

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian ini merupakan pengembangan dari berbagai referensi penelitian terdahulu. Penggunaan referensi diharapkan dapat menciptakan pengembangan baru yang berbeda dari penelitian sebelumnya.

Ika Yuliana (2007), dengan judul “Analisis Tingkat Kekerasan Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton”. Dari penelitian tersebut menggunakan metode eksperimen dan perhitungan perancangan adukan beton menggunakan metode SK SNI T-15-1990-03.

Hasil pengujian kuat tekan beton diperoleh kuat tekan rata-rata untuk agregat (1) fas 0,50 ukuran maksimum 20 mm sebesar 31,010 MPa dan fas 0,50 ukuran maksimum 40 mm 28,068 MPa (agregat batu pecah asal Karanganyar), sedangkan agregat (2) fas 0,50 ukuran maksimum 20 mm sebesar 28,068 MPa dan 0,50 ukuran maksimum 40 mm 15,448 MPa (agregat batu pecah asal Boyolali), sedangkan untuk fas 0,60 ukuran maksimum 20 mm sebesar 24,955 MPa, fas 0,60 ukuran maksimum 40 mm 23,201 MPa (agregat batu pecah asal Karanganyar) dan fas 0,60 ukuran maksimum 20 mm 14,882 MPa fas 0,60 ukuran maksimum 40 mm 12,959 MPa (agregat batu pecah asal Boyolali).

Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa ukuran, asal, dan sifat kekerasan butir dan gradasi agregat kasar (batu pecah) sangat berpengaruh pada hasil kuat tekan yang didapat terutama pada beton normal. Untuk batu pecah ukuran agregat maksimum 20 mm cenderung lebih baik dibandingkan agregat ukuran maksimum 40 mm, hal tersebut dapat terjadi karena agregat ukuran maksimum 20 mm lebih mampu mengisi dan mengunci dengan baik sehingga rongga-rongga pada beton dapat terisi, nilai kekerasan agregat yang cenderung lebih lunak menyebabkan kuat tekan beton yang didapat cenderung lebih kecil. Sedangkan untuk tingkat kekerasan batu pecah asal Karanganyar memiliki tingkat kekerasan lebih keras sehingga mampu menghasilkan kuat tekan beton yang lebih besar, dan untuk batu pecah asal Boyolali karena mempunyai tingkat kekerasan lebih lunak batu pecah tersebut menghasilkan kuat tekan lebih kecil.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Terminologi Beton

Beton adalah campuran antara portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 03-2847-2002). Beton dapat dibuat dengan mudah bahkan oleh mereka yang tidak punya pengertian sama sekali tentang beton teknologi, tetapi pengertian yang salah dari kesederhanaan ini sering menghasilkan persoalan pada produk, antara lain reputasi jelek dari beton sebagai materi bangunan. Beton mempunyai kuat tekan yang besar sementara kuat tariknya kecil. Oleh karena itu untuk struktur bangunan, beton selalu dikombinasikan dengan tulangan baja untuk memperoleh kinerja yang tinggi.

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk.

Pada dasarnya, beton terdiri dari agregat, semen hidrolis, air, dan boleh mengandung bahan bersifat semen lainnya dan atau bahan tambahan kimia lainnya. Beton dapat mengandung sejumlah rongga udara yang terperangkap atau dapat juga rongga udara yang sengaja dimasukkan melalui penambahan bahan tambahan. Bahan tambahan kimia sering digunakan untuk mempercepat, memperlambat, memperbaiki sifat kemudahan pengerjaan (*workability*), mengurangi air pencampur, menambah kekuatan, atau mengubah sifat-sifat lain dari beton yang dihasilkan.

Beberapa bahan bersifat semen seperti abu terbang, pozolan alam / tras, tepung terak tanur tinggi dan serbuk silika dapat digunakan bersama-sama dengan semen hidrolis untuk menekan harga atau untuk memberikan sifat-sifat tertentu seperti misalnya untuk mengurangi panas hidrasi awal, menambah perkembangan kekuatan akhir, atau menambah daya tahan terhadap reaksi alkali-agregat atau serangan sulfat, menambah kerapatan, dan ketahanan terhadap masuknya larutan-larutan perusak (SNI 7656:2012).

Kualitas beton yang dihasilkan dari campuran bahan-bahan dasar penyusun beton meliputi kekuatan dan keawetan. Sifat-sifat sangat ditentukan oleh sifat penyusunnya, cara pengadukan, cara pengerjaan selama penuangan adukan beton ke dalam cetakan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan. Beton mempunyai karakteristik yang spesifikasinya terdiri dari beberapa bahan penyusun.

2.2.2 Sifat Umum Beton

a. Beton yang masih basah :

- 1) Mudah dibentuk sesuai cetakan/bekisting.
- 2) Menimbulkan panas akibat reaksi kimia antara semen dan air (disebut panashydrasi) sehingga mengakibatkan keretakan saat pengerasan.
- 3) Kecepatan pengerasan tergantung pada tipe semen yang dipakai, kekentalan, cucaca dan bahan tambahan yang dipakai.
- 4) Air semen yang menguap saat proses pengeringan akan menimbulkan pori-pori.
- 5) Mudah terjadi pemisahan agregat kasar dan halus apabila dijatuhkan dari ketinggian yang melebihi persyaratan.

b. Beton yang sudah kering :

- 1) Berpori.
- 2) Tidak kedap air
- 3) Tahan terhadap gaya tekan, tetapi tidak tahan tarikan.
- 4) Keras dan kuat sesuai dengan desain yang direncanakan.
- 5) Sesuai diperbaiki bila terjadi kesalahan bentuk maupun pengerjaan/keropos.
- 6) Keseragaman permukaan tergantung komposisi material yang dipakai, sumber material, cara pengerjaan dan permukaan papan bekistingnya.

2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Beton

a. Kelebihan beton

- 1) Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
- 2) Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan, cetakan dapat pula dipakai berulang kali sehingga lebih ekonomis.

- 3) Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan ke dalam retakan beton dalam proses perbaikan.
- 4) Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
- 5) Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih murah.

b. Kekurangan Beton

- 1) Beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberi baja tulangan sebagai penahan gaya tarik.
- 2) Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi (*expansion join*) untuk mencegah terjadinya retakan – retakan akibat terjadinya perubahan suhu.
- 3) Untuk mendapatkan beton kedap air secara sempurna, harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti.
- 4) Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur gempa.

Kekuatan dan keawetan beton tergantung pada sifat – sifat bahan dasarnya, nilai perbandingan campuran bahan penyusun cara pengadukan adukan beton, dan cara pemadatan serta cara perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodimulyo, 1986).

2.2.4 Jenis-jenis Beton

a. Beton Mortar

Beton mortar adalah beton yang terbuat dari campuran antara mortar semen, pasir, dan air dengan perbandingan tertentu. Oleh karena itu, beton mortar juga kerap disebut sebagai beton semen. Bahan baku untuk membuat beton mortar terdiri atas mortar, pasir, dan air. Ada 3 macam mortar yang sering digunakan antara lain semen, kapur, dan lumpur. Beton mortar semen yang dilengkapi dengan anyaman tulangan baja di dalamnya disebut ferro cement. Beton ini memiliki kekuatan tarik dan daktilitas yang baik.



Gambar 2.1 Beton Mortar

b. Beton Ringan

Sesuai namanya, beton ringan dibuat dengan memakai agregat yang berbobot ringan. Beberapa orang juga kerap menambahkan zat aditif yang bisa membentuk gelembung-gelembung udara di dalam beton. Semakin banyak jumlah gelembung udara yang tersimpan pada beton, maka pori-porinya pun akan semakin bertambah sehingga ukurannya juga bakal kian membesar. Hasilnya, bobot beton tersebut lebih ringan daripada beton lain yang memiliki ukuran sama persis. Beton ringan ini biasanya diaplikasikan pada bagian konstruksi dinding non-struktur.



Gambar 2.2 Beton Ringan

c. Beton Non-Pasir

Dinamakan sebagai beton non-pasir karena proses pembuatan beton non-pasir ini sama sekali tak menggunakan pasir, melainkan hanya material-material yang terdiri atas kerikil, semen, dan air. Hal ini menimbulkan terbentuknya rongga udara di antara celah-celah kerikil sehingga total berat jenisnya pun menjadi lebih rendah. Karena beton non-pasir tidak menggunakan pasir, maka kebutuhan semen pada beton ini juga lebih sedikit. Penggunaan beton non-pasir

misalnya pada struktur ringan, kolom dan dinding sederhana, bata beton, serta buis beton.



Gambar 2.3 Beton Non-Pasir

d. Beton Hampa

Beton hampa merupakan jenis beton yang unik. Disebut sebagai beton hampa karena memang beton ini bersifat hampa. Hal ini tidak terlepas dari proses pembuatan beton tersebut. Dalam pembuatan beton hampa ini, beton menjadi hampa karena dilakukan penyedotan air pengencer yang terkandung di dalam adukan beton memakai vacuum khusus. Akibatnya beton pun hanya mengandung air yang sudah bereaksi dengan semen saja. Sehingga kekuatan yang dimilikinya pun sangat tinggi. Beton hampa banyak dimanfaatkan pada gedung pencakar langit.



Gambar 2.4 Beton Hampa

e. Beton Bertulang

Beton bertulang ialah beton yang terbentuk dari kombinasi antara adukan beton dengan tulangan baja. Beton bertulang tercipta dari ide untuk membuat material baru yang kuat terhadap beban tekan dan beban tarik sekaligus. Perlu diketahui, beton memiliki sifat kuat terhadap gaya tekan tetapi lemah dengan gaya

tarik. Oleh karena itu, tulangan baja sengaja ditanamkan ke dalamnya agar kekuatan beton terhadap gaya tarik pun meningkat. Beton bertulang biasanya dipakai pada struktur bentang lebar seperti pelat lantai, kolom bangunan, jalan, jembatan, dan lain-lain.



Gambar 2.5 Beton Bertulang

f. Beton Prategang

Pada dasarnya, pembuatan beton prategang ini mirip sekali dengan beton bertulang. Perbedaan tipis hanyalah terletak pada tulangan baja yang bakal dimasukkan ke dalam beton tersebut, di mana tulangan baja pada beton prategang harus ditegangkan terlebih dulu sebelum ditanamkan ke dalam beton. Tujuannya supaya beton yang dihasilkannya nanti tidak mengalami keretakan walaupun harus menahan beban lentur yang begitu besar. Penerapan beton pra-tegang ini juga banyak ditujukan untuk menahan atau menyangga struktur bangunan bentang lebar.



Gambar 2.6 Beton Prategang

g. Beton Pracetak

Beton yang dicetak di luar area pengerjaan suatu proyek pembangunan disebut sebagai beton pracetak. Beton ini memang sengaja dibuat di tempat lain

supaya lebih praktis, mutunya terjaga dengan baik, serta tidak mengotori lokasi kerja. Selain itu, pemilihan beton tersebut juga kerap didasari pada sempitnya lokasi proyek dan tidak adanya tenaga yang tersedia. Beton pracetak ini selanjutnya dikirim ke lokasi proyek saat hendak dipasang. Biasanya beton pracetak diproduksi oleh perusahaan yang bergerak secara khusus di bidang pembangunan dan pengadaan material.



Gambar 2.7 Beton Pracetak

h. Beton Massa

Beton massa adalah beton yang dibuat dalam jumlah yang banyak sekaligus. Penuangan beton ini sangat besar di atas kebutuhan rata-rata beton pada umumnya. Begitu pula dengan faktor perbandingan antara volume beton dan luas permukaannya pun sangat tinggi. Selain itu, beton massa ini juga mempunyai dimensi yang begitu besar. Ukuran dimensinya sendiri lebih dari 60 cm. Adapun beton massa ini banyak diaplikasikan pada pembuatan pondasi berukuran besar, pilar-pilar bangunan, bendung, dan bendungan.



Gambar 2.8 Beton Massa

i. Beton Siklop

Beton siklop merupakan beton yang menggunakan agregat cukup besar sebagai bahan pengisi tambahannya. Ukuran penampang agregat tersebut berkisar antara 15-20 cm. Bahan ini lantas ditambahkan ke dalam adukan beton normal sehingga dapat meningkatkan kekuatannya. Beton siklop sering kali dibangun pada bendungan, jembatan, dan bangunan air lainnya. Penggunaan beton siklop mampu menghemat biaya pembuatan biaya konstruksi bangunan secara signifikan tanpa mengesampingkan kualitasnya untuk jenis bangunan-bangunan tertentu.



Gambar 2.9 Beton Siklop

j. Beton Serat

Secara prinsip, beton serat dibuat dengan menambahkan serat-serat tertentu ke dalam adukan beton. Tujuannya apa? Tidak lain untuk meningkatkan kualitas dari beton yang dihasilkannya. Contoh-contoh serat yang banyak digunakan di dalam pembuatan beton serat di antaranya yaitu asbestos, plastik, kawat baja, hingga serat alami dari tumbuh-tumbuhan. Penambahan serat ini memang sengaja dimaksudkan untuk menaikkan daktilitas pada beton tersebut sehingga beton pun lebih kuat dan tidak mudah mengalami keretakan.



Gambar 2.10 Beton Serat

2.2.5 Bahan Penyusun Campuran Beton

a. Semen

Semen atau *Portland cement* (PC) adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat

kalsium yang bersifat hidraulis dengan gips sebagai bahan tambahan. Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat digolongkan ke dalam empat bagian yaitu : *trikalsium silikat* (C_3S), *dikalsium silikat* (C_2S), *trikalsium aluminat* (C_3A) dan *tetrakalsium aluminoforit* (C_4AF), selain itu pada semen juga terdapat unsur-unsur lainnya dalam jumlah kecil, misalnya: MgO , TiO_2 , Mn_2O_3 , K_2O dan Na_2O . Soda atau potasium (Na_2O dan K_2O) merupakan komponen minor dari unsur-unsur penyusun semen yang harus diperhatikan, karena keduanya merupakan alkalis yang dapat bereaksi dengan silika aktif dalam agregat sehingga menimbulkan disintegrasi beton (Neville & Brooks, 1987).

Semen pada campuran beton berfungsi untuk merekatkan agregat halus dan agregat kasar sehingga menjadi padat. Semen bisa merekatkan campuran pada beton jika semen dicampurkan dengan air sehingga bereaksi menjadi pasta semen. Menurut (Mulyono, 2013) semen dapat dibedakan berdasarkan susunan kimianya maupun kehalusan butirnya.

Jenis semen dapat dihasilkan dari mengubah komposisi kimia semen dengan cara mengubah presentase 4 komponen utama pembuatannya. Sesuai dengan tujuan pemakaian semen *portland* dapat dibedakan menjadi 5 jenis (SNI 15-2049-2004) sebagai berikut :

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

Semen tipe I yang dahulu digunakan untuk keperluan umum tidak lagi diproduksi masal dalam kemasan kantong kertas dan hanya diproduksi dalam bentuk curah untuk melayani pesanan yang relatif kecil.

Semen PCC atau *Portland Composite Cement* merupakan jenis semen Portland yang paling banyak beredar di pasaran. Semen PCC adalah varian semen hidrolis yang tersusun atas campuran semen Portland biasa (OPC) dengan bahan lain yang berpartisipasi dalam reaksi hidrasi sehingga memberi kontribusi substansial terhadap hasil hidrasi semen (Taylor,1997). Semen PCC diberi bahan-bahan tambah lain seperti abu terbang batubara, butir terak tanur-tinggi (*granulated blast-furnace slag*), mikrosilika (*silica fume*), batu kapur (*limestone*), *pozzolana* alami atau bahan lain yang dapat mempengaruhi proses hidrasi semen.

Portland Pozzolan Cement (PPC) didefinisikan sebagai suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen *portland* dan pozolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen *portland* dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, di mana kadar pozolan 6% sampai dengan 40% massa semen *portland*.

b. Agregat Halus

Pada SNI 1970-2008, agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (No.4). Pasir dapat dibedakan menjadi tiga macam (Tjokrodimuljo,1992), yaitu :

- 1) Pasir galian, pasir yang diperoleh dari permukaan tanah dengan cara digali. Pasir ini umumnya memiliki bentuk yang bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara dicuci.
- 2) Pasir sungai, pasir yang diperoleh dari dasar sungai. Pasir ini umumnya memiliki butiran yang halus dan bulat-bulat karena akibat proses gesekan.
- 3) Pasir laut, pasir yang diambil dari pantai. Pasir ini memiliki butiran yang halus dan bulat-bulat karena mengalami proses gesekan, pasir laut merupakan pasir yang jelek karena memiliki kadar garam. Garam dapat menyerap kandungan air dari udara yang mengakibatkan pasir selalu agak basah dan menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Garam juga dapat menyebabkan korosi pada struktur beton, oleh sebab itu pasir laut sebaiknya tidak digunakan.

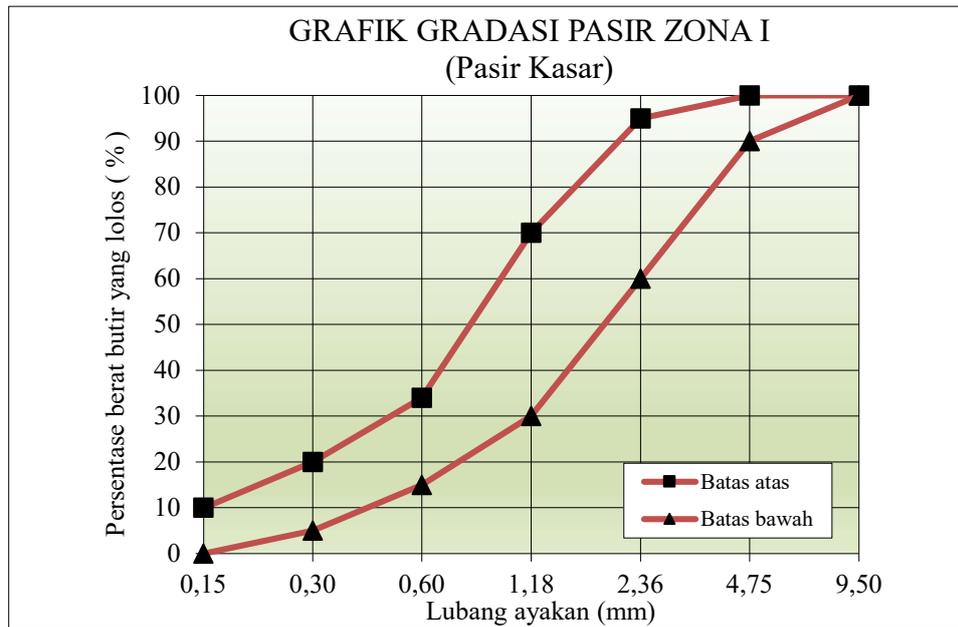
Untuk digunakan pada campuran beton agregat halus harus memenuhi persyaratan SK SNI S-04-1989-F sebagai berikut :

- 1) Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
- 2) Butir agregat halus harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- 3) Agregat halus tidak mengandung lumpur lebih dari 5%, apabila melebihi agregat halus harus dicuci.
- 4) Agregat halus tidak banyak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan di atas endapan agregat halus tidak boleh lebih gelap daripada warna standar / pembanding.
- 5) Modulus halus butir antara 1,50 – 3,80 dengan variasi butir sesuai standar gradasi.

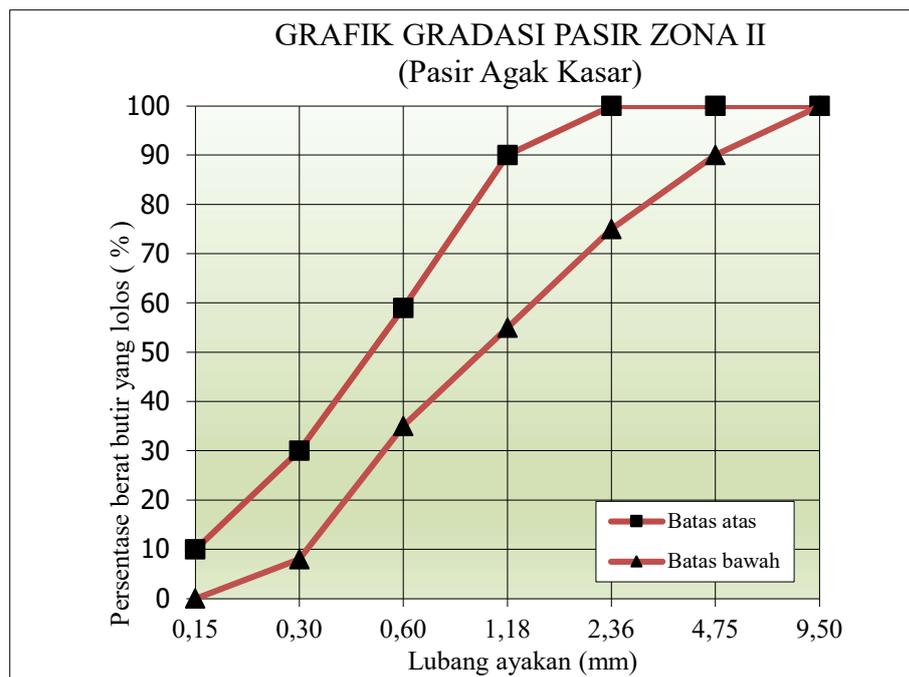
Berdasar SNI-03-2834-2000 persyaratan susunan butiran untuk agregat halus dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini :

Tabel 2.2 Gradasi Agregat Halus

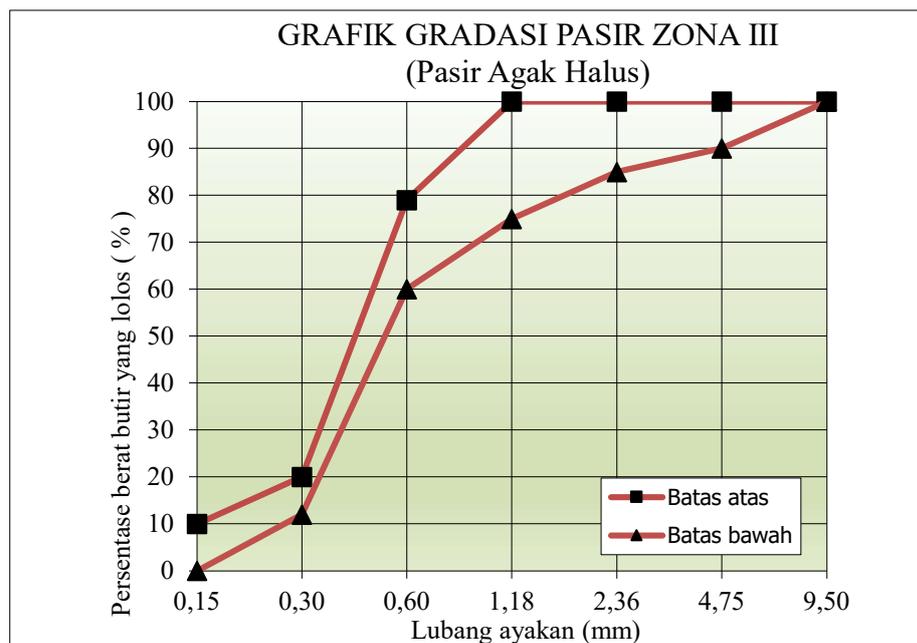
| Ukuran Saringan | | | % Lolos Saringan/Ayakan | | | |
|-----------------|------|---------|-------------------------|------------------|------------------|---------------|
| (Ayakan) | | | Pasir Kasar | Pasir Agak Kasar | Pasir Agak Halus | Pasir Halus |
| mm | SNI | ASTM | Gradasi No. 1 | Gradasi No. 2 | Gradasi No. 3 | Gradasi No. 4 |
| 9,50 | 9,6 | 3/8 in | 100 - 100 | 100 - 100 | 100 - 100 | 100 - 100 |
| 4,75 | 4,8 | no. 04 | 90 - 100 | 90 - 100 | 90 - 100 | 95 - 100 |
| 2,36 | 2,4 | no. 08 | 60 - 95 | 75 -100 | 85 - 100 | 95 - 100 |
| 1,18 | 1,2 | no. 16 | 30 - 70 | 55 - 90 | 75 - 100 | 90 - 100 |
| 0,60 | 0,6 | no. 30 | 15 - 34 | 35 -59 | 60 - 79 | 80 - 100 |
| 0,30 | 0,3 | no. 50 | 5 - 20 | 8 - 30 | 12 - 40 | 15-50 |
| 0,15 | 0,15 | no. 100 | 0 - 10 | 0 - 10 | 0 - 10 | 0 - 15 |



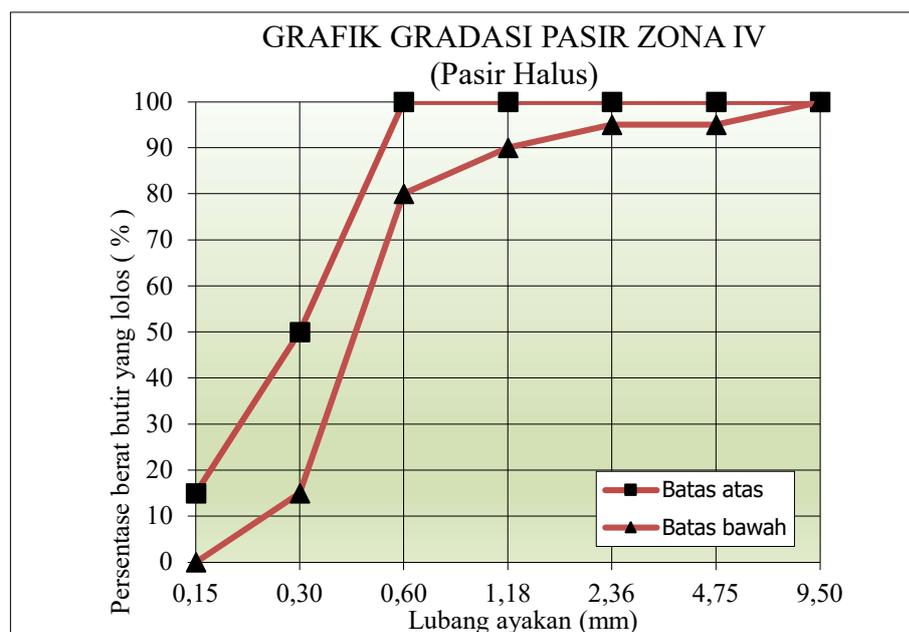
Gambar 2.11 Grafik Gradasi Pasir Kasar



Gambar 2.12 Grafik Gradasi Pasir Agak Kasar



Gambar 2.13 Grafik Gradasi Pasir Agak Halus



Gambar 2.14 Grafik Gradasi Pasir Halus

c. Agregat Kasar

Pada SNI 03-2847-2002, 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 5 mm sampai 40 mm. Klasifikasi agregat kasar dapat dibagi menjadi tiga jenis (Tjokrodimuljo, 1992), yaitu :

- 1) Agregat berat, merupakan agregat dengan berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm³.
- 2) Agregat normal, merupakan agregat dengan berat jenis antara 2,5-2,8 gr/cm³.
- 3) Agregat ringan, merupakan agregat dengan berat jenis kurang dari 2,0 gr/cm³.

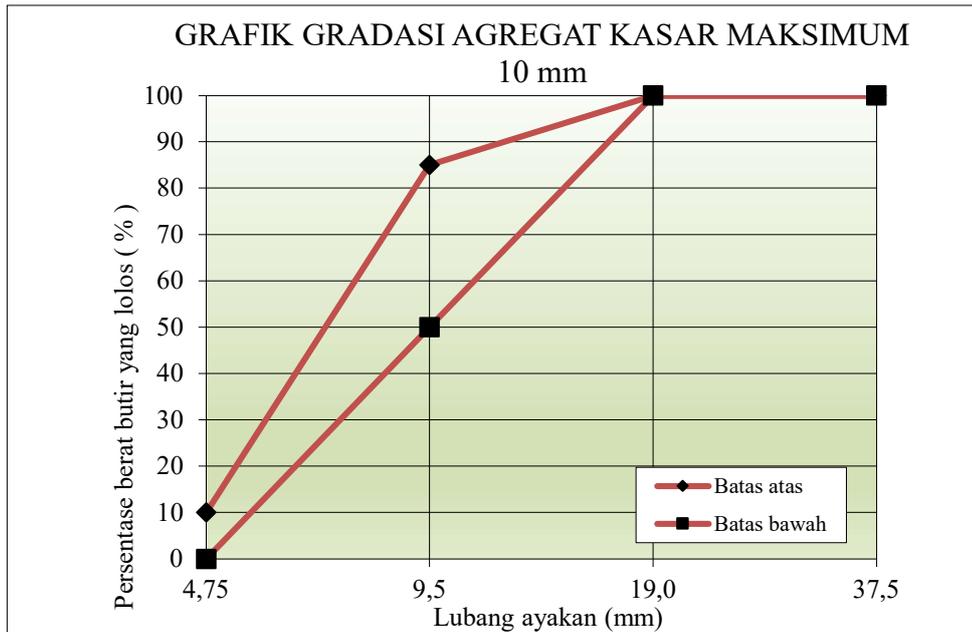
Pada standar SK SNI S-04-1989-F agregat kasar untuk bahan bangunan sebaiknya harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) Butir butirnya keras dan tidak berpori. Agregat kasar dapat diuji dengan bejana *Rudeloff* atau mesin *Los Angeles*.
- 2) Tidak mudah pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan).
- 3) Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 1%. Bila melebihi dari 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- 4) Tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat alkali.
- 5) Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20%.
- 6) Modulus halus butiran beragam sesuai dengan standar gradasi.

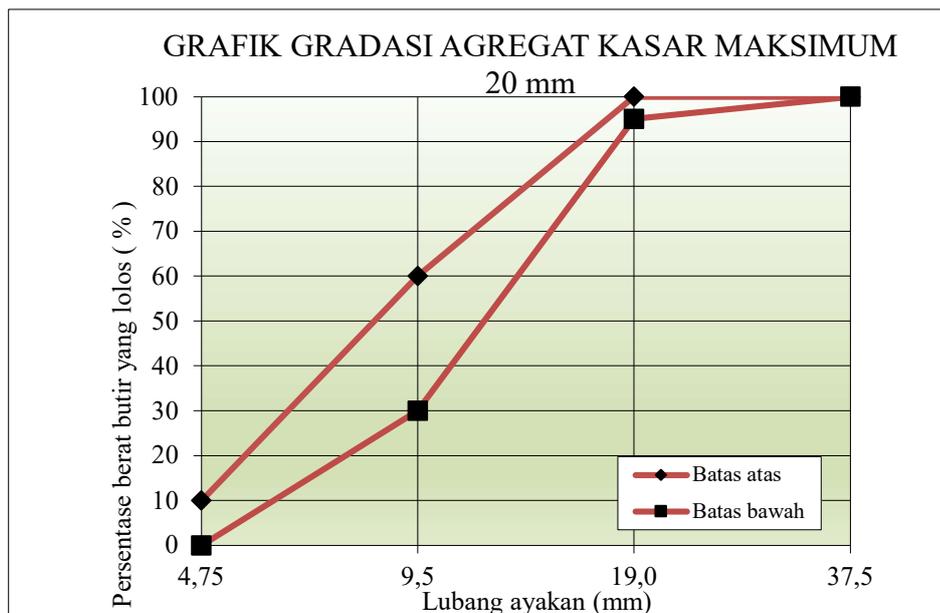
Berdasar SNI-03-2834-2000 persyaratan susunan butiran untuk agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2.3 dan grafik 2.15 sampai 2.17 di bawah ini :

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Kasar

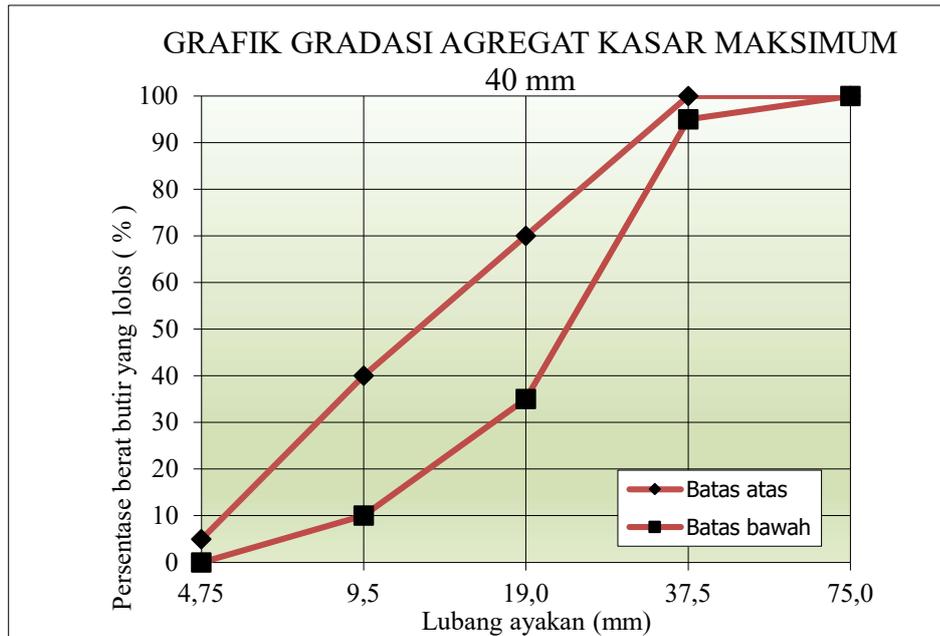
| Ukuran Saringan (Aayakan) | | | % Lolos Saringan/Ayakan Ukuran Maksimum | | |
|------------------------------|-----|--------|--|-----------|-----------|
| mm | SNI | ASTM | 10 mm | 20 mm | 40 mm |
| 75,0 | 76 | 3,0 in | - | - | 100 - 100 |
| 37,5 | 38 | 1,5 in | - | 100 - 100 | 95 - 100 |
| 19,0 | 19 | 3/4 in | 100 - 100 | 95 - 100 | 35 - 70 |
| 9,5 | 9,6 | 3/8 in | 50 - 85 | 30 - 60 | 10 - 40 |
| 4,75 | 4,8 | no. 4 | 0 - 10 | 0 - 10 | 0 - 5 |



Gambar 2.15 Grafik Gradasi Agregat Kasar Maksimum 10 mm



Gambar 2.16 Grafik Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm



Gambar 2.17 Grafik Gradasi Agregat Kasar Maksimum 40 mm

d. Air

Air merupakan bahan yang penting pada campuran beton karena diperlukan untuk proses hidrasi pada semen. Selain itu, air juga dipergunakan untuk proses *curing* beton. Air bersama dengan semen akan membentuk pasta semen yang berperan sebagai pengikat agregat dalam campuran beton. Karena air berperan dalam pembentukan kekuatan yang diberikan oleh pasta semen, maka kuantitas dan kualitas air yang diperlukan dalam campuran harus dipertimbangkan.

Jumlah air yang terlalu banyak dalam campuran beton akan menyebabkan penurunan nilai kekuatan dari beton dan beton akan menjadi porous. Kelebihan air ini juga akan mengakibatkan air bersama-sama dengan semen muncul ke permukaan campuran beton (*bleeding*) dan membentuk buih tipis berwarna putih yang akan menutupi permukaan beton yang disebut dengan *laitance*. Sedangkan jumlah air yang terlalu sedikit akan menyebabkan menurunnya sifat *workability* dari campuran beton.

Air yang baik untuk campuran beton adalah air yang memenuhi persyaratan air minum. Persyaratan-persyaratan lainnya antara lain :

- 1) Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.

- 2) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) 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.

e. Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan yang ditambahkan selain bahan utama pembuatan beton yaitu air, semen, dan agregat pada pembuatan beton, baik sebelum, saat atau selama pencampuran berlangsung. Bahan ini berfungsi untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu pada saat pengadukan maupun sesudah beton mengeras. Manfaat bahan tambah yaitu, menambahkan kelecakan atau *workability*, mempercepat pengerasan, menambah kuat tekan beton, meningkatkan daktilitas atau mengurangi sifat getas beton, dan sebagainya. Bahan tambah ini ditambahkan dengan jumlah yang sedikit dengan ketentuan dan pengawasan yang baik sehingga tidak merusak sifat beton.

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). *Admixture* banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan dan ditambahkan pada proses pengadukan dan atau pelaksanaan pengecoran (*placing*). Sedangkan *additive* lebih bersifat mineral, sehingga banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja kekuatannya dan ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan.

1) Bahan tambah kimia (*chemical admixture*)

Dalam SK SNI S-04-1989- F, bahan kimia tambahan pada beton merupakan bahan tambahan yang dicampurkan dalam adukan beton, untuk memperoleh sifat-sifat khusus dalam pengerjaan adukan, waktu pengikatan, waktu pengerasan, dan maksud-maksud lainnya. Bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe (Mulyono, 2004) yaitu :

a) Tipe A (*Water-reducing admixtures*)

Water-reducing admixtures adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi

tertentu. Bahan ini menjadikan beton lebih lecah dengan air yang sedikit, sehingga menjaga nilai fas tetap rendah tetapi mempermudah pengerjaan beton.

b) Tipe B (*Retarding admixture*)

Retarding admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya untuk menghambat pengikatan beton (*setting time*), misalnya karena kondisi cuaca panas dimana tingkat kehilangan sifat pengerjaan beton sangat tinggi atau karena lokasi pengantaran *ready mix* cukup jauh dari pabrik.

c) Tipe C (*Accelerating admixture*)

Accelerating admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

d) Tipe D (*Water reducing and retarding admixture*)

Water reducing and retarding admixture adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air yang diperlukan campuran beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

e) Tipe E (*Water reducing and acceleratiing admixtures*)

Water reducing and acceleratiing admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

f) Tipe F (*Water reducing high range admixtures*)

Water reducing high range admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Pengurangan kadar air dalam bahan ini lebih tinggi, bertujuan agar kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit tetapi tingkat kemudahan pengerjaannya lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini adalah *superplasticizer*, dosis yang disarankan adalah sekitar 1%-2% dari berat semen. Dosis yang berlebih akan menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

g) Tipe G (*Water reducing high range retarding admixtures*)

Water reducing high range retarding admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang digunakan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan

juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan penunda waktu pengikatan. Digunakan pada kondisi yang sempit karena sedikitnya sumber daya yang mengelola beton yang disebabkan oleh keterbatasan ruang kerja.

2) Bahan tambah mineral (*Additive*)

Additive adalah bahan tambah yang digunakan untuk memperbaiki kinerja kekuatannya dan ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan, sehingga bahan tambah ini cenderung bersifat penyemenan. Bahan tambah mineral terdiri dari beberapa macam (Mulyono, 2004) diantaranya :

- a) Abu terbang batu bara (*fly ash*) adalah butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara.
- b) *Slag* adalah produk non-metal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalkan dengan mencelupkan kedalam air.
- c) *Silica fume* adalah material *pozzoland* yang halus, dimana komposisi *silica* lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi *silicon* atau *alloy* besi *silicon* (dikenal sebagai gabungan antara *microsilica* dengan *silica fume*).
- d) Penghalus gradasi (*finely devided mineral admixtures*) digunakan untuk memperhalus perbedaan-perbedaan pada campuran beton dengan memberikan ukuran yang tidak ada atau kurang dalam agregat. Contoh bahan ini adalah kapur hidrolis, semen *slag*, *fly ash*, dan *pozzoland* yang sudah menjadi kapur atau mentah.

2.2.6 Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton

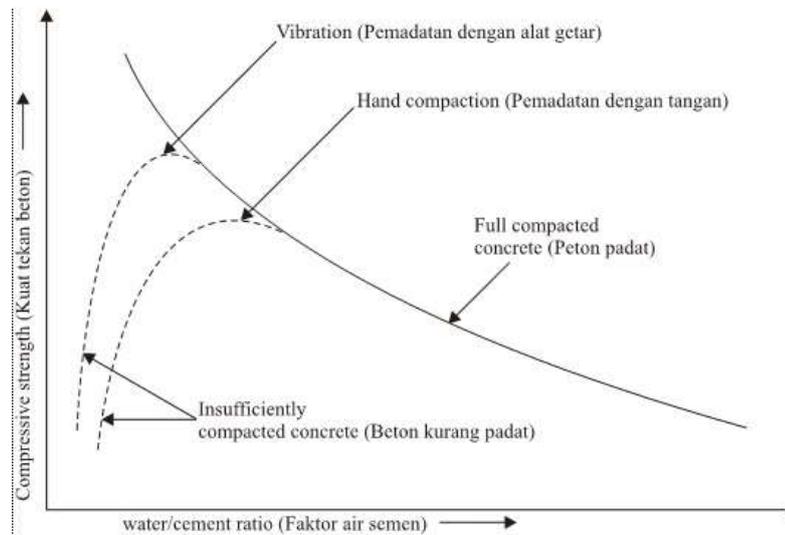
Sifat beton yang baik adalah jika beton tersebut memiliki kuat tekan tinggi (antara 20 – 50 MPa, pada umur 28 hari). Dengan kata lain dapat diasumsikan bahwa mutu beton ditinjau dari kuat tekan tekannya saja (Tjikrodimulyo, 1996).

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton, yaitu :

1) Faktor air semen (FAS) dan kepadatan

Didalam campuran beton air mempunyai dua buah fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan yang kedua sebagai pelicin campuran kerikil,

pasir, dan semen agar lebih mudah dalam pencetakan beton. Kekuatan beton tergantung pada perbandingan faktor air semennya, semakin rendah nilai faktor air semen maka semakin tinggi kuat tekan betonnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan, beton yang mempunyai faktor air semen minimal dan cukup untuk memberikan workabilitas tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan, merupakan beton yang terbaik (Murdock and Brooks, 1979).



Gambar 2.18 Hubungan Faktor Air Semen Dengan Kepadatan

2) Umur Beton

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut. Perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur (untuk benda uji silinder) sesuai dengan tabel 2.3

Tabel 2.3 Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Umur (Satuan MPa)

| Umur beton (hari) | 3 | 7 | 14 | 21 | 28 |
|----------------------|------|------|------|------|-----|
| Semen Portland Biasa | 0,46 | 0,70 | 0,88 | 0,96 | 1,0 |

3) Jumlah Semen

Banyaknya jumlah semen dalam beton akan berpengaruh terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan. Jika nilai faktor air semen sama (nilai slump berubah) beton dengan jumlah kandungan tertentu mempunyai kuat tekan yang tinggi. Jika jumlah slump sama (nilai FAS berubah) beton dengan kandungan semen lebih banyak akan mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi (Tjokrodimulyo, 1986).

4) Sifat agregat

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir, dan lain-lain) adalah 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 (Mudrock & Brooks, 1979).

Menurut Tjokrodimulyo (1996), sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Pada agregat dengan permukaan kasar akan terjadi ikatan yang baik antara pasta semen dengan agregat tersebut. Pada agregat berukuran besar luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan dengan pasta semen menjadi berkurang.

2.2.7 Karakteristik Beton

a. Beton Segar

Beton segar adalah beton yang masih berada dalam keadaan plastis atau belum terjadi pengikatan antara bahan pengisi agregat dengan pasta semen dan air. Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi pemisahan kerikil dari adukan maupun pemisahan air dan semen dari adukan (Tjokrodimulyo, 1996). Sifat beton segar akan mempengaruhi sifat beton keras, apabila beton pada saat plastis tidak ditangani dengan baik maka beton yang sudah keras tidak dapat diperbaiki lagi. Beton segar lebih mudah dalam pengerjaannya.

Adapun sifat-sifat beton segar adalah sebagai berikut :

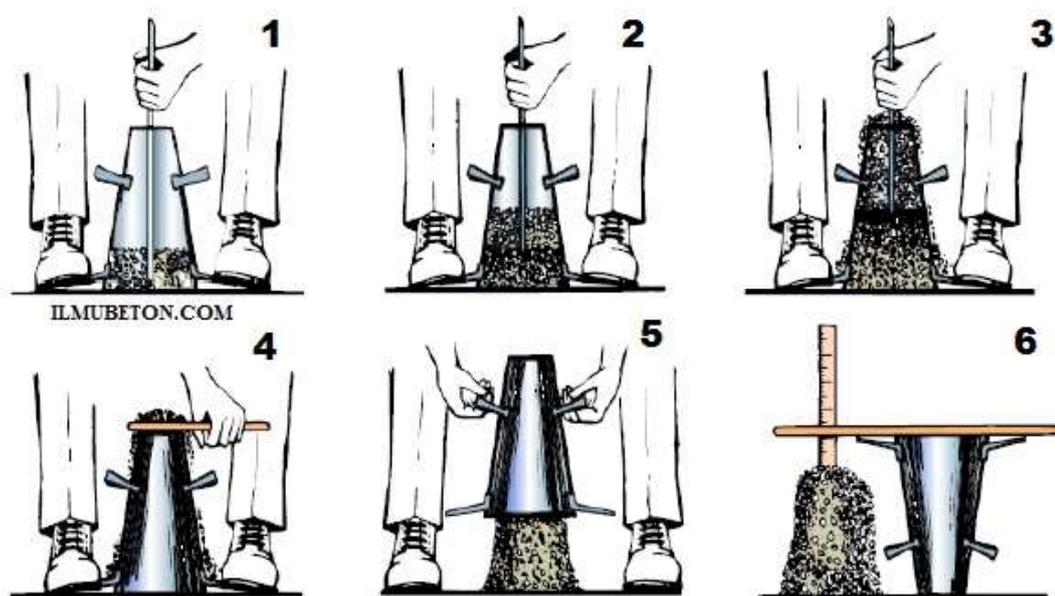
1) Kemudahan Pekerjaan (workability/kecelakaan)

Sifat ini merupakan ukuran tingkat kemudahan beton segar untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan serta tidak terjadi pemisahan/segresi. Sifat ini dipengaruhi oleh perbandingan bahan-bahan dan sifat bahan-bahan pembentuk beton secara bersama-sama. Workabilitas sulit didefinisikan dengan tepat, menurut Newman dalam Murdock (1999) dapat didefinisikan dengan sekurang-kurangnya menunjukkan 3 sifat :

- Kompaktibilitas, kemudahan beton dipadatkan, udara dikeluarkan.
- Mobilitas, kemudahan beton mengisi acuan dan membungkus tulagan.

- Stabilitas, kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen, koheren, dan stabil selama dikerjakan dan dipadatkan/digetarkan tanpa terjadi segregasi.

Tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) berkaitan erat dengan tingkat kecelakaan (keenceran) adukan beton. Makin cair adukan beton maka makin mudah dikerjakan. Untuk mengukur tingkat kecelakaan dilakukan pengujian slump (*slump test*) menggunakan alat Kerucut Abrams. Umumnya nilai slump berkisar 50 – 150 mm.



Gambar 2.19 Cara Pengujian Slump Test

Unsur – unsur yang mempengaruhi *workability* adalah :

- Jumlah air yang dipakai.
 - Penambahan semen juga meningkatkan kemudahan pengerjaan, karena pasti diikuti penambahan air agar nilai fas tetap.
 - Gradasi campuran pasir dan kerikil.
 - Bentuk butir dan tekstur permukaan butir.
 - Ukuran maksimum butir agregat.
- 2) Pemisahan Kerikil

Beton segar dapat dipandang sebagai suspensi butir agregat dalam pasta semen. Jika kohesi pasta semen tidak cukup baik untuk menahan partikel dalam suspensi, maka akan terjadi segregasi. Campuran beton yang tersegregasi, sukar/tidak mungkin dituangkan, tidak seragam dan memberikan beton berkualitas jelek.

Segresi terjadi karena turunnya butiran ke bagian bawah beton segar, atau terpisahnya agregat kasar dari campuran karena cara penuangan dan pemadatan yang tidak baik.

Kecenderungan segregasi diperbesar oleh :

- a) Campuran kurus (semen kurang/sedikit) atau terlalu banyak air.
- b) Kurangnya jumlah material halus, ukuran agregat > 25 mm.
- c) BJ agregat kasar tidak sama dengan BJ agregat halus.
- d) Bentuk butir tidak rata dan tidak bulat.

Segresi diatasi dengan :

- a) Penggunaan air sedikit mungkin.
- b) Adukan tidak dituang terlalu tinggi (≤ 150 cm).
- c) Cara pengangkutan, penuangan dan pemadatan dengan baik.



Gambar 2.20 Proses Segregation

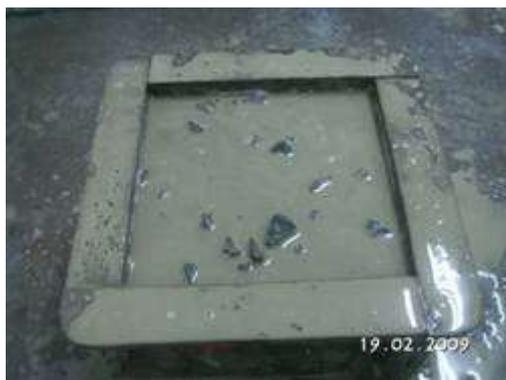
3) Pemisah Air (*bleeding*)

Bleeding adalah peristiwa pemisahan/naiknya air campuran beton beton segar yang baru dipadatkan. Air naik kepermukaan beton dengan membawa semen dan butir-butir pasir halus, yang kemudian membentuk lapisan/selaput yang disebut *laitance*. Peristiwa ini sering terjadi pada campuran kurus dan basah, dimana akan terbentuk saluran sehingga air naik cukup cepat dan membawa butiran semen dan pasir halus.

Bleeding sering terjadi setelah beton dituang dalam acuan, terlihat dengan adanya lapisan air pada permukaan beton. Pada beton yang cukup tebal, dapat terjadi 3 lapisan horizontal, teratas adalah air/*laitance*, beton dengan kepadatan seragam dan beton terkompresi pada lapisan terbawah. Kadang-kadang air yang naik keatas tersebut, terjebak oleh tulangan atau agregat yang besar, yang menyebabkan terjadi kantong air, sehingga beton lebih berpori dan menyebabkan berkurangnya ikatan antara tulangan dan beton. Cara yang paling baik adalah dengan mengurangi jumlah air sambil mempertahankan kekelangkaan dengan menggunakan bahan tambah air-entrainment.

Bleeding dapat dikurangi dengan :

- a) Memberi bahan pengisi
- b) Menambahkan semen dengan yang halus (*filler*) seperti puzolan, atau
- c) Memberikan pasir halus



Gambar 2.21 *Bleeding* Pada Adukan Beton

b. Beton Keras

1) Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting pada beton. Hal ini berkaitan dengan fungsi utama beton sebagai pemikul beban tekan. Secara umum, kekuatan tekan beton dipengaruhi oleh beberapa dua faktor utama, yaitu karakteristik dan proporsi material campuran beton dan kondisi perawatan (*curing*).

Tabel 2.4 Perbandingsn kuat tekan beton pada berbagai benda uji

| Benda Uji | Perbandingan kuat tekan |
|-----------------------|-------------------------|
| Kubus 15 x 15 x 15 cm | 1,00 |
| Kubus 20 x 20 x 20 cm | 0,95 |

| Benda Uji | Perbandingan kuat tekan |
|---------------------|-------------------------|
| Silinder 15 x 30 cm | 0,83 |

Dalam pengujian kuat tekan beton, kekuatan tekan benda uji beton dihitung dengan rumus :

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

Keterangan :

f_c' : Kuat tekan beton (MPa)

P : Besar beban tekan (N)

A : Luas penampang beton tertekan (mm²)



Gambar 2.22 Uji Kuat Tekan Beton

2) Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik lentur beton berhubungan dengan kemampuan beton dalam menahan gaya tarik. Beton memiliki kekuatan tarik yang sangat kecil dibandingkan dengan kekuatannya yaitu 10-15% dari kuat tekannya. Pengujian ketahanan tarik beton dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu pengujian tarik langsung, dan pengujian tarik belah dengan menggunakan *split cylinder test*.

Rumus perhitungan kuat tarik beton adalah sebagai berikut :

$$f_t = \frac{2Pa}{\pi Ls.D} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

f_t = kuat tarik beton (N/mm²)

P = beban maksimum yang diberikan (N)

D = diameter silinder (mm)

Ls = tinggi silinder (mm)



Gambar 2.23 Uji Kuat Tarik Belah Beton

3) Kuat Lentur Beton

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam *Mega Pascal* (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI-03-4431-1997).

Rumus perhitungan kuat tarik lentur balok beton adalah sebagai berikut :

$$f_r = \frac{3Pa}{bh^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

f_r = Kuat Tarik Lentur (Mpa)

P = Beban pada waktu lentur (kN)

a = Jarak dari perletakan ke gaya (mm)



Gambar 2.23 Uji Lentur Beton