

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan material utama yang banyak digunakan sebagai bahan konstruksi diseluruh dunia. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat (dapat juga menggunakan variasi bahan tambahan mulai dari bahan kimia tambahan, serat sampai bahan buangan non kimia) dengan perbandingan tertentu. Campuran tersebut bila dituangkan dalam cetakan dan kemudian dibiarkan, maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan itu terjadi oleh peristiwa reaksi kimia antara air dan semen yang berlangsung selama waktu yang panjang, dan akibatnya campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar, kerikil atau batu pecah) diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus, pasir), dan pori-pori antara agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen).

Kekuatan, keawetan dan sifat beton serta lainnya bergantung pada sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penguangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan.

Banyaknya pemakaian beton sebagai salah satu bahan konstruksi disebabkan karena beton terbuat dari bahan-bahan yang umumnya mudah diperoleh, serta mudah diolah sehingga menjadikan beton mempunyai sifat yang dituntut sesuai dengan keadaan situasi pemakaian tertentu.

Jika kita ingin membuat beton berkualitas baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama bagaimana cara-cara untuk memperoleh adukan beton segar (*fresh concrete*) yang baik dan beton keras (*hardened concrete*) yang dihasilkan juga baik.

Dalam pengerjaan beton ada 3 sifat yang harus diperhatikan yaitu :

1. Kemudahan pengerjaan (Workability)

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya.

Unsur – unsur yang mempengaruhinya antara lain :

- a. Jumlah air pencampur.
Semakin banyak air, semakin mudah dikerjakan.

- b. Kandungan semen.

Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya semakin tinggi.

- c. Gradasi campuran pasir – kerikil.

Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.

- d. Bentuk butiran agregat kasar Agregat berbentuk bulat (guli) lebih mudah dikerjakan.

- e. Butir maksimum.

- f. Cara pemadatan dan alat pemadat

2. Pemisahan kerikil (Segregation)

Kecenderungan butir – butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal. Pertama, campuran kurus atau kurang semen. Kedua, terlalu banyak air. Ketiga, besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40mm. Keempat, semakin besar permukaan butir agregat, semakin mudah terjadi segregasi.

Kecenderungan terjadinya segregasi ini dapat dicegah jika :

- a. Tinggi jatuh diperpendek
- b. Penggunaan air sesuai dengan syarat
- c. Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan
- d. Ukuran agregat sesuai dengan syarat
- e. Pemadatan baik

3. Bleeding (Pemisahan air)

Kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan bleeding. Air yang naik ini membawa semen dan butir – butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (laitance).

Bleeding ini dipengaruhi oleh :

a. Susunan butir agregat

Jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadinya bleeding kecil.

b. Banyaknya air

Semakin banyak air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya bleeding

c. Kecepatan hidrasi

Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya bleeding

d. Proses pemadatan

Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya bleeding Bleeding ini dapat dikurangi dengan cara :

e. Memberi lebih banyak semen

f. Menggunakan air sesedikit mungkin

g. Memasukan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus

2.1.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Sebagai bahan konstruksi, beton mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan sebagai berikut :

Kelebihan :

1. Harganya relatif murah.
2. Beton termasuk tahan aus dan tahan kebakaran, sehingga biaya perawatan termasuk rendah
3. Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan oleh kondisi lingkungan
4. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran sebarang tergantung keinginan.

Kekurangan :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan.
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat di masuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.

3. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

2.2 Klasifikasi Beton

Beton dapat diklasifikasikan berdasarkan berat jenisnya dan menurut kelasnya. Berdasarkan berat jenisnya beton dibedakan menjadi beton ringan, beton sedang dan beton berat. Dan berdasarkan kelasnya beton terdiri dari beton kelas I, beton kelas II, dan beton Kelas III dinyatakan dengan huruf “K” (sesuai PBI’ 71) dan “fc” (sesuai SNI ‘ 91), dengan angka dibelakangnya menyatakan kekuatan karakteristik. Ditinjau dari pemakaiannya secara umum beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu: Beton konstruksi massa, beton konstruksi bentuk, dan beton konstruksi jalan. Sedangkan berdasarkan teknik pembuatannya, beton dijadikan menjadi beton biasa yang siap pakai, beton yang dibuat dilapangan, beton pracetak dan beton prategang. Klasifikasi beton berdasarkan.

1. Menurut PBI tahun 1971, beton dapat diklasifikasikan menjadi 3, yaitu:
 - a. Beton kelas I : beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural
 - b. Beton kelas II : beton pekerjaan struktural secara umum
 - c. Beton kelas III : beton untuk pekerjaan struktural dimana dipakai mutu beton dengan kuat tekan karakteristik yang lebih tinggi dari 175 kg/cm².
2. Menurut kekasarannya
 - a. Beton segar : masih dapat dikerjakan
 - b. Beton Hijau : beton yang baru saja dituang dan segera harus dipadatkan
 - c. Beton Muda : 3 hari < 28 hari
 - d. Beton Keras : umur > 28 hari
3. Menurut cara pengecorannya:
 - a. Cara Setempat : tidak dipindahkan
 - b. Cara eksitu ditempat : tidak langsung pada fungsi (dibuat ditempat lain)
 - c. Pabrikasi/pracetak : dirancang, dicetak, dan dibuat dipabrik
 - d. Beton siap pakai : beton dirancang khusus dengan mutu berat dengan suhu tinggi

4. Menurut berat jenisnya:

a. Beton Ringan

Merupakan Beton yang diproduksi dengan menggunakan agregat ringan. Biasanya beton jenis ini digunakan atas pertimbangan ekonomis dan struktural. Berat jenis agregat ringannya sekitar 1900 kg/m³ atau berdasarkan kepentingan penggunaan dan strukturnya yang berkisar antara 1440 – 1850 kg/m³, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 MPa (ACI-318). SNI memberikan batasan kriteria beton ringan sebesar 1900 kg/m³. Beton ringan memiliki densitas < 1.8 gr/cm³, kekuatan sangat bervariasi dan sesuai dengan penggunaan dan pencampuran bahan aduknya. Jenis beton ringan ada dua, yakni:

1. Beton ringan berpori (aerated concrete) adalah beton yang dibuat agar strukturnya terdapat banyak pori. Bahan baku dari campuran ini adalah semen, pasir, gypsimm CaCO₃ dan katalis aluminium. Katali Al menimbulkan gelembung gas H₂O, CO₂ sehingga menimbulkan jejak pori dalam beton yang sudah mengeras. Semakin banyak gas yang dihasilkan akan semakin banyak pori yang terbentuk dan beton akan semakin ringan
2. Beton ringan tidak berpori (non aerated concrete) pada beton ini ditambahkan agregat ringan dalam pembuatannya, seperti batu apung, serat sintetis dan alami, slag baja, perlite dan lain-lain

b. Beton Normal

Merupakan beton yang diproduksi dengan menggunakan agregat normal. Berat jenis ini memiliki berat isi sebesar 2200 – 2500 kg/m³, dengan kuat tekan sebesar 15-40 MPa. Beton normal pada umumnya sering digunakan pada industri konstruksi. Contohnya yaitu dalam pembuatan gedung-gedung, jalan (jenis perkerasan beton), bendungan saluran air dan lainnya

c. Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat lebih besar dari beton normal yakni lebih dari 2400 kg/m³. Beton jenis ini biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya.

2.3 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton terdiri dari beberapa material kasar maupun halus dan ditambah dengan air. Kombinasi keseluruhan material tersebut didapatkanlah menjadi beton. Pada dasarnya bahan utama penyusun beton adalah semen, pasir dan kerikil. Akan tetapi banyak juga bahan-bahan tambahan yang dapat kita jumpai seperti bahan tambahan kimia dan yang lainnya. Disini kita akan membahas tentang bahan-bahan dasar penyusun beton tersebut.

2.3.1 Semen Portland

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus pasta semen akan menjadi mortar, sedangkan jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*hardened concrete*).

Fungsi semen ialah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butiran agregat. Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu: semen non-hidrolik dan semen hidrolik.

Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air, akan tetapi dapat mengeras diudara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur. Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen hidrolik antara lain: kapur hidrolik, semen pozollan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland pozolland dan semen alumina.

Menurut ASTM C-150, 1995, semen portland didefinisikan sebagai semen hidraulik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013 – 81 atau standar uji bahan bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut.

Proses pembuatan semen portland dilaksanakan melalui beberapa tahap yaitu:

- Penambangan di *quarry*
- Pemecahan di *crushing plant*
- Penggilingan
- Pencampuran bahan-bahan
- Pembakaran (*ciln*)
- Penggilingan kembali hasil pembakaran
- Penambahan bahan tambah *gypsum*
- Pengikatan (*packing plant*)

Proses pembuatan semen portland dapat dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Proses basah

Pada proses basah, sebelum dibakar bahan dicampur dengan air (*slurry*) dan digiling hingga berupa bubur halus. Proses basah umumnya dilakukan jika yang diolah merupakan bahan-bahan lunak seperti kapur dan lempung

Bubur halus yang dihasilkan selanjutnya dimasukkan dalam sebuah pengeringan (*oven*). Suhu sedikit dinaikkan dan diputar dengan kecepatan tertentu. Bahan akan mengalami perubahan sedikit demi sedikit akibat naiknya suhu dan akibat terjadinya sliding di dalam proses pengeringan. Pada suhu 100 derajat air mulai menguap dan pada suhu 850 derajat karbondioksida dilepaskan. Pada suhu 1400 derajat, berlangsung permulaan perpaduan di daerah pembakaran, dimana akan terbentuk klinker yang terdiri dari senyawa kalsium silikat dan kalsium aluminat. Klinker tersebut selanjutnya didinginkan, kemudian dihaluskan menjadi butir halus dan ditambah dengan bahan *gypsum* sekitar 1% - 5%.

2. Proses kering

Proses kering biasanya digunakan untuk jenis batuan yang lebih keras misalnya untuk batu kapur jenis shale. Pada proses ini bahan dicampur dan digiling dalam keadaan kering menjadi bubuk kasar. Selanjutnya bahan tersebut dimasukkan kedalam *ciln* dan proses selanjutnya sama dengan proses basah.

1. Sifat-sifat Semen Portland

Sifat-sifat semen portland yang penting antara lain:

a. Kehalusan butiran

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan (*setting time*) menjadi semakin lama jika butir semen lebih kasar. Semakin halus butiran semen, proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang. Kehalusan butiran semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya *bleeding* atau naiknya air kepermukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut ASTM, butiran semen yang lewat ayakan no.200 harus lebih dari 78%.

b. Waktu pengikat

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung mulai dari bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menerima tekanan. Waktu ikat semen dibedakan menjadi dua:

- Waktu ikat awal (*initial setting time*), yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan.
- Waktu ikat akhir (*final setting time*), yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras.

Pada semen portland *initial setting time* berkisar 1.0-2.0 jam, tetapi tidak boleh kurang dari 1.0 jam, sedangkan *final setting time* tidak boleh lebih dari 8.0 jam. Untuk kasus-kasus tertentu, diperlukan *initial setting time* lebih dari 2.0 jam agar waktu terjadinya ikatan awal lebih panjang. Waktu yang panjang ini diperlukan untuk transportasi (*hauling*), penuangan (*dumping/pouring*), pemadatan (*vibrating*), dan perataan permukaan.

c. Panas hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/gram. Jumlah panas yang dibentuk antara lain bergantung pada jenis semen yang dipakai dan kehalusan butiran semen. Dalam pelaksanaan, perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan. Pada beberapa struktur beton, terutama pada struktur

beton mutu tinggi, retakan ini tidak diinginkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pendinginan melalui perawatan (*curing*) pada saat pelaksanaan.

d. Perubahan volume (kekalan)

Kekalan pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan pengembangan bahan-bahan campurannya dan kemampuan untuk mempertahankan volume setelah pengikatan terjadi. Pengembangan volume dapat menyebabkan kerusakan dari suatu beton, karena itu pengembangan beton dibatasi 0.8%. Pengembangan semen ini disebabkan karena adanya CaO bebas, yang tidak sempat bereaksi dengan oksida-oksida lain. Selanjutnya CaO ini akan bereaksi dengan air membentuk Ca(OH)_2 dan pada saat kristalisasi volumenya akan membesar. Akibat pembesaran volume tersebut, ruang antar partikel terdesak dan akan timbul retak - retak.

e. Senyawa kimia

Secara garis besar, ada 4 senyawa kimia utama yang menyusun semen Portland, yaitu :

- Trikalsium Silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C3S
- Dikalsium Silikat ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C2S
- Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C3A
- Tetrakalsium Aluminoferrit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C4AF

2. Jenis-jenis semen portland

Pemakaian semen yang disebabkan oleh kondisi tertentu yang dibutuhkan pada pelaksanaan konstruksi di lokasi, dengan perkembangan semen yang pesat maka dikenal berbagai jenis semen portland antara lain:

- a) Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan-bangunan umumnya yang tidak memerlukan persyaratan khusus. Jenis ini paling banyak diproduksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.
- b) Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidras dengan tingkat sedang. Digunakan untuk

konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan didalam tanah yang mengandung air agresif (garam-garam sulfat).

- c) Tipe III, semen portland yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi. Kekuatan 28 hari umumnya dapat dicapai dalam 1 minggu. Semen jenis ini umumnya dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus dapat cepat dipakai.
- d) Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya diperlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan seperti bangunan gravitasi yang besar.
- e) Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam persentase yang tinggi.

2.3.2 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, yaitu berkisar 60%-70% dari volume beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar sehingga karakteristik dan sifat agregat memiliki pengaruh langsung terhadap sifat-sifat beton.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Semua secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4.80 mm (*british standard*) atau 4.75 mm (standard ASTM). Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4.80 mm (4.75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang kecil dari 4.80 mm (4.75 mm). Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm.

1. Jenis Agregat

Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan pecahan alam ini pun dapat dibedakan berdasarkan bentuknya, tekstur permukaannya, dan ukuran butir nominal (gradasi). Berikut penjelasan mengenai pembagian jenis-jenis agregat yang digunakan pada campuran beton.

A. Jenis Agregat Berdasarkan Bentuk

Bentuk agregat dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya dipengaruhi oleh proses geologi buatan yang terbentuk secara alamiah. Setelah dilakukannya penambangan, bentuk agregat dipengaruhi oleh mesin pemecah batu maupun cara peledakan yang digunakan.

Jika dikonsolidasikan butiran yang bulat akan menghasilkan campuran beton yang lebih baik bila dibandingkan dengan butiran yang pipih dan lebih ekonomis penggunaan pasta semennya. Klasifikasi agregat berdasarkan bentuknya adalah:

I. Agregat bulat

Agregat ini terbentuk karena terjadinya pengikisan oleh air atau keseluruhannya terbentuk karena pengerasan. Rongga udaranya minimum 33%, sehingga rasio luas permukaannya kecil. Beton yang dihasilkan dari agregat ini kurang cocok untuk struktur yang menekankan pada kekuatan, sebab ikatan antar agregat kurang kuat.

II. Agregat bulat sebagian atau tidak teratur

Agregat ini secara alamiah berbentuk tidak teratur. Sebagian terbentuk karena pengerasan sehingga permukaan atau sudut-sudutnya berbentuk bulat. Rongga bola pada agregat ini lebih tinggi, sekitar 35%-38%, sehingga membutuhkan lebih banyak pasta semen agar mudah dikerjakan. Beton yang dihasilkan dari agregat ini belum cukup baik untuk beton mutu tinggi, karena ikatan antara agregat belum cukup baik (masih kurang kuat).

III. Agregat bersudut

Agregat ini mempunyai sudut-sudut yang tampak jelas, yang terbentuk di tempat-tempat perpotongan bidang-bidang dengan permukaan kasar. Rongga udara pada agregat ini sekitar 38%-40%, sehingga membutuhkan lebih banyak lagi pasta semen agar mudah dikerjakan. Beton yang dihasilkan dari agregat ini cocok untuk

struktur yang menekankan pada kekuatan kerana ikatan antar agregatnya baik (kuat).

IV. Agregat panjang

Agregat ini panjangnya jauh lebih besar dari pada lebarnya dan lebarnya jauh lebih besar dari pada tebalnya. Agregat ini disebut panjang jika ukuran terbesarnya lebih dari $9/5$ dari ukuran rata-rata. Ukuran rata-rata ialah ukuran ayakan yang meloloskan dan menahan butiran agregat. Sebagai contoh, agregat dengan ukuran rata-rata 15 mm akan lolos ayakan 19 mm dan tertahan oleh ayakan 10 mm. Agregat ini dinamakan panjang jika ukuran terkecil butirannya lebih kecil dari 27 mm ($9/5 \times 15$ mm). Agregat jenis ini akan berpengaruh buruk pada mutu beton yang akan dibuat. Kekuatan tekan yang dihasilkan agregat ini adalah buruk.

V. Agregat pipih

Agregat disebut pipih jika perbandingan tebal agregat terhadap ukuran-ukuran lebar dan tebalnya lebih kecil. Agregat pipih sama dengan agregat panjang, tidak baik untuk campuran beton tinggi. Dinamakan pipih jika ukuran terkecilnya kurang dari $3/5$ ukuran rata-ratanya.

VI. Agregat pipih dan panjang

Pada agregat ini mempunyai panjang yang jauh lebih besar daripada lebarnya, sedangkan lebarnya jauh lebih besar dari tebalnya.

B. Jenis Agregat Berdasarkan Ukuran Butir Nominal

Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan pecahan ini pun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi), dan tekstur permukaannya. Dari ukuran butirannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus.

I. Agregat halus

Agregat halus (pasir) yang digunakan sebagai bahan didalam perencanaan campuran beton adalah merupakan butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butir terletak antara 0.075-4.75 mm. Butiran halus ini biasanya didapatkan dari alam maupun dibuat sendiri di quarry.

Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71), bahwa agregat halus yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

- Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan – batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan alat – alat pemecah batu.
- Agregat halus yang digunakan harus terdiri dari butir – butiran yang tajam, keras serta bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian – bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- Agregat halus tidak boleh mengandung bahan – bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abras – Harder (dengan larutan NaOH)
- Agregat halus harus terdiri dari butir – butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat – syarat berikut:
 - Sisa diatas ayakan 4 mm harus minimum 2% berat.
 - Sisa diatas ayakan 1 mm harus minimum 10% berat.
 - Sisa diatas ayakan 0.25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.

II. Agregat Kasar

Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal pada ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976).Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71) bahwa agregat kasar yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

- Agregat kasar dalam beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan – batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
- Agregat kasar harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir – butir yang pipih hanya dapat

dipakai, apabila jumlah butir – butir yang 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.

- 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 melebihi 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang reaktif alkali.
- Kekerasan dari butir – butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20T, dengan harus memenuhi 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%.

Agregat kasar harus terdiri dari butir – butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat – syarat berikut :

- Sisa diatas ayakan 31.5 mm harus 0% berat.
- Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90 – 98% berat.
- Selisih antara sisa – sisa kumulatif diatas 2 ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.

Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang – bidang samping dari cekatan, $\frac{1}{3}$ dari tebal plat atau $\frac{3}{4}$ 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.

2.3.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta sebagai bahan pelumas antar butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Kandungan air yang rendah menyebabkan beton sulit dikerjakan (tidak mudah mengalir), dan kandungan air yang tinggi menyebabkan kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous.

Air yang digunakan sebagai campuran harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton. Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut:

- a) Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

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

2.3.4 Pecahan Kulit Biji Karet

Saat ini mulai dilakukan pengujian penambahan material-material tertentu guna mencapai hasil ataupun mengetahui pengaruh dari penggunaan material tersebut. Bahan tersebut ditambah ke dalam campuran beton dengan berbagai tujuan, antara lain untuk mengurangi pemakaian semen, agregat halus maupun agregat kasar. Cara pemakaiannya pun berbeda-beda, sebagai bahan pengganti sebagian agregat atau sebagai tambahan pada campuran untuk mengurangi pemakaian agregat.

Pada penelitian ini material bahan tambahan yang saya gunakan adalah pecahan kulit biji karet (*Hevea Brasiliensis*) yang dihaluskan hingga menyerupai agregat halus yaitu pasir. Kulit biji karet ini adalah tumbuhan yang berlignin,

konstruksi cangkang yang keras mengindikasikan bahwa kulit biji karet ini mengandung senyawa aktif berupa lignin. Hingga saat ini memang pemanfaatannya yang masih kurang optimal. sehingga membuat saya berkeinginan untuk menjadikannya salah satu bahan campuran pada beton.

Berikut adalah komposisi kimia yang terkandung pada kulit karet :

Tabel 2.1 komposisi kimia kulit karet

Komponen penyusun	Persentase (%)
Selulosa	48,64
Lignin	33,54
Pentosan	16,81
Kadar abu	1,25
Kadar silika	0,52

Sumber : Pari Dalam Esih, Susi Safitri, 2003

