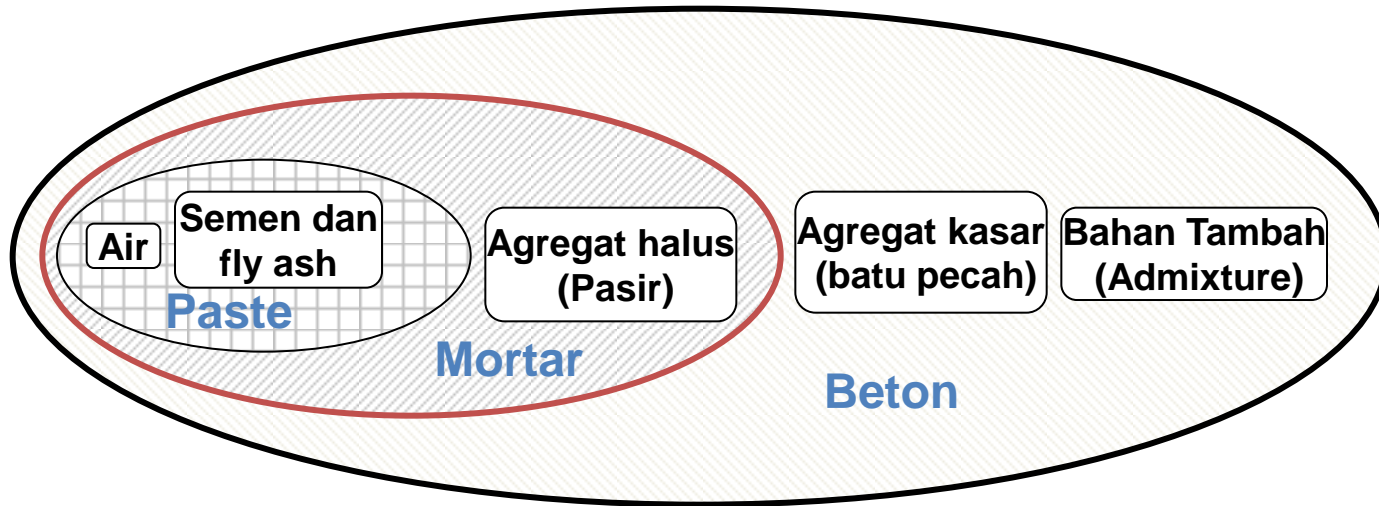


Beton adalah hasil teknologi yang sederhana dan pengetahuan sangat kompleks: Dua hal ini pada waktu yang sama akan menyebabkan beton menjadi sempurna dan bisa juga sebaliknya dimana tergantung keahlian penguasaan pengetahuan yang kompleks tersebut.

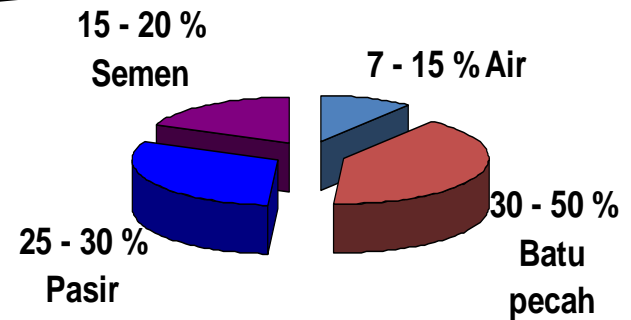
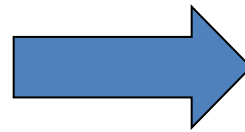
# Definisi Detail



# Definisi Beton



Perbandingan volume bahan pembuat beton



# Contoh Beton



Hasil beton yang bagus  
(Kompak)



Hasil beton yang tidak bagus  
(Tidak kompak)

# Sifat – sifat Beton

**Ada empat sifat utama beton, yaitu :**

- Workability/ Keleccakan( kemudahan untuk mengerjakan beton )
- Cohesiveness ( seberapa baik campuran beton itu menyatu dalam kondisi plastis )
- Strength ( Kekuatan Tekan )
- Durability ( Keawetan )

**Beton mengalami tiga kondisi yang berbeda :**

- Plastis ( beton segar )
- Setting ( saat pengikatan )
- Hardening ( saat pengerasan )

# Kategori Mutu Beton

- a. **Beton mutu rendah (< 20 MPa)**
- b. Beton mutu moderat (20 s.d 40 MPa)
- c. Beton berkekuatan Tinggi (> 40 Mpa)

Beton mutu moderat biasa disebut beton normal, biasanya dipakai untuk pekerjaan struktural. Beton berkekuatan tinggi dipakai untuk pekerjaan spesial seperti untuk konstruksi beton prategang



# **Faktor-faktor yang berpengaruh pada kekuatan beton sesuai dg latar belakangnya**

- a. Sifat dan proporsi campuran beton**
- b. Kondisi pemeliharaan**
- c. Faktor pengujian**

# Keunggulan dan Kelemahan Material Beton

## • **Kelebihan**

- Mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
- Sangat dominan di kekuatan tekan
- Tahan terhadap temperatur tinggi
- Bisa diproduksi secara massal secara fabrikasi.
- Biaya pemeliharaan minim.
- Tahan Lama/Durable

## • **Kelemahan**

- Ketahanan terhadap beban tarik rendah
- Daktilitas material rendah
- Volume yang tidak stabil
- Ratio kekuatan terhadap berat rendah
- Sulit dimodifikasi setelah terjadi “setting”

# Macam beton SNI 03 – 2847 – 2002

- a. **Beton bertulang** : adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.
- b. **Beton normal** : beton yang mempunyai berat satuan  $2200 \text{ kg/m}^3$  sampai  $2500 \text{ kg/m}^3$  dan dibuat dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah.
- c. **Beton polos** : beton tanpa tulangan atau mempunyai tulangan tetapi kurang dari ketentuan minimum.
- d. **Beton pracetak** : elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan.
- e. **Beton prategang** : beton bertulang yang telah diberi tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban kerja.
- f. **Beton ringan** : beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari  $1900 \text{ kg/m}^3$ .
- **Beton ringan pasir** : beton ringan yang semua agregat halusnyanya merupakan pasir berat normal.
- h. **Beton ringan total** : beton ringan yang agregat halusnyanya bukan merupakan pasir alami.

# Sifat dan Proporsi Campuran Beton

- a. **Rasio air-semen**, rasio air-semen meningkat maka kuat tekan menurun, kenaikan rasio air-semen berturut dari 0,35 s.d 0,65 akan menurunkan kekuatan beton secara linier menjadi 50%. Peningkatan jumlah air bisa disebabkan: kontrol pemakaian air jelek, variasi kelembaban dan absorpsi agregat, perubahan gradasi agregat.
- b. **Tipe semen**, semen tipe I (normal) dianggap mencapai 100% kekuatannya pada umur 28 hari. Semen Tipe II, IV dan V pada 90 hari. Tipe III mencaai 110 % kekuatan pada 28 hari.
- c. **Agregat**, kekuatan beton sangat ditentukan oleh gradasi agregat. Perubahan gradasi tanpa ada perubahan ukuran maksimum agregat kasar dan rasio air-semen akan menyebabkan penurunan kuat tekan beton terutama bila ada tanda kenaikan slump.
- d. **Air**, air harus bersih dan tawar
- e. **Bahan Tambahan (admixture)**, tergantung pada tipe admixture

# **BAHAN SEMEN DAN PERSYARATANNYA**

# Definisi dan Prasyarat Semen

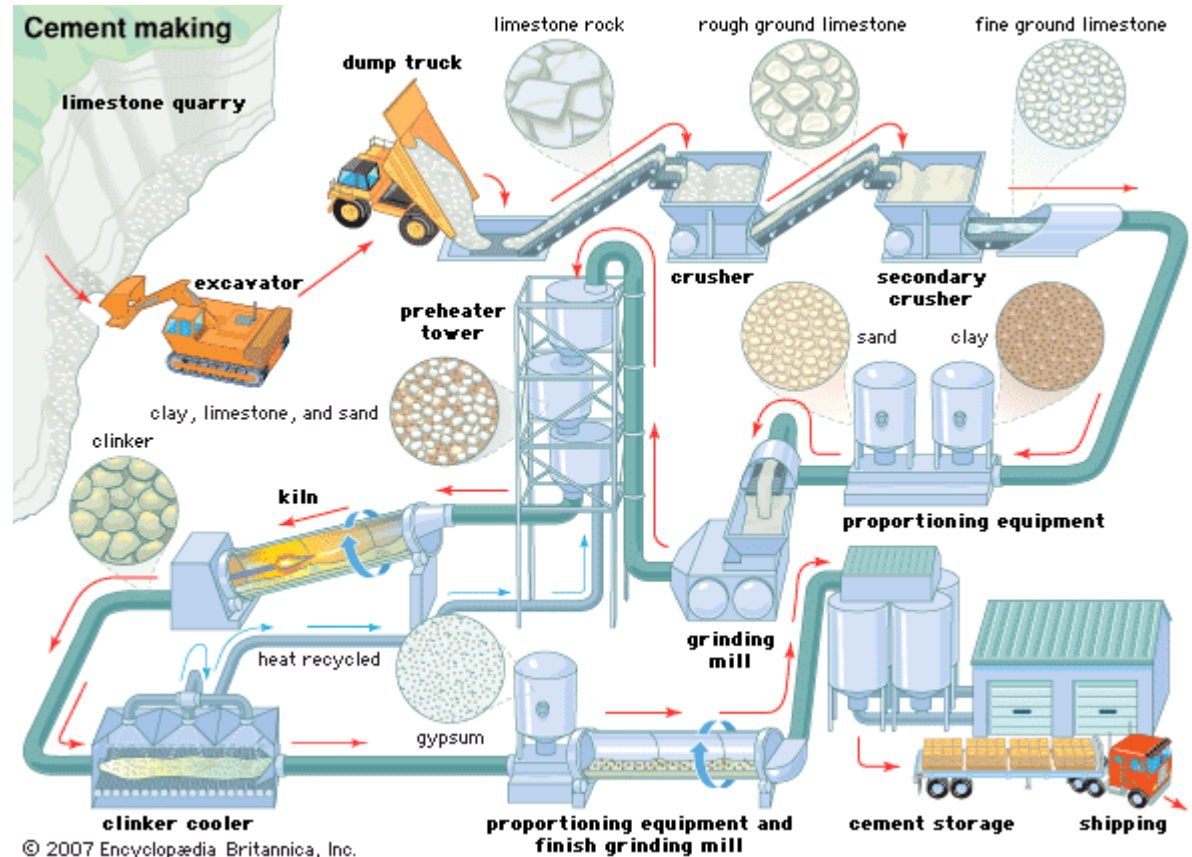
- Semen hidrolik adalah suatu bahan pengikat yang mengeras jika bereaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air.
- Contoh-contoh semen hidrolik adalah semen portland, semen alumina, semen putih dll.
- Gips, bukan merupakan semen hidrolik, karena setelah mengeras bereaksi dengan air, produk ini larut dengan air.
- Kapur yang telah mengeras adalah tahan air tetapi mengerasnya kapur setelah bereaksi dengan karbon dioksida, bukan dengan air.

# Komponen utama dari semen portland

- Batu kapur yang mengandung komponen  $\text{CaO}$  (kapur, lime)
- Lempung yang mengandung komponen  $\text{SiO}_2$  (silika),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (oksida alumina),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (oksida besi)

# Proses Pembuatan Semen

- Pertama-tama batu kapur/gamping dan lempung diambil dari tambang sebagai bahan baku semen.
- Bahan baku dikirim ke pabrik dan diproses menjadi lumpur.
- Kemudian lumpur dimasukkan ke dalam Tungku dan dibakar pada suhu 1450 C untuk membentuk sebuah klinker.
- Setelah itu klinker didinginkan dalam pendingin dan dihancurkan dalam penggilingan bersama gipsum dan admixtures khusus.
- Klinker ini dipindahkan, digiling sampai halus disertai penambahan 3-5 % gips untuk mengendalikan waktu pengikatan semen supaya tidak berlangsung terlalu cepat.



**Dan tahap terakhir dari proses semen portland yang telah diperoleh. Semen itu dipindahkan dari pabrik ke silo(tempat penyimpanan) untuk menyimpan nya.**



# Jenis Semen

- Semen non-hidrolik, tidak dapat mengikat dan mengeras dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama adalah kapur
- Semen Hidrolik :
  1. Semen Alam
  2. Semen Pozzolan
  3. Semen Terak
  4. Kapur Hidrolik
  5. Semen Putih
  6. Semen Alumunium
  7. Semen Portland, semen hidrolik yang dihasilkan dari menggiling klinker yang terdiri dari kalium silikat hidrolik
  8. Semen Portland Pozzolan

# Komponen karakteristik dari Semen Portland

- Elemen: O, Si, Ca, Al, Fe
- Komponen Oksida : CaO, SiO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Unsur Senyawa: Trikalsium silikat (C<sub>3</sub>S), Dikalsium silikat (C<sub>2</sub>S), Trikalsium aluminat (C<sub>3</sub>A), Tetrakalsium aluminofe (C<sub>4</sub>AF), Gypsum
- Hasil Hidratasi: C-S-H (gel) dan Ca(OH)<sub>2</sub>

# Jenis semen

- SNI 15-0129-2004 Semen portland putih
- SNI 15-0302-2004 Semen portland pozolan / Portland Pozzolan Cement (PPC)
- SNI 15-2049-2004 Semen portland / Ordinary Portland Cement (OPC)
- SNI 15-3500-2004 Semen portland campur
- SNI 15-3758-2004 Semen masonry
- SNI 15-7064-2004 Semen portland komposit

# Klasifikasi Semen Portland

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen portland dibagi menjadi 5 jenis yaitu:

- Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain
- Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang
- Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi
- Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah
- Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

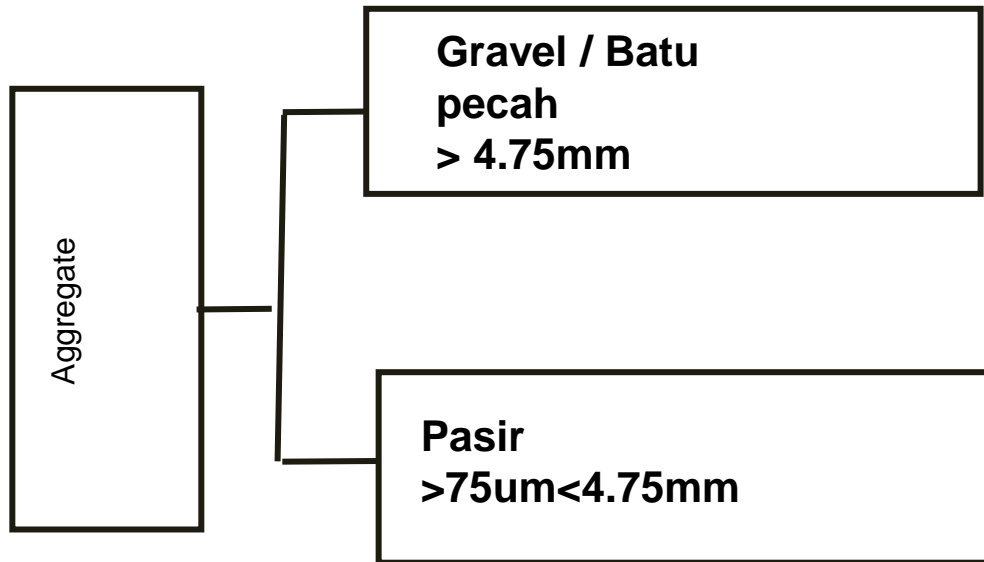
# Persyaratan

- ❑ Semen portland biasa mempunyai luas permukaan minimum  $2250 \text{ cm}^2$  per gram
- ❑ Kehalusan butir, sisa di atas ayakan  $0,09 \text{ mm}$  maksimum 10% berat
- ❑ Waktu pengikatan, awal: minimum 60 menit, akhir: maksimum 8 jam.

# **BAHAN PENGISI (AGREGAT) DAN PERSYARATANNYA**

# Aggregate ; Halus (Pasir), Kasar (Split)

Aggregate terbagi 2 :



- Volume aggregate dalam beton adalah lebih dari 75%
- Meskipun berfungsi hanya sebagai filler/pengisi, namun sangat berpengaruh terhadap properti beton

# Maksud penggunaan agregat didalam beton:

- Menghemat penggunaan semen
- Menghasilkan kekuatan besar pada beton
- Mengurangi penyusutan pada perkerasan beton
- Pada butir (gradasi) yang baik pada agregat dapat tercapai beton padat



# Sifat – Sifat Pasir

## ■ Pasir Sungai



### Variasi :

- Variasi kandungan air
- Perbedaan jenis pasir berbeda karakter

### Masalah dengan pasir sungai :

- Kasar di bagian hulu
- Halus dibagian hilir
- Tingginya kandungan organik



# Hal –hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan pasir

- Pasir harus bersih, tidak boleh mengandung bahan organik ataupun berlumpur



**Pasir terkontaminasi akar pohon (Organik)**

**Pengaruh :**  
Strength/kekuatan rendah  
Pengeringan lambat  
Ikatan semen dan aggregate lemah(mudah lepas)

# Test Organik Pasir



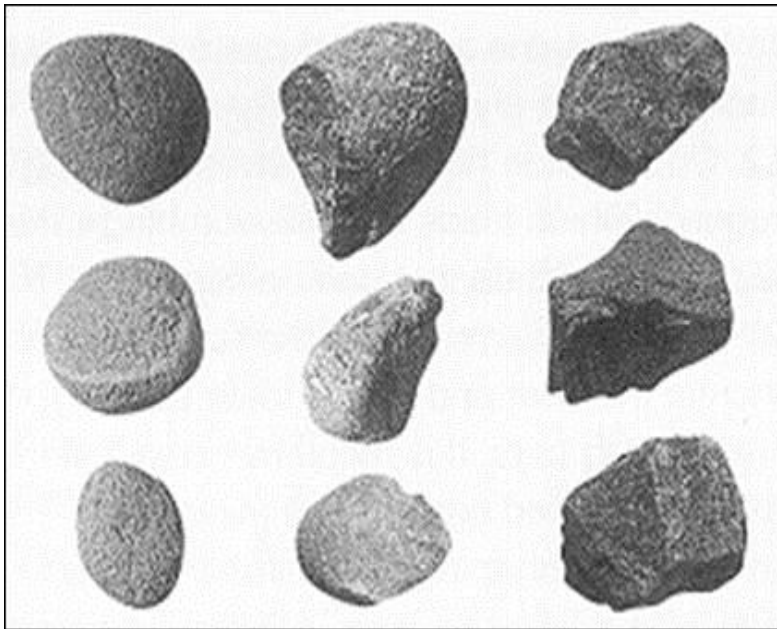
## Pasir berdasarkan tempat asalnya, dibedakan:

- Pasir galian/sedot
- Pasir sungai
- Pasir timbun/bukit
- Pasir laut (harus ada percobaan terlebih dahulu)

# Agregat Kasar / Split

Kategori berdasarkan bentuk dan tekstur permukaan

Disarankan



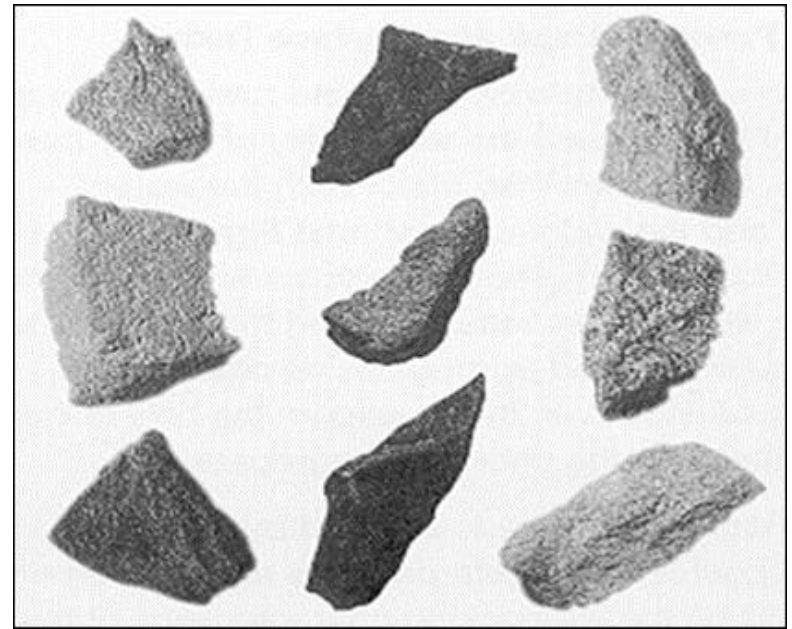
**Bulat**

**Tidak beraturan**

**Bersudut**

Gb. Btu yg direkomendasikan Bulat, bentuk tdk beratur,bersudut

Tidak Disarankan



**Pipih**

**Memanjang**

**Pipih & Memanjang**

Gb. Batu yg tidak direkomendasikan Pipih dan panjang

# Persyaratan Agregat

- Agregat yang digunakan dalam campuran beton, terdiri dari 60% sampai 75% dari volume totalnya, oleh karena itu perlu perhatian terhadap bahan ini, sebab sifat-sifatnya sangat mempengaruhi hasil pembuatan beton.
- Dari sisi ekonomi, agregat relatif murah harganya, oleh karena itu disarankan agar menggunakan bahan ini sebanyak mungkin agar beton yang dihasilkan ekonomis. Disamping itu pemakaian banyak agregat juga dapat mengurangi penyusutan akibat mengerasnya (mengeringnya) beton dan juga dapat mengurangi ekspansi akibat panas.

# Jenis Agregat

- Agregat halus berupa pasir, adalah agregat yang semua butir menembus ayakan 4,80 mm.
- Agregat kasar berupa kerikil atau batu pecah, adalah agregat yang semua butir tertinggal diatas ayakan 4,80 mm.

## **Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi:**

- a.  $\frac{1}{5}$  jarak terkecil antara sisi cetakan.
- b.  $\frac{1}{3}$  ketebalan pelat lantai.
- c.  $\frac{3}{4}$  jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan, kawat-kawat bundel tulangan atau tendon-tendon pratekan atau selongsong-selongsong yang ada.
- Pembatasan ukuran nominal agregat adalah untuk melengkapi jaminan terbungkusnya tulangan dan mengurangi adanya kekeroposan pada beton. Catatan pembatasan ukuran maksimum nominal agregat adalah merupakan keputusan sarjana di lapangan yang menetapkan bahwa pada saat pengecoran, beton mudah dikerjakan dan dipadatkan tanpa kemungkinan terjadi adanya kekeroposan atau rongga-rongga udara didalamnya.

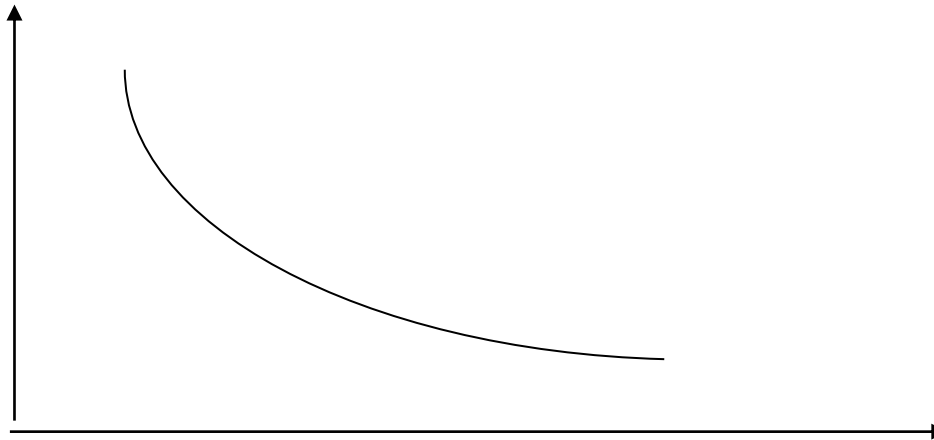


# **BAHAN AIR UNTUK CAMPURAN BETON**

# Air

Air mempunyai fungsi sebagai media pencampur material lainnya, dimana penambahan air ini sangat menentukan nilai kekuatan campuran semen. Sebagaimana grafik dibawah:

**Compressive strength (kg/cm<sup>2</sup>)**



**Water cement ratio ( f.a.s = faktor air semen)**

- Jika jumlah air terlalu besar maka akan menghalangi proses pengikatan.
- Jika jumlah air terlalu sedikit maka reaksi semen dan air tidak selesai.

# Fungsi Air dalam campuran beton

- Untuk media reaksi dengan semen
- Untuk workability, kemudahan pelaksanaan

# Persyaratan Air

- Air yang akan dipakai untuk membuat campuran beton dan juga untuk pemeliharaan beton yang telah mengeras harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut :
- a. Air tawar yang dapat diminum.
- b. Air harus bersih dan tidak mengandung minyak ; asam alkali, garam-garam ; bahan-bahan organis atau bahan-bahan yang dapat merusak beton dan atau baja tulangan.
- c. Air yang bereaksi netral terhadap lakmus.
- d. Air pencampur yang digunakan pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
- e. Apabila terdapat keragu-raguan terhadap pemakaian air, dianjurkan untuk mengirim contoh air itu ke lembaga pemeriksaan air untuk diselidiki sampai seberapa jauh air itu mengandung zat-zat yang dapat merusak beton/baja tulangan.

# Persyaratan Air

- **Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton kecuali ketentuan berikut terpenuhi :**
- 1. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama untuk melakukan uji percobaan.
- 2. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^2$  yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90 % dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum atau air suling. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, kecuali pada air pencampur yang dibuat dan diuji sesuai dengan “Metode Uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis” ( menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm – ASTM C 109 )

# BAHAN TAMBAHAN (ADMIXTURE) DAN PERSYARATANNYA



# Pendahuluan

- Penggunaan bahan tambahan dimaksudkan untuk **memperbaiki dan menambah sifat** beton sesuai dengan sifat beton yang diinginkan.
- American Society for Testing and Material (ASTM) C125 menyebutkan bahwa bahan tambahan ditambahkan ke dalam campuran **beton atau mortar**, baik **sebelum atau sesudah** pencampuran di batching plant .
- Definisi bahan tambahan ini mempunyai arti luas, meliputi polimer, fiber maupun mineral yang **menghasilkan sifat beton menjadi berbeda** dari sifat beton aslinya atau beton biasa.
- Walaupun ada aturan pemakaiannya yang ditulis pada brosur admixture, **sebaiknya penggunaan admixture ini didahului dengan percobaan-percobaan yang dilakukan di laboratorium dan di lapangan.**

# Definisi, Tujuan dan Syarat Pemakaian

- Istilah additive dan admixture dapat didengar dan dijumpai pada pembicaraan sehari-hari. Arti additive dan admixture adalah sama yaitu “bahan tambahan”. Hanya saja material **additive**, merupakan bahan tambahan yang ditambahkan pada saat **proses pembuatan semen di pabrik**, sedangkan **admixture** bahan tambahan yang ditambahkan pada saat **pelaksanaan pembuatan beton di lapangan**.
- Tujuan pemakaian Admixture dalam campuran beton adalah **untuk meningkatkan** :
  - a. Penampilan ( Performance )**
  - b. Mutu ( Quality )**
  - c. Keawetan ( Durability )**
  - d. Kemudahan pekerjaan ( Workability )**
- Pemakaian Admixture dalam campuran beton harus mendapat persetujuan terlebih dahulu dari Sarjana / Pengawas lapangan / Pemilik proyek dan harus sudah pernah dilakukan percobaan pendahuluan.



# Klasifikasi Admixture

- a. **Air Entraining Agent (ASTM C260)**, bahan tambahan untuk meningkatkan kadar udara agar beton tahan terhadap pembekuan dan pencucian terutama untuk daerah salju, juga harus memenuhi SNI 03 – 2496 – 1991.
- b. **Admixture Kimia (Bahan Tambahan Kimia), ASTM C49 dan BS 5075**, bahan tambahan cairan kimia yang ditambahkan untuk mengendalikan waktu pengerasan (mempercepat atau memperlambat), mereduksi kebutuhan air, memudahkan pengerjaan beton (meningkatkan slump) dan sebagainya.
- c. **Mineral Admixture (Bahan Tambahan Mineral)**, bahan tambahan mineral ini merupakan bahan padat yang dihaluskan yang ditambahkan untuk memperbaiki sifat beton agar beton mudah dikerjakan dan kekuatan serta keawetannya meningkat. Contoh bahantambahan mineral seperti : Pozzolan , Slag, Fly Ash (Abuterbang), Abu sekam , Silika Fume
- d. **Bahan Tambahan Lainnya (Miscellaneous Admixture)**, bahan tambahan ini ialah semua bahan tambahan yang tidak termasuk kategori diatas, seperti : Polymer, Fiber, Mash, Bahan pencegah karatan, Bahan tambahan yang dapat mengembang, Bahan tambahan untuk perekat (bonding admixture)



# Standard Bahan Tambahan

- Standar Amerika : **ASTM C494-82** (tabel 2), mengatur persyaratan dan petunjuk penggunaan bahan tambahan di dalam beton.
- Standar Inggris: **BS 5075 part 1:1985**, mengatur persyaratan beberapa tipe admixture (tabel 1) dan superplasticizer khususnya pada tabel 3.
- Standar Indonesia: **SNI 03-6863-2002**, metode pengujian pozzolan sebagai bahan tambahan di beton.
- Dengan mengetahui standar dan petunjuk tersebut diharapkan memudahkan para engineer untuk memahami bagaimana penggunaan admixture yang tepat dan efisien.

# Prasyarat Penggunaan Bahan Tambahan

- Memahami **karakter** bahan tambahan : kelebihan dan kelemahan serta efeknya terhadap beton
- Memahami **propertis beton** yang direncanakan, misalkan memperbaiki kelecakan , penampilan beton bila mengeras, memperpanjang waktu pengerasan dan pengikatan.
- Tetapi yang penting harus dipahami bahwa “bahan tambahan **bukan obat mujarab**” untuk memperbaiki propertis beton yang tidak memenuhi kriteria desain.

# Hal Yang Harus Diperhatikan Dalam Penggunaan Bahan Tambahan

## A. Memperhatikan data-data teknik dari hasil produksinya.

Data-data tersebut antara lain : 1) Pengaruh pentingnya bahan tambahan pada penampilan beton 2) Pengaruh sampingan yang diakibatkan oleh admixture baik yang positif maupun yang negatif 3) Sifat-sifat fisik admixture 4) Konsentrasi dari komposisi bahan yang aktif 5) Adanya bahan kimia yang berpotensi merusak seperti klorida, sulfat, sulfida, posfat, juga nitrat dan amonia 6) Nilai pH (derajat keasaman) 7) Bahaya yang terjadi terhadap pemakai admixture 8) Kondisi penyimpanan dan batas umur kelayakan 9) Persiapan bahan tambahan dan prosedur pencampuran pada beton 10) Dosis yang dianjurkan pada kondisi tertentu dan akibatnya bila dosisnya berlebihan

**B. Mengikuti petunjuk yang berhubungan dengan dosis, dan melakukan pengetesan untuk mengontrol pengaruh yang telah didapat.** Khususnya penggunaan bahan yang akan dipakai di lapangan untuk pengetesan adalah sangat penting. Pastikan pengaruh admixture terhadap faktor: komposisi semen, sifat agregat, campuran beton dan lamanya pencampuran, temperature dan kondisi perawatannya.

**C. Yakinkan ketelitian prosedur yang ditetapkan untuk ketelitian pencampuran admixture.** Khususnya penting untuk Air Entraining Admixture (AEA) dan admixture kimia, dimana dosisnya dibawah 0.1% dari berat semen. Dalam kasus seperti ini over dosis dapat dengan mudah terjadi dan akan mengakibatkan kerusakan beton.

Tugas Kelas berkelompok

Kenapa beton/mortar/pasta semen bisa mengeras?

- Kita kembali membahas tentang beton, suatu pertanyaan kenapa beton itu bisa mengeras? Komponen penyusun beton yang bersifat pengikat atau binder yaitu semen dan air yang mengalami proses hidrasi. Proses hidrasi adalah proses dimana komposisi kimia semen CaO disingkat C, SiO<sub>2</sub> disingkat S, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> disingkat A, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> disingkat F, bereaksi dengan air H<sub>2</sub>O disingkat (H). (Pada episode berikutnya akan diuraikan detail bagaimana prosesnya).

Efek proses hidrasi ini kemudian menjadikan kristal-kristal berukuran mikro dan nano yang disebut gel dan Ca(OH)<sub>2</sub> yang akan tumbuh terus mengisi rongga-rongga kristal dimana rongga-rongga tersebut berisi air dan tumbuh menjadi kristal-kristal padat yang sesuai berjalannya waktu terus tumbuh memadati ruang-ruang kristal yang masih kosong.

**SELESAI**



# Klasifikasi Semen

- **Jenis I :**
- Dipakai untuk keperluan konstruksi yang tidak memerlukan persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal. Cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0,0 - 0,10 % dan dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat dan lain-lain.

# Tipe Semen

- **Tipe II**

- Dipakai untuk konstruksi bangunan dari beton massa yang memerlukan ketahanan sulfat (pada lokasi tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0,10 – 0,20 %) dan panas hidrasi sedang, misalnya bangunan dipinggir laut, bangunan dibekas tanah rawa, saluran irigasi, beton massa untuk dam-dam dan landasan jembatan .
- Dengan memperhatikan rumus untuk menghitung panas hidrasi jelaslah bahwa  $C^3A$  dan  $C^3S$  menghidrasi sangat cepat, sedangkan  $C^2S$  dan  $C^4AF$  menghidrasi lambat, dengan menimbulkan panas hidrasi lebih rendah. Dengan menambah prosentase  $C^2S$  dari semen portland tipe I dan mengurangi prosentase  $C^3A$  dan  $C^3S$  diperoleh semen yang mengeluarkan panas hidrasi lebih rendah; disamping itu semen jenis II ini lebih tahan terhadap serangan sulfat daripada tipe I. Semen tipe II disebut juga “modified portland cement” dan penggunaannya sama seperti untuk tipe I ditambah dua keuntungan yang disebut diatas.

# Tipe Semen

- **Tipe III**
- Dipakai untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan awal tinggi pada fase pemulaan setelah pengikatan terjadi, misalnya untuk pembuatan jalan beton, bangunan tingkat tinggi, bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat.
- Semen tipe III disebut juga “semen dengan kekuatan awal tinggi”. Jenis ini digunakan bilamana kekuatan harus dicapai dalam waktu singkat, walaupun harganya sedikit lebih mahal. Biasanya dipakai pada pembuatan jalan yang harus cepat dibuka untuk lalu-lintas; juga apabila acuan itu harus bisa dibuka dalam waktu singkat. Panas hidrasi 50% lebih tinggi dari pada yang ditimbulkan semen tipe I.

# Tipe Semen

- **Tipe IV**
- Dipakai untuk kebutuhan pengecoran yang tidak menimbulkan panas, pengecoran dengan penyemprotan (setting time lama) yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
- Semen portland tipe IV ini menimbulkan panas hidrasi rendah dengan prosentase maksimum untuk  $C^3S$  sebesar 35 %, untuk  $C^3A$  sebesar 7 % dan untuk  $C^2S$  prosentase minimum sebesar 40 %. Tipe IV ini tidak lagi diproduksi dalam jumlah besar seperti pada waktu pembuatan Hoover Dam, akan tetapi telah diganti dengan tipe II yang disebut “modified portland cement”.

# Tipe Semen

- **Tipe V**
- Dipakai untuk konstruksi bangunan pada tanah/air yang mengandung sulfat melebihi 0,20 % dan sangat cocok untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan dan pembangkit tenaga nuklir.
- Semen portland tipe V ini tahan terhadap serangan sulfat serta mengeluarkan panas. Reaksi antara  $C^3A$  dan  $CaSO_4$  menyebabkan terjadinya Calcium Sulfoaluminate.