

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Beton**

Beton adalah campuran dari agregat, Portland cement dan air dengan komposisi tertentu yang kemudian dicetak dalam suatu acuan sampai mengeras dengan baik. Agregat dalam campuran ini terdiri dua macam yaitu agregat halus yang berupa pasir dan agregat kasar yang berupa kerikil atau batu pecah (kricak). Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambahan (*admixture atau additive*)(Ahmad Antono dalam Hartono, 2013). Portland cement disini berperan sebagai bahan pengikat hidrolis, yang artinya akan mengikat dan mengeras secara baik kalau di campur air.

Agar dihasilkan kuat desak beton yang sesuai dengan rencana diperlukan mix design untuk menentukan jumlah masing – masing bahan yang dibutuhkan. Maksud mix design adalah proses memilih bahan – bahan yang cocok dan menentukan proposal relative dengan tujuan memproduksi beton dengan kekuatan tertentu, daya tahan tertentu dan se ekonomis mungkin.

Selain itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar – benar homogen. selain itu kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan. Syarat yang terpenting dari pembentukan beton adalah:

1. Beton segar harus dapat dikerjakan atau dituang
2. Beton yang dikerjakan harus cukup kuat untuk menahan beban dari yang telah direncanakan.
3. Beton tersebut harus dapat dibuat secara ekonomis.

Beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan beton diantaranya kekuatannya tinggi, mudah dibentuk, tahan terhadap temperature tinggi, biaya pemeliharaan rendah, memiliki kuat tekan yang tinggi, dan bahan mudah didapat. Kekurangan beton yaitu bentuk yang telah dibuat sulit diubah, pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi, struktur beton sulit dipindah atau berat, kuat tarik rendah, dan daya pantul suara yang besar.

Perencanaan beton harus memenuhi kriteria perencanaan standar yang berlaku. Peraturan dan tata cara perencanaan tersebut antara lain adalah ASTM (*American standard testing and material*), ACI (*American concrete institute*), JIS dan SNI (standar Nasional Indonesia). Metode yang dapat digunakan antar

lain ACI, ASTM dan cara SK.SNI-T-15-1990-03 atau DoE (*Departament Of Environment*) serta cara coba – coba. Perencanaan sendiri dimaksud untuk mendapatkan beton yang baik harus memenuhi kinerja utamanya, yaitu kuat tekan yang optimal (minimal sesuai dengan rencana) dan mudah dikerjakan. Beton yang di rancang harus memenuhi kriteria antara lain tahan lama atau awet, murah dan tahan aus.

## **2.2. Semen**

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan – perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang di hasilkan. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu semen hidrolik dan semen non-hidrolik.

### **2.2.1 Semen non – hidrolik**

semen non – hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara, contoh utama dari semen non – hidrolik adalah kapur. Jenis kapur yang baik adalah kapur putih, yaitu mengandung kalsium oksida yang tinggi ketika masih berbentuk kapur tohor (belum berhubungan dengan air) dan mengandung banyak kalsium hidroksida ketika berhubungan dengan air. Kapur di hasilkan dengan cara membakar kapur bersama bahan-bahan pengotornya. Proses pembakaran dilakukan dalam tungku tanur tinggi yang berbentuk vertikal atau tungku putar pada suhu  $800^{\circ}\text{C}$  -  $120^{\circ}\text{C}$ . sebagai tambahan bahan campuran beton, kapur putih akan menambah kekenyalan dan memperbaiki sifat pekerjaan beton. Kekuatan kapur sebagai bahan pengikat hanya dapat mencapai sepertiga kekuatan semen Portland.

### **2.2.2. Semen Hidrolik**

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air, semen hidrolik anatara lain meliputi, tetapi tidak terbatas pada bahan – bahan sebagai berikut : kapur hidrolik, semen pozollan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland-pozollan, semen portland terak tanur tinggi, semen alumina dan semen expansif.

#### **1. Kapur hidrolik**

Sebagian besar (65% - 75%) bahan kapur hidrolik terbuat dari batu gamping, yaitu kalsium karbonat berserta bahan pengikutnnya berupa silika, alumina, megensia dan oksida besi. Kapur hidrolik dibuat dengan cara membakar batu kapur yang mengandung silika dan lempung sampai

menjadi klinker dan mengandung cukup banyak kapur bebas sehingga massa klinker itu dapat menghasilkan kapur hidrolik. Kapur hidrolik memunculkan sifat hidroliknya, namun tidak cocok untuk bangunan-bangunan di dalam air, karena membutuhkan udara yang cukup untuk mengeras. Sifat umum dari kapur hidrolik sebagai berikut :

- Kekuatannya rendah
- Berat jenis rata-rata  $1000 \text{ kg / m}^3$
- Bersifat hidrolik
- Tidak menunjukkan pelapukan
- Dapat terbawa arus

## 2. Semen pozolan

Pozolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuk yang halus dan dengan adanya air maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu normal membentuk senyawa kalsium hidrat yang bersifat hidraulis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah.

## 3. Semen Alam

Semen alam dihasilkan melalui pembakaran batu kapur yang mengandung lempung pada suhu lebih rendah dari suhu pengerasan. Hasil pembakaran kemudian digiling menjadi serbuk halus. Kadar silika, alumina dan oksida besi pada serbuk cukup untuk membuatnya bergabung dengan kalsium oksida sehingga membentuk senyawa kalsium silikat dan aluminat yang dapat dianggap mempunyai sifat hidrolik.

## 4. Semen Portland

Semen Portland adalah suatu bahan yang mempunyai sifat kohesif dan adhesive apabila bahan ini dicampurkan dengan bahan yang lain maka akan memungkinkan menyatukan menjadi satu kesatuan yang padat seperti batu. Sehingga didalam membangun bangunan/konstruksi banyak menggunakan semen portland sebagai bahan pekerjaan beton.

Bahan utama pembentuk semen adalah Kapur (  $\text{CaO}$  ) yang berasal dari batu kapur; Silika (  $\text{SiO}_2$  ) yang berasal dari lempung ; alumina (  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ) yang berasal dari lempung, sedikit magnesium (  $\text{MgO}$  ), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisi ditambahkan oksida besi dan untuk mengatur waktu ikat semen ditambahkan gipsium (  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ) (Drs. Djaka S. Ir.A.Latif). Menurut SK.SNI T-15-1990-03:2 semen portland dibagi 5 jenis yaitu 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 peningkatan 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 sulfat.
5. Semen Portland-Pozollan

Suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogeny anatar semen Portland dengan pozollan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen Portland dan pozollan secara bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen Portland dengan bubuk pozollan, atau gabungan anatar menggiling dan mencampur, dimana kadar pozollan 6% samapai dengan 40% massa semen Portland pozollan.

Pozollan bahan mengandung silika atau senyawanya dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dengan adanya air, senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen. Menurut SNI 15-2049-2004, jenis dan penggunaan semen Portland pozollan yaitu :

1. Jenis IP-U yaitu semen Portland pozollan yang dapat dipergunakan untuk semen tujuan pembuatan adukan beton
2. Jenis IP-K yaitu semen Portland pozollan yang dapat digunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis P-U yaitu semen Portland pozollan yang dapat digunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis P-K yaitu semen Portland pozollan yang dapat digunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

#### 6. Semen Terak

Terak semen dibuat melalui pembakaran bahan baku yaitu batu kapur tanah liat pasir silika dan pasir besi. Pembakaran dilakukan dalam furnace pada temperatur 1400 derajat Celcius dengan kecepatan pemanasan 10 derajat Celciusmenit. Sifat campuran bahan baku selama proses sintering dalam klinkerisasi pembentukan klinker terak dipengaruhi oleh komposisi kimia. Variasi komposisi tersebut berpengaruh pada terak yang dihasilkan.

#### 7. Semen Putih

Semen putih adalah semen Portland yang kadar oksida besinya rendah, kurang dari 0,5%. Bahan baku yang digunakan harus kapur murni, lempung putih yang tidak mengandung oksida besi dan pasir silika. Semen putih digunakan untuk membuat siar ubun/keramik dan benda yang lebih banyak nilai seninya, tetapi tidak digunakan untuk bangunan struktur.

#### 8. Semen Alumina

Semen alumina dihasilkan melalui pembakaran batu kapur dan bauksit yang telah digiling halus pada temperature 1600°C. hasil pembakaran tersebut berbentuk kiliker dan selanjutnya di haluskan hingga menyerupai bubuk. Semen alumina berwarna abu-abu.

Semen alumina mempunyai kekuatan tekan awal yang tinggi, tahan terhadap serangan asam dan garam-garam sulfur dan tahan api. Akan tetapi, jika dipergunakan pada suhu lebih dari 29°C, kekuatannya berangsur-angsur akan berkurang.

### 2.2.3. Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berta semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semkain rendah tidak selalu bahwa kukuatan beton semakin tinggi. Nilai faktor semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pekerjaan.

### 2.3. Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor terpenting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi bleeding, yaitu semen akan bergerak naik

ke atas permukaan adukan yang baru saja dituang. Akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapisan-lapisan beton. Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

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

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum. Air mempunyai 2 fungsi yaitu :

1. Adanya reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
2. Sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan pencetakan.

### **2.3.1. Sumber-Sumber Air**

air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laut maupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat digunakan untuk campuran beton adalah air yang dapat diminum. Air laut umumnya mengandung 3,5% larutan garam. Garam dalam air laut ini akan mengurangi kualitas beton sebesar 20%. Air laut tidak bisa digunakan untuk campuran beton pra-tegang ataupun beton bertulang karena beresiko karat lebih besar. Air Buangan industri yang mengandung asam alkali juga tidak boleh digunakan. Berikut penjelasan tentang sumber-sumber air yang dapat digunakan untuk pembuatan adukan.

#### **a. Air yang terdapat di udara**

Air yang terdapat di udara atau air atmosfer adalah air yang terdapat di awan. Kemurnian air ini sangat tinggi. Sayangnya, hingga sekarang belum ada teknologi untuk mendapatkan air atmosfer ini secara mudah. Air yang terdapat dalam atmosfer ini kondisinya sama dengan air suling, sehingga sangat mungkin untuk mendapatkan beton yang baik dengan air ini

b. Air hujan

Air hujan menyerap gas-gas serta uap dari udara ketika jatuh ke bumi. Udara terdiri dari komponen-komponen utama yaitu zat asam atau oksigen, nitrogen dan karbondioksida. Bahan-bahan padat serta garam yang larut dalam air hujan terbentuk akibat peristiwa kondensasi.

c. Air tanah

Air tanah terutama terdiri dari unsur kation (seperti  $C^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$  dan  $K^+$ ) dan unsur anion (seperti  $CO_3$ ,  $HCO_3$ ,  $SO_4$ ,  $Cl$ ,  $NO_3$ ) Pada kadar yang lebih rendah, terdapat juga unsur Fe, Mn, Al, B, F dan Se. Disamping itu air tanah juga menyerap gas-gas serta bahan-bahan organik seperti  $CO_2$ ,  $H_2S$  dan  $NH_3$ .

d. Air permukaan

Air permukaan dibagi menjadi air sungai, air danau dan situ, air genangan dan air *reservoir*. Erosi yang disebabkan oleh aliran air permukaan, membawa serta bahan-bahan organik dan mineral-mineral. Air sungai atau air danau dapat digunakan sebagai bahan campuran beton asal tidak tercemar oleh air buangan industri. Air rawa-rawa atau air genangan tidak dapat digunakan sebagai bahan campuran beton, kecuali setelah melalui pengujian kualitas air.

e. Air laut

Air laut mengandung 3,5% larutan garam (sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium klorida). Garam-garam pada air laut ini akan mengurangi kualitas beton hingga 20% . Air laut sebaiknya tidak digunakan untuk campuran beton pra-tegang atau beton bertulang karena akan mengakibatkan korosi pada tulangan.

### 2.3.2. Syarat Umum Air

Air harus memenuhi syarat sebagai bahan bangunan dengan kriteria sebagai berikut (SKSNI S-04-1989-F) :

- Tidak mengandung lumpur atau benda tersuspensi lebih dari gram/litar.
- Tidak mengandung garam-garaman yang merusak beton (asam dan zat organik) lebih dari 15 gram/liter. Kandungan klorida (Cl) tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1.000 ppm sebagai  $SO_3$ .
- Derajat keasaman (pH) normal  $\pm 7$ .
- Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.

- Jika dibanding dengan kekuatan tekan adukan beton yang memakai air suling, penurunan kekuatan adukan yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
- Semua air yang mutunya meragukan dianalisa secara kimia dan evaluasi mutunya menurut pemakaian.  
Khusus untuk beton pra-tekan, kecuali syarat-syarat di atas, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.

#### 2.4. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang apabila dicampur dengan Portland cement akan menghasilkan beton. Ditinjau dari asalnya agregat ada dua macam yaitu agregat alam dan buatan. Agregat alam dilihat dari diameter butiran (ukuran) ada dua jenis yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (krikil dan batu pecah).

Agregat merupakan bahan pengisi yang netral dalam membuat beton dan prosentasinya sekitar 70 – 75 % dari masa beton. Selain itu agregat berfungsi untuk menghemat penggunaan Portland cement . Jadi semakin banyak pemakaian agregat, semakin sedikit pemakaian Portland cement. Namun hal ini tetap ada batasnya, asalkan pasta semen cukup untuk melekatkan butir, pengisi rongga-rongga halus dan sifat dapat dikerjakan.

Dengan agregat yang baik akan dihasilkan pula beton yang lebih padat. Kekuatannya harus melebihi kekuatan pasta semen yang telah mengeras (Hartono,2003).

Pemakaian agregat dapat pula berfungsi untuk mengurangi penyusutan pada proses pengerasan beton. Jadi semakin banyak agregat di dalam beton semakin berkurang susut pengerasan beton.

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Penggunaan bahan batuan dalam adukan beton berfungsi:

- a) Menghemat penggunaan semen portland.
- b) Menghasilkan kekuatan yang besar pada betonnya.
- c) Mengurangi susut pengerasan.
- d) Mencapai susunan mampat beton dengan gradasi beton yang baik.
- e) Mengontrol *workability* adukan beton dengan gradasi bahan batuan baik

Agregat yang digunakan pada campuran beton bila dilihat dari sumbernya digolongkan menjadi dua yaitu: agregat alam dan agregat buatan. Contoh agregat yang berasal dari alam adalah pasir alami dan



kerikil, sedangkan untuk agregat buatan adalah agregat yang berasal dari pecahan genteng, pecahan beton, residu terak tanur tinggi dll. Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

#### 2.4.1. Agregat kasar (Kerikil)

Menurut SNI 1970-2008, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci). Berdasarkan ASTM C33 Agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dengan partikel butir lebih besar dari 5 mm atau antara 9,5 mm dan 37,5 mm. Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm. Agregat yang ukurannya lebih dari 40 mm biasanya digunakan untuk pekerjaan jalan, tanggul-tanggul penahan tanah, bendungan dll. Agregat kasar yang baik untuk mengikat dengan pasta semen adalah yang bertekstur cukup kasar, bentuk bersudut, tidak pipih atau panjang.

Agregat kasar dibedakan atas 2 macam, yaitu kerikil (dari batuan alam) dan kricak (dari batuan alam yang dipecah). Menurut asalnya kerikil dapat dibedakan atas; kerikil galian, kerikil sungai dan kerikil pantai. Kerikil galian biasanya mengandung zat-zat seperti tanah liat, debu, pasir dan zat-zat organik. Kerikil sungai dan kerikil pantai biasanya bebas dari zat-zat yang tercampur, permukaannya licin dan bentuknya lebih bulat. Hal ini disebabkan karena pengaruh air. Butir-butir kerikil alam yang kasar akan menjamin pengikatan adukan lebih baik.

Batu pecah (kricak) adalah agregat kasar yang diperoleh dari batu alam yang dipecah, berukuran 5-70 mm. Panggilingan/pemecahan biasanya dilakukan dengan mesin pemecah batu (*Jaw breaker/crusher*). Menurut ukurannya, krikil/kricak dapat dibedakan atas:

**Tabel 2.1** Ukuran krikil/kricak

Ukuran Butir (mm)	Krikil / Kricak
5 – 10	Halus
10 – 20	Sedang
20 – 40	Kasar
40 – 70	Kasar sekali
> 70	Kontruksi beton siklop

( Sumber : Jurnal Ilmi Media *Engineering* , 2016)

Ketentuan mengenai penggunaan agregat kasar untuk beton harus memenuhi syarat, antara lain (**PBI 1971**) :

- a. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksudkan dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm.
- b. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20 % dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
- e. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana pengujian dari Rudeloff dengan beban pengujian 20t, dengan mana harus dipenuhi syarat-syarat berikut :
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 19 mm lebih dari 24% berat.
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22% berat.
  - Atau dengan mesin pengaus los angeles dengan mana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
- f. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan harus memenuhi syarat-syarat berikut :
  - Sisa diatas ayakan 31,5 mm, harus 0% berat.
  - Sisa diatas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
  - Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
- g. Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal pelat atau tigaperempat dari jarak bersih minimum diantara

batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa hingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil.

Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan yaitu:

a. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gr/cm<sup>3</sup>. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gr/cm<sup>3</sup>.

b. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm<sup>3</sup>, misalnya magnetik (FeO<sub>4</sub>) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gr/cm<sup>3</sup>. Penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radiasi

c. Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gr/cm<sup>3</sup> yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

Gradasi agregat kasar (kerikil/batu-pecah) yang baik sebaiknya masuk dalam syarat agregat kasar sebagai berikut:

**Tabel 2.2** Syarat Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Pesan Butir Lewat Ayakan, Besar Butir Maks.		
	40 mm	20 mm	12,3 mm
40	95 – 100	100	100
20	–	–	90 – 100
12,5	10 – 35	25 – 55	40 – 85
4,8	0 – 5	0 – 10	0 – 10

(Sumber : *British Standard*, 1982)

#### 2.4.2. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus adalah batuan yang ukuran butirnya lebih kecil dari 4,75 (standar ASTM) dan 4.80 mm (*British Standard*). Agregat halus yang memiliki agregat dengan besar butir maksimum 4,75 mm (**SNI 02-6820-2002**). Agregat

halus ini yang didapat dari hasil disintegrasi (penghancuran) batuan alam (*natural sand*) atau dapat juga dengan memecahkannya tergantung dari kondisi pembentukan terjadinya.

Agregat halus pada umumnya terdiri dari pasir atau partikel yang lewat saringan No. 4. Agar diperoleh mutu beton yang baik, pasir yang akan digunakan harus memenuhi beberapa kriteria tertentu. Pasir harus terdiri dari butiran tajam, keras dan bersifat kekal. Selain itu pasir tidak boleh mengandung banyak lumpur dan bahan-bahan organik karena dapat mengurangi kekuatan beton.

Pasir di dalam campuran beton sangat menentukan kemudahan pengerjaan (*workability*), kekuatan (*strength*), dan tingkat keawetan (*durability*) dari beton yang dihasilkan. Untuk memperoleh hasil beton yang seragam, mutu pasir harus benar-benar dikendalikan. Oleh karena itu, pasir sebagai agregat halus harus benar-benar memenuhi gradasi dan persyaratan yang ditentukan.

Kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut (**SK-SNI-T-15-1990-03**):

- Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
- Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
- Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
- Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.
- Gradasinya harus memenuhi syarat seperti Tabel 2.3 berikut ini

**Tabel 2.3** Batas Gradasi Agregat Halus

<b>Presentase Lolos</b>				
<b>Lubang Ayakan (mm)</b>	<b>Daerah I</b>	<b>Daerah II</b>	<b>Daerah III</b>	<b>Daerah IV</b>
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	90 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	13 – 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 : *British Standard*,1982)

Keterangan :

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

Pasir alam digolongkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu ::

1) Pasir galian.

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

2) Pasir sungai.

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

3) Pasir laut.

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain dari garam ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton, oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

**Tabel 2.4** Batas Syarat Mutu Agregat Halus

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

(Menurut : ASTM C-33-1995 )

### 2.4.3. Batu kapur

Batu kapur ( *limestone*) ( $\text{CaCO}_3$ ) adalah sebuah batuan sedimen terdiri dari mineral *calcite*(kalsium carbonate). Sumber utama dari *calcite* ini adalah organism laut. Organisme ini mengeluarkan *shell* yang keluar ke air dan terdeposit di lantai samudra sebagai *pelagic ooze*

Batu Kapur dapat terjadi dengan beberapa cara yaitu secara organik secara mekanik atau secara kimia sebagian batu kapur dialam terjadi secara organik. Jenis ini berasal dari pengembangan cangkang atau rumah kerang dan siput. Untuk batu kapur yang terjadi secara mekanik sebetulnya bahannya tidak jauh beda dengan batu kapur secara organik yang membedakannya adalah terjadinya perombakan dari bahan batu kapur tersebut kemudian terbawa oleh arus dan biasanya diendapkan tidak jauh dari tempat semula. Sedangkan yang terjadi secara kimia jenis batu kapur yang terjadi dalam kondisi iklim dan suasana lingkungan tertentu dalam air laut ataupun air tawar.

Secara kimia batugamping terdiri atas Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Dialam tidak jarang pula dijumpai batu gamping magnesium. Kadar magnesium yang tinggi mengubah batu gamping dolomitan dengan komposisi kimia  $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$ . Adapun sifat dari batu gamping adalah sebagai berikut :

- Warna : putih, putih kecoklatan, dan putih keabuan
- Kilap : kaca dan tanah
- Goresan : putih sampai putih keabuan
- Bidang belahan : tidak teratur
- Pecahan : 2,7-3,4 skala mohs
- Berat jenis : 2,387 ton/m<sup>3</sup>
- Tenacity : keras, kompak, sebagai berongga

## 2.5. Terminologi

Menurut pedoman beton 1989, draft konsesus ( SKBI.1.4.53, 1989:4-5) beton didefinisikan sebagai campuran semen Portland atau sembarang semen hidrolik yang lian, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Macam dan jenis beton menurut bahan pembentukannya adalah beton normal, bertulang, pra cetak, pra tekan, beton ringan, beton tanpa tulangan, beton fiber dan lainnya.

Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya di tambahkan dengan agregat halus menjadi mortal dan jika ditambahkan dengan agregat kasar akan menjadi beton. Penambahan material lain akan membedakan jenis beton, misalnya yang ditambahkan adalah tulangan baja akan terbentuk beton bertulang.

### 2.5.1. Umur beton

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan tekan beton pada kasus-kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menhendaki kekuatan awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambahan kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I ( OPC-I). laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahansemen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja tekannya.

### 2.5.2. Kekuatan tekan beton ( $f'c$ )

Kuat beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang akan dikehendaki, semakin tinggi pulamutu beton yang dihasilkan. kekuatan beton dinotasikan sebagai berikut ( PB. 1989:16).

- $F'c$  = kekuatan beton yang disyaratkan (MPa)
- $F_{ck}$  = kekuatan tekan beton yang didapatkan dari hasil uji kubus 150 mm atau silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm ( MPa).
- $F_c$  = kekuatan tarik dari hasil uji belah silinder beton ( MPa ).
- $F'_{cr}$  = kekuatan tekan beton rata-rata yang dibutuhkan, sebagai dasar pemilihan perancangan campuran beton( MPa).
- $S$  = deviasi standar (s) (MPa)

Menghitung kuat tekan beton dengan rumus berikut :

$$f^{\prime}c = \frac{P}{A}$$

Keterangan : P = beban maksimum (N)

A = luasan benda uji ( $\text{mm}^2$ )

Beton harus dirancang proposal campurannya agar menghasilkan suatu kuat tekan rata-rata yang disyaratkan. Pada tahap pelaksanaan kontruksi, beton yang telah dirancang campuran harus diproduksi sedemikian rupa sehingga memperkecil frekuensi terjadinya beton dengan kuat tekan yang lebih rendah dari  $f^{\prime}c$  seperti yang diisyaratkan.

Kriteria penerimaan beton tersebut harus pula sesuai dengan standar yang berlaku. Menurut SNI ( Standar Nasional Indonesia ) kuat tekan harus memenuhi  $0,85 f^{\prime}c$  untuk kuat tekan rata-rata dua silinder dan memenuhi  $f^{\prime}c + 0,82 s$  untuk rata-rata empat buah benda uji yang berpasangan, jika tidak memenuhi, maka diuji mengikuti ketentuan selanjutnya.

### **2.5.3. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton**

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton. Ada empat bagian utama yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton tersebut, yaitu :

1. Proporsi bahan-bahan penyusunnya.
2. Metode perancangan.
3. Perawatan.
4. Keadaan pada saat pengecoran dilaksanaka, yang terutama dipengaruhi oleh lingkungan setempat.

### **2.5.4. Kondisi pada pekerjaan pengecoran**

Kondisi pada saat pekerjaan pengecoran akan mempengaruhi kualitas beton yang dibuat. Faktor-faktor tersebut antara lain :

1. Bentuk dan ukuran
2. Kadar air
3. Suhu
4. Keadaan permukaan landasan
5. Cara pembebanan

### **2.5.5. Perawatan beton**

Perawatan terutama dimaksudkan untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, yang terutama disebabkan oleh suhu. Cara dan bahan serta alat yang digunakan untuk perawatan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutamadari sisi kekuatannya. Waktu-waktu yang dibutuhkan untuk merawat beton pun harus terjadwal dengan baik



## 2.6. Metode DoE

Mix desain metode menurut cara Inggris (*"The British Mix Design Method"*) di Indonesia ini dikenal dengan cara DOE (*Department of Environment*) yang dipakai sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dalam SK.SNI. 03 – 2834 –2000 dengan judul “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal” pemakaian metode DOE dikarenakan metode ini, yang paling sederhana dengan menghasilkan hasil yang akurat. diantaranya penggunaan rumus dan grafik yang simple dan kondisi agregat, waktu pencampuran beton pada kondisi yang SSD tanpa harus keadaan kering open. Secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Menetapkan kuat tekan rata – rata yang ditargetkan.
2. Pemilihan faktor air semen.
3. Menetapkan slump.
4. Menentukan besar beton agregat maksimum.
5. Menentukan kadar air bebas.
6. Menentukan berat jenis relatif.
7. Menghitung proporsi campuran beton
8. Koreksi proporsi campuran.

## 2.7. Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu menjadi salah satu referensi bagi penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan.

1. Nama : Hartono  
( GEMA TEKNOLOGI Vol. 17 No. 3 Periode April 2013 – Oktober 2013 )

Judul : Studi Kuat Beton Dengan Agregat Kasar Dari Batu Kapur

Untuk mendapatkan kekuatan tekan beton karakteristik yang diijinkan dari konstruksi beton cukup sulit, karena dipengaruhi oleh campuran bahan yang digunakan untuk p

embuatan konstruksi, dimana bahan yang dibutuhkan dari campuran beton harus sesuai dengan *Reinforced Concrete Indonesia Rule Year 1991*. Faktor utama bahan campuran yang mempengaruhi mengijinkan kekuatan tekan beton adalah karakteristik agregat, yaitu agregat kasar atau batu hancur.

penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kuat tekan beton dengan karakteristik bahan agregat kasar batu hancur yang berasal dari batu gamping. Penelitian ini menggunakan campuran beton Gresik PC, pasir muntilan, dan krikak batu kapur. Untuk mengetahui karakteristik beton

tekan beton beton, spesimen beton sebanyak 20 buah, dengan perbandingan berat PC campuran menggunakan 1: 2 M: 3, kubus dibentuk kricak dengan ukuran 15 cm X 15 cm x 15 cm dibuat.

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan :

1. Agregat halus atau pasir dari Mutilan yang digunakan untuk pembuatan beton adalah cukup baik dan memenuhi syarat seperti yang disyatakan dalam PBI 1991, begitu juga untuk kricak batu pecah batu kapur.
2. Bahan agregat kasar batu pecah dri batu kapur untuk pembuatan beton yaitu cukup baik untuk pembuatan beton dengan muku K 175 dan termasuk beton kelas II.
3. Dari hasil penelitian kekuatan tekan karakteristiknya adalah  $\sigma^{1bk} = 215,41 \text{ kg/cm}^2$ . Berarti beton dengan campur : 1Pc Gresik : 2 pasir : 3 Kricak ini dapat digunakan untuk pembuatan kontruksi rumah tinggal

2. Nama : M. Dachyar Effendi. ST  
( BADAN PENGKAJIAN DAN PENERAPAN  
TEKNOLOGI (BPPT))

Judul : Analisa Kimia dan Identifikasi mutu Batu Kapur Tuban Berdasarkan Syarat Mutu Batu Kapur Untuk Pembuatan Keramik Halus ( SII.1279-85)

Keramik dapat didefinisikan sebagai bahan komposisi silika atau oksida lainnya, atau campuran dengan struktur gelas atau kristali. Pada umumnya proses pembuatannya memerlukan pembakaran dengan temperatur tinggi ( diatas  $570^{\circ}\text{c}$ ). Penelitian ini fokus dalam studi ini berkaitan dengan mengetahui komposisi kimia dari batu kapur Tuban dan apakah komposisi kriteria kadar senyawa yang ditetapkan dalam syarat batu kapur untuk pembuatan keramik halus ( SII.1279-85) . Dengan membandingkan komposisi kimia yang didapat dengan standar tersebut, akan diketahui apakah batu kapur Tuban layak dipakai sebagai bahan mentah keramik halus atau tidak.

Hasil pengujian, menunjukkan komposisi kimia batu kapur Tuban seperti dirangkum dalam tabel 1.

TABEL 1. Komposisi kimia

Lokasi contoh	Komposisi kimia							keterangan
	SO <sub>3</sub>	AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	H <sub>2</sub> O	HP	
Tuban	0,10	1,00	1,00	44,8	0,10	-	42,30	Tidak diusahakan

Dengan membandingkan komposisi kimia batu kapur Tuban dengan persyaratan mutu kapur untuk pembuatan keramik halus tersebut, dapat dilihat bahwa Batu Kapur Tuban memiliki kadar CaO sebesar 44,80, dibawah kandungan minimum CaO yang ditetapkan. Seperti diketahui, Kalsium dalam batu kapur memegang peranan penting dalam pembentukan badan keramik seperti telah diuraikan dimuka. Kekurangan kadar kalsium dalam batu kapur tentu mempengaruhi kualitas keramik yang dihasilkan. Sekurangnya fungsi kapur sebagai pelebur di dalam keramik *stoneware*/gerabah padat dan glasir yang diharapkan bereaksi dengan alumina dan silika membuat gelas untuk meningkatkan sifat daya tembus badan keramik, kurang tercapai

Sedangkan SO<sub>3</sub> sesuai persyaratan yang ditetapkan.. Melihat perbandingan yang demikian, secara keseluruhan, batu kapur yang diambil dari Tuban ini tidak memenuhi persyaratan sebagai bahan mentah keramik halus menurut standar SII. 1279-85 Mengingat batu kapur ini belum diusahakan pemanfaatannya, maka sebagai pengembangan usaha dari penambangan batu kapur ini salah satunya adalah dengan memanfaatkannya sebagai bahan mentah industri keramik, dengan terlebih dahulu dilakukan usaha benefiasi untuk menurunkan kadar SO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan unsur-unsur lain yang tidak dikehendaki, dan menaikkan kadar CaO sehingga syarat mutu kapur sebagai bahan mentah keramik halus dapat lebih terpenuhi