

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Beton

Beton adalah campuran antara semen portland, agregat, dan air dengan atau tanpa bahan tambah, yang diaduk dengan proporsi tertentu untuk mendapatkan kuat tekan yang diinginkan. Bahan-bahan didalamnya mempunyai karakteristik yang dapat mempengaruhi kekuatan tekan tersebut. Oleh karena itu, dalam pembuatan beton maka pengujian material-material yang terdapat didalamnya merupakan bagian utama dari langkah pembuatan beton. Misalnya pengujian agregat kasar dengan alat tekan *rudoloff* dan pengujian kadar lumpur pada agregat halus dengan gelas ukur dan oven akan diketahui karakteristik material tersebut.

Bahan penyusun beton terdiri dari bahan semen hidrolis, agregat, air dan bahan tambahan. Campuran komponen-komponen tersebut secara proporsional mempengaruhi kekuatan beton serta kemudahan pengerjaannya. Ukuran agregat dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Untuk perbandingan bahan-bahan campuran tertentu, kekuatan tekan beton berkurang bila ukuran agregat bertambah, serta menambah kesulitan dalam pengerjaannya. Pengaruh kekuatan agregat terhadap kekuatan beton sebenarnya tidak begitu besar, karena pada umumnya kekuatan agregat lebih besar dari pada kekuatan pastanya. Namun demikian, jika menghendaki kekuatan yang tinggi, diperlukan agregat yang kuat. Permukaan agregat akan berpengaruh terhadap kekuatan beton, sebab agregat yang memiliki permukaan kasar akan berpengaruh pada lekatan, dan besar

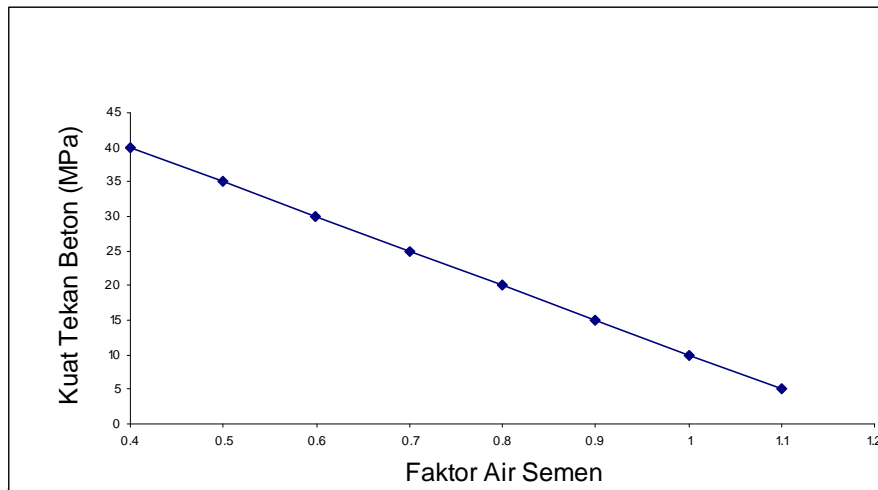
tegangan saat retak-retak beton mulai terbentuk. Oleh karena itu, kekasaran permukaan agregat berpengaruh terhadap kekuatan betonnya. Hal ini sesuai dengan pandangan Mulyono (2003:84-85):

Butir-butir agregat dapat bersifat kurang kuat karena dua hal: (1). terdiri dari bahan yang lemah atau terdiri dari partikel yang kuat tetapi tidak baik dalam hal pengikatan (*interlocking*). *Granite* misalnya, terdiri dari bahan yang kuat dan keras yaitu kristal *quartz* dan *feldspar*, tetapi bersifat kurang kuat dan modulus elastisitasnya lebih rendah daripada *gabros* dan *diabeses*. Hal ini karena butir-butir granit tidak terikat dengan baik. (2). Porositas yang besar mempengaruhi keuletan yang menentukan ketahanan terhadap beban kejut.

Komponen lain yang mempengaruhi kekuatan beton adalah faktor air semen (fas). Makin tinggi nilai fas semakin rendah kekuatan beton. Namun demikian, nilai fas yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai fas yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Banyaknya air pada faktor air semen yang dipakai selama proses hidrasi akan mempengaruhi karakteristik kekuatan beton. Pandangan Duff dan Abrams dalam Mulyono (2003:42):

Jika faktor air semen semakin besar, kekuatan tekan akan menurun. Secara umum nilai fas minimum yang diberikan sekitar 0.4 dan maksimum 0.65. Rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar partikel dalam beton sangat bergantung pada faktor air semen yang digunakan dan kehalusan butir semennya. Tujuan pengurangan fas ini adalah untuk mengurangi hingga seminimal mungkin porositas beton yang dibuat sehingga akan dihasilkan beton mutu tinggi. Hubungan antar fas dengan kuat tekan beton dinyatakan dalam persamaan $f_c = A / (B1.5^x)$, dimana A, dan B adalah nilai konstanta, dan X adalah fas (semula dalam proporsi volume).

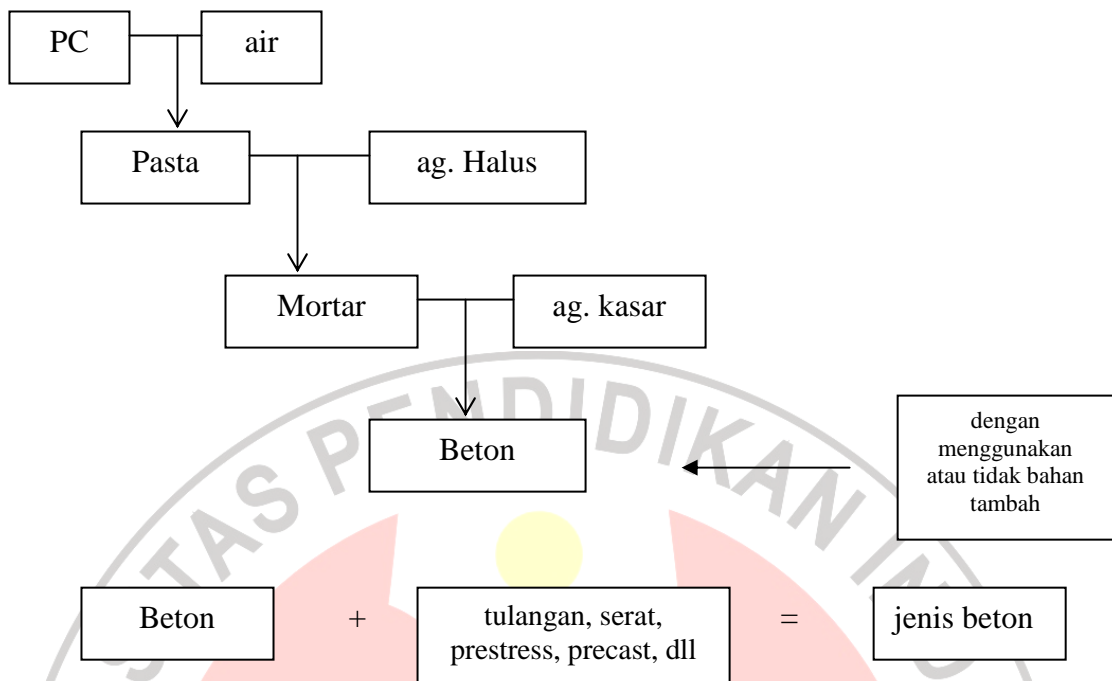
Grafik 2.1 Hubungan antara kekuatan tekan beton umur 7 hari dengan faktor air semen (fas)



Sumber: (Mulyono, 2003:43)

Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dengan semen yang dicampur (aduk) dengan agregat halus (pasir) akan menjadi mortar dan jika ditambahkan lagi dengan agregat kasar (kerikil) menjadi adukan beton, selanjutnya dibentuk di suatu wadah akan menjadi beton dalam bentuk padat.

Jika pelaksanaannya ditambahkan dengan material atau perlakuan lain seperti ditambahkan dengan tulangan, serat, agregat ringan, prestress, precast maka dapat digolongkan kedalam jenis-jenis beton. Adapun bahan tambah biasanya hanya digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat beton, baik saat beton dalam keadaan segar ataupun saat beton mengeras nantinya. Banyak sedikitnya komposisi bahan tambah akan menyebabkan karakteristik yang berbeda terhadap kinerja beton yang diharapkan. Mulyono menggambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Proses Terjadinya Beton
 Sumber: (Mulyono, 2003:136)

Dari gambaran di atas maka terdapat jenis beton bertulang, beton serat, beton pratekan, dan beton pracetak. Beton dilihat dari kekuatannya antara lain beton dengan kekuatan tinggi (*high strength*) dan beton berkekuatan rendah (*lower strength*). Beton dilihat dari berat volume agregatnya terdapat beton ringan dan beton normal.

Berdasarkan Draf Konsensus (Mulyono, 2003:136):

Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan. Beton pracetak adalah elemen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak ditempat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam struktur. Beton pratekan adalah beton dimana telah diberikan tegangan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat adanya beban kerja.

Beton ringan (ASTM-C.567) adalah beton yang mengandung agregat ringan yang mempunyai berat isi tidak lebih dari 1900 kg/m^3 . Beton normal (ASTM-C.125) adalah beton yang mempunyai berat isi $2200\text{-}2500 \text{ kg/m}^3$ menggunakan

agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah yang tidak menggunakan bahan tambahan. Mulyono (2007:11) beton berkekuatan ringan/ sederhana adalah beton yang nilai kekuatannya tidak menjadi faktor utama (pembuatan bata beton/bagian nonstruktur). Beton berkekuatan tinggi adalah beton yang nilai kekuatan menjadi faktor utama dan digunakan pada struktur khusus. Menurut PBI 1971 (Candra dan Samekto, tanpa tahun: 54) beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu:

1. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan bahan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu beton kelas I dinyatakan dengan beton mutu B_0 .
2. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dalam mutu-mutu standar B_1 , K_{125} , K_{175} , dan K_{225} . Pada mutu B_1 pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan sedang terhadap kuat desak tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu K_{125} , K_{175} , dan K_{225} pengawasan mutu terdiri dari pengawasan ketat terhadap mutu bahan, dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan beton secara kontinu.
3. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan struktural di mana dipakai mutu beton dengan kuat desak karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm^2 . Pada pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap dan dilayani tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

B. Beton Tanpa Pasir

Berdasarkan penjelasan di atas beton tanpa pasir adalah bagian dari jenis beton sederhana yakni beton yang difungsikan untuk bagian nonstruktur. Rongga yang terbentuk dari beton jenis ini dimanfaatkan untuk melepaskan tekanan dan juga sebagai penyaring air atau polutan. Beton tanpa pasir merupakan teknologi terbaru dalam pengembangan jenis beton. Beton ini disebut juga beton berongga,

hal ini karena kandungan pasir yang terdapat di dalam campuran tersebut tidak ada. Hal ini sesuai dengan pandangan Yüewen dan Bill Yu (2008):

beton tanpa pasir adalah beton yang diperoleh dengan menghilangkan pasir pada campuran beton normal. Jika dibandingkan dengan beton biasa, kandungan beton tanpa pasir sangat unik, rongganya yang besar, rendah tingkat kepadatan, biaya dan penghantar panas yang rendah, penyusutan yang kecil, tanpa segregasi, kemampuan menahan zat pencemar yang besar, dan mengurangi kapilaritas air. Ketahanan dindingnya akan memberikan perlindungan terhadap erosi yang cukup signifikan dengan tanpa merusak ekologi lingkungan.

Ketika campuran tersebut diaduk dan didesain lalu dibentuk dalam padatan, maka rongga-rongganya akan nampak. Dengan rongganya yang besar bermanfaat untuk melindungi air hujan yang berlimpah. Sehingga air hujan yang melimpah tidak akan terbuang atau mengalir kedalam sungai secara berlebihan yang dapat mengakibatkan banjir. Hal ini sesuai dengan pendapat Dan Brown (2008) yaitu:

Pada lantai trotoar atau pavement yang menggunakan beton normal, jika terjadi hujan, maka volume SRO-nya tinggi. tingkat SRO (*surface runoff*) yang tinggi menjadikan volume pengaliran air ke anak sungai lebih tinggi. Kondisi-kondisi alami ini dapat menyebabkan erosi saluran, penggenangan, hilangnya tempat kediaman air (*BSF/aquatic habitat*), dan penurunan kualitas air. Untuk mengurangi kerusakan mutu air dan kerusakan pada *aquatic habitat* berarti mengurangi volume *run off* yang mengalir. Melihat kondisi ini beton berongga (*porouse concrete*) dapat digunakan sebagai bagian dari suatu sistem untuk mengurangi tingkatan SRO atau polusi pada air yang melaju

Komposisinya yang berbeda dengan beton normal yakni menghilangkan pasir dari campuran normalnya, menjadikan kekuatan beton dibawah kekuatan beton normal pada umur 28 hari. Namun karena ini merupakan jenis beton ringan (*lower strength concrete*) maka penggunaan/pemakaiannya khusus pada bangunan yang sederhana. Pandangan ini sesuai dengan pendapat Watsonville (1961) yaitu:

Rongga yang terdapat dalam beton ini normalnya berkisar antara 18 s/d 25%. Dengan pemasangan dan pemeliharaan yang benar, beton ini dapat

menyerap sampai 80% volume SRO dan kuat tekannya sekitar 3.5 s/d 27.5 MPa (500 psi s/d 4000 psi). Karena strukturnya berongga membiarkan air dengan bebas mengalir melewati beton ke permukaan tanah tanpa penyumbat (*without compromising the pavement's durability or integrity*).

Karena dalam beton ini tidak terdapat pasir atau bahan pengikat antara agregat kasar maka kecil nilai slumpnya, oleh karena itu nilai faktor air semennya harus rendah hal ini dimaksudkan agar pasta tersebut dapat memberikan kekuatan (semakin tinggi nilai fas, semakin rendah kuat tekan beton). Selain nilai fas, teknik penyelesaian/pembuatannya harus dirancang dengan baik, hal ini dimaksudkan agar besarnya rongga terpelihara. Hal ini sesuai dengan pandangan Brandon (1961):

Beton tanpa pasir diproduksi dengan pencampuran semen dan air dengan agregat yang sejenis (3/8 inci). Lepasnya agregat pasir dalam campuran tersebut menjadikan beton tersebut berongga (*creates voids*). supaya pasta semen mengisi pada rongga ini, dan memiliki kekuatan, perbandingan air/semen harus rendah. Hal ini karena sifatnya “tanpa pasir” dan “*no slump*”. Penempatan dan teknik penyelesaian pun harus dimodifikasi agar sistem rongga di dalam beton terpelihara. Perawatan harus dimulai seketika pembuatan atau perancangan dan berlanjut sedikitnya selama tujuh hari.

Perancangan campuran beton tanpa pasir pada intinya sama dengan beton normal. Namun karena dalam campurannya tidak ada butiran pasir maka ada metoda khusus yang memuat perancangan tersebut, perbedaannya terletak pada penuangan ke area. ACI 211.3 tabel 3 menyediakan prosedur perancangan campuran beton tanpa pasir. Sedangkan test mengenai beton tanpa pasir adalah ASTM C 138 yakni test untuk kepadatan, hasil, dan gravimetric isi udara dan ASTM telah membentuk tim kecil (C09.49) yang menguji mutu beton tanpa pasir. Dan Brown (2008) mengemukakan bahwa “Karena permukaannya di biarkan terbuka, pemilihan tingkatan agregat harus diperhatikan. Tergantung porositas

lapisan dibawahnya, terutama agar air yang terjebak didalamnya dapat mengalir kedalam tanah”. Oleh karena itu agar hasil dari *mix design* beton mendapatkan hasil yang maksimal maka langkah-langkah (penuangannya) pun harus tepat. Cahill (1970) memaparkan beberapa langkah penuangan beton tanpa pasir sebagai berikut:

1. Area (objek) yang akan di tempati digali (*excavate*)
2. Sebarkan agregat berukuran 0,5` s/d 0,75` pada area yang akan di tuangkan beton
3. Tuangkan adukan beton ke dalam area
4. Ratakan dan atur ketebalan lantai yang direncanakan
5. Tutup area tersebut selama proses hidrasi

Adapun pemasangan pada area yang sulit di laksanakan dengan menggunakan langkah tersebut seperti daerah lereng dan rawa maka pemasangan beton dapat berupa paving atau padatan beton yang telah dicetak di pabrikan hal ini lebih mudah dan lebih efektif.

Brandon (1961) memaparkan beberapa keuntungan penggunaan beton tanpa pasir sebagai berikut:

1. Keuntungan pada lingkungan
 - a. Mengurangi keseluruhan *runoff* dari suatu area,
 - b. Mengurangi besarnya polusi yang terdapat di dalam *runoff*, dan
 - c. Meningkatnya kebutuhan ruang hijau.
2. Keuntungan ekonomi
 - a. Penggunaan tenaga kerja yang sedikit karena mudah pembuatannya,
 - b. Dihilangkannya pasir dari campuran berarti menghemat uang dalam pembelanjaan material, dan
 - c. Tingkat *runoff* yang rendah maka tingkat bencana banjir (*stormwater*) pun kecil, berarti biaya penyelamatan rendah.
3. Keuntungan Struktur
 - a. Betonnya yang berongga, mempunyai suatu permukaan yang unik. Yang dibuat dari kumpulan batu kerikil dan batu yang dihancurkan, [itu] mempunyai suatu penampilan serupa dengan suatu *Rice-Krispie*, hal ini memberikan daya tarik untuk sarana (angkut) dan mencegah resiko mengemudi seperti yang *hydroplaning*, terutama pada daerah paling sulit dan berbahaya seperti didaerah dengan hujan tinggi dan wilayah yang bersalju.

- b. Dapat menyerap air atau gas, beton tanpa pasir memberi keselamatan bagi pengendara. terutama pada kondisi cuaca basah. Ketika hujan/salju turun maka dia langsung menyerap (tidak menggenang), rongganya memungkinkan titik air masuk dalam lantai. Sehingga kemungkinan lantai berlumut sangat kecil.
- c. Beton tanpa pasir (berongga) adalah suatu material (yang) sangat tahan lama dan kuat. Suatu area perparkiran yang dirancang dan dibangun dengan baik akan bertahan 20-40 tahun dengan kecil atau tanpa pemeliharaan. Berbeda dengan aspal atau lantai tertutup beton permukaan [yang] terurai (mengendurkan permukaan agregat) ini umumnya pada minggu awal setelah beton diletakkan, dan dapat dikurangi dengan compaction sesuai dan teknik perawatan.
- d. Beton tanpa pasir mempunyai air yang minim oleh karena itu nilai slumpnya rendah (*i.e. a stiff consistency*). Penyusutannya dan pengeringannya lebih kecil dibandingkan dengan beton padat. Rongga-rongganya dibangun untuk mencegah retak (*crack-preventing*).
- e. Beton ini dapat mencapai kekuatan lebih dari 3000 psi (cukup kuat untuk mendukung suatu truck pemadam kebakaran), dan lebih lagi dengan disain campuran khusus, disain struktural, dan teknik penempatan. Lebih baik lagi jika dalam campuran beton tersebut ditambahkan material lain seperti *silica fume*, *fly ash*, dan *blast furnace slag*, semuanya meningkatkan ketahanan dengan menurunya nilai permeabilitas dan retaknya. Kekuatannya dapat juga dimaksimalkan dengan penerapan subgrade dan *subbase* (pemberian pasir dibawah lantai tersebut)

Berikut adalah tabel yang menunjukkan besarnya kekuatan dan densitas yang diberikan oleh beton tanpa pasir.

Tabel 2.1 Rasio ACR dan WCR dengan tingkat densitas dan kuat tekan.

Agregat/semen (perbandingan volume)	Air/semen (perbandingan berat)	Kepadatan/density kg/m ³	Kuat tekan (28 hr) MN/m ²
6	0,38	2,02	14
7	0,4	1,97	12
8	0,41	1,94	10
10	0,45	1,87	7

Sumber: Neville, 1995:6

Rongga dalam beton tanpa pasir sangat diharapkan oleh karena itu gradasi agregat dalam beton tanpa pasir dibatasi. ASTM C 33 No. 67 (4.75-19.0 mm).

ASTM D 448 juga menetapkan besarnya agregat yang bisa digunakan yaitu 25

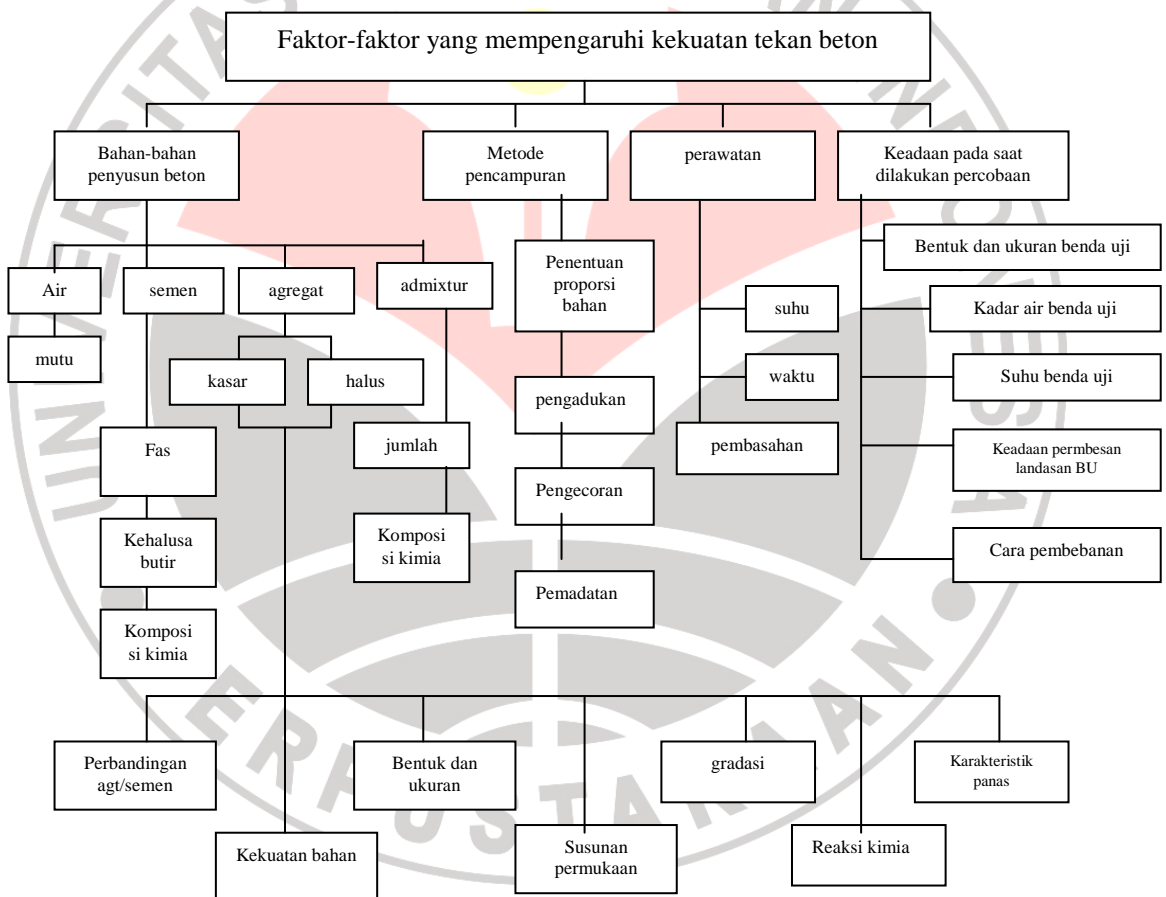
mm. Batasan gradasi menjadi karakteristik utama beton tanpa pasir, jika agregat berukuran besar maka permukaanya (lantai) akan lebih kasar. Mengingat aplikasi beton tanpa pasir terfokus pada arena parkir, trotoar *low-traffic*, dan gang pejalan kaki yang mempertimbangkan nilai estetika maka agregat yang mungkin digunakan adalah no 89 (3/8 inci atau 9,5mm), dengan rasio agregat per semen (A/C) berdasarkan massa (Neville:1995) adalah 8.0 s/d 10 perbandingan ini menghasilkan berat sekitar 2200 lb/yd³ dan 3000 lb/yd³ (1300 kg/m³ s/d 1800 kg/m³).

Hubungan antara kekuatan dan *water-to-cement* (fas) tidak seperti beton biasa. Pada beton tanpa pasir besar nilai fas mengacu pada kekuatan yang akan dihasilkan. Sedangkan pada beton tanpa pasir besar nilai fas yang di rencanakan mengacu pada besarnya rongga yang akan dihasilkan. Nilai fas yang dianjurkan tidak boleh kurang dari 15% atau lebih dari 25% dari nilai kepadatan beton per kubik. Menurut (Pharlin dan Seith:2001) kandungan air dan semen untuk beton berongga (tanpa pasir) berkisar antara 0,35 s/d 0,45. Adapun air yang digunakan untuk pembuatan beton adalah sebagaimana disebutkan dalam ACI 301 yakni air yang dapat diminum. Kecepatan air masuk dalam rongga beton tergantung pada ukuran kerikil yang dipakai hal ini sesuai dengan pendapat Wimberly (2008).

Laju alir air masuk kedalam beton tergantung pada material dan operasi penempatan. Laju alir yang terjadi adalah 3gal/ft²/min (288 inc/jam, 120 L/M²/menit atau 0,2 cm/s) sampai dengan 8 gal/ft²/min (770 inc/jam, 320 L/M²/menit atau 0,54 cm/s), dengan tingkat sampai 17 gal/ft²/min (1650 in./hr, 700 L/M²/menit 1,2 cm/s).

C. Kuat Tekan Beton (f'_c)

Kuat tekan merupakan kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Untuk mengetahui besarnya kuat tekan tersebut digunakanlah *Hammer, Universal Testng Machine (UTM)*, atau alat uji yang lainnya. Mulyono (2003:76) menggambarkan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan sebagai berikut:



Gambar 2.2 faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton

Sumber : (Mulyono, 2003:136)

Salah satu dari faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton menurut gambar diatas adalah bahan-bahan penyusun beton ada pun penjabaran dari material tersebut adalah sebagai berikut:

1. Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air (hidrasi). 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 dihasilkan. Pada umumnya semen untuk bahan bangunan adalah tipe semen Portland. Semen ini dibuat dengan cara menghaluskan silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan dicampur bahan gips. Beberapa tipe semen menurut ASTM ditinjau dari penggunaannya semen portland dapat dibedakan menjadi lima:

- 1) Jenis I : Semen portland jenis umum, yaitu jenis semen portland untuk penggunaan dalam konstruksi beton secara umum yang tidak memerlukan sifat-sifat khusus. Misalnya pembuatan trotoar, pasangan bata, dll.
- 2) Jenis II : Semen jenis umum dengan perubahan-perubahan . Semen ini memiliki panas lebih lambat daripada semen jenis I. Jenis ini digunakan untuk bangunan tebal-tebal seperti pilar dengan ukuran besar, dll. panas hidrasi yang agak rendah dapat mengurangi terjadinya retak-retak pengerasan.
- 3) Jenis III : Semen portland dengan kekuatan awal tinggi. Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas.
- 4) Jenis IV : Semen portland dengan panas hidrasi yang rendah. Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya. Kekuatan tumbuh lambat. jenis ini digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan gravitasi besar.
- 5) Jenis V : Semen portland tahan sulfat. Jenis ini merupakan jenis khusus yang maksudnya hanya untuk penggunaan pada bangunan-bangunan yang kena sulfat, seperti di tanah atau air yang tinggi kadar alkalinnya. pengerasan berjalan lebih lambat daripada semen portland biasa.

Sedangkan ditinjau dari segi kekuatan semen portland dibedakan menjadi empat bagian:

- 1) Semen portland mutu S-400, yaitu semen portland dengan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 400 kg/cm^2
- 2) Semen portland mutu S-475, yaitu semen portland dengan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 475 kg/cm^2
- 3) Semen portland mutu S-550, yaitu semen portland dengan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 550 kg/cm^2
- 4) Semen portland mutu S-S, yaitu semen portland dengan kuat tekan pada umur 1 hari sebesar 225 kg/cm^2 dan umur 7 hari sebesar 525 kg/cm^2

Dalam adukan beton, campuran air dan semen membentuk pasta yang disebut pasta semen. Pasta semen ini berfungsi sebagai perekat/pengikat dalam proses pengerasan sehingga butiran-bitiran agregat saling terikat dengan kuat dan terbentuklah suatu masa yang padat.

Jika digunakan suatu jenis pasta semen dengan volume air tertentu, variasi-variasi pasta semen pada adukannya, memperlihatkan sebagai berikut:

- 1) Makin banyak volume air maka pasta semen menjadi encer yang mengakibatkan adukan beton encer sehingga mudah berpori, mudah mendapatkan permukaan yang halus/licin.
- 2) Makin kurang volume air maka pasta semen jadi kental yang mengakibatkan adukan kaku/kasar, sulit pengisian pasta kedalam rongga-rongga, makin kasar permukaannya.

Hubungan antara faktor air-semen (f_{as}) dan kuat tekan beton (f'_c) secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919) dalam persamaan $f'_c = A / (B^{1.5x})$, dimana A, dan B adalah nilai konstanta, dan x adalah f_{as} . Dengan demikian semakin besar faktor air-semen (f_{as}) semakin rendah kuat tekan betonnya. Walaupun menurut rumus tersebut tampak semakin rendah f_{as} kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi karena kesulitan pemadatan maka di bawah f_{as} tertentu (yaitu sekitar 0,40) kekuatan beton itu lebih rendah, karena betonnya

kurang padat akibat pematatannya sulit. Dengan demikian ada suatu nilai faktor air-semen optimum yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum. Untuk mengatasi kesulitan pematatan dapat dilakukan dengan cara pematatan memakai alat getar (*vibrator*) atau dengan bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) yang bersifat menambah kemudahan pengerjaan adukan beton (*durability*).

2. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut sebagai faktor air semen (*water cement ratio*). Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan mempengaruhi kekuatan beton.

Jika semen portland diberi air, maka air akan berangsur-angsur mengadakan persenyawaan dengan senyawa-senyawa semen. Sebagian dari senyawa semen akan larut membentuk gel (agar-agar). Suatu semen yang baru saja bercampur dengan air pasta semen merupakan suatu massa plastis yang terdiri dari butiran

semen dan air. Setelah pasta semen mulai mengeras kandungannya bervolume tetap. Hasil pengerasan ini terdiri dari hidrat senyawa-senyawa semen yang ada yang berupa agar-agar, kristal-kristal kapur padam, sedikit senyawa lain, dan butiran semen yang tidak senyawa dengan air.

3. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam campuran beton. Material ini lebih dari 70% mengisi campuran beton, dengan demikian agregat merupakan material dalam beton yang memberikan nilai kuat yang lebih dibandingkan dengan semen atau air. Agregat lebih murah daripada semen maka akan ekonomis bila agregat dimasukkan sebanyak mungkin selama secara teknis memungkinkan, dan kandungan semennya minimum. Sifat fisik beton secara langsung tergantung pada sifat agregat, seperti kepadatan, panas jenis, modulus elastisitas, dan ketahanan (*durability*).

Dilihat dari ukurannya agregat dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

- 1) Agregat halus ialah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4,8 mm (SII.0052,1980) atau 4,75 mm (ASTM C33,1982) atau 5,0 mm (BS.812,1976).
- 2) Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal diatas ayakan 4,8 mm (SII.0052,1980) atau 4,75 mm (ASTM C33,1982) atau 5,0 mm (BS.812,1976).

Dilihat dari berat jenisnya agregat dapat dibedakan atas tiga macam

- 1) Agregat ringan, yaitu agregat yang memiliki berat jenis agregat kurang dari 2,0 dan biasanya digunakan untuk beton non struktural. Agregat ini dapat juga digunakan untuk beton struktural atau blok dinding tembok. Agregat ini memiliki kelebihan, yaitu memiliki berat sendiri yang rendah, sehingga

strukturnya ringan dan fondasinya dapat lebih kecil. Agregat ringan dapat diperoleh secara alami maupun buatan, Beberapa contoh agregat ringan antara lain: batu apung, *hydite*, *roklite*, *lelite*, dsb.

- 2) Agregat normal adalah agregat yang memiliki berat jenis antara 2,5 sampai 2,7. Agregat ini biasanya berasal dari batuan granit, basalt, kuarsa, dsb. Beton yang menggunakan agregat normal biasanya memiliki berat jenis sekitar 2,3 dengan kuat desak antara 15 MPa. Beton yang dihasilkan dinamakan beton normal.
- 3) Agregat berat memiliki berat jenis lebih dari 2,8. Contoh agregat berta, misalnya magnetik (Fe_3O_4) dan barytes (BaSO_4), atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan memiliki berat jenis yang tinggi juga (dapat sampai 5,0). Beton ini efektif digunakan sebagai dinding pelindung sinar radiasi sinar X.

Pengaruh kekuatan agregat terhadap kekuatan beton begitu besar karena umumnya kekuatan agregat lebih tinggi daripada pastanya. Dengan demikian bila dikehendaki kekuatan beton yang tinggi, diperlukan juga agregat yang kuat agar kekuatannya tidak lebih rendah daripada pastanya. Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton ialah kekasaran pada permukaan dan ukuran maksimumnya. Permukaan yang halus pada partikel kerikil dan kasar pada batu pecah berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan saat retak-retak beton mulai terbentuk. Jadi kekasaran permukaan beton berpengaruh terhadap kekuatan tekan beton. Untuk menguji kekuatan agregat dapat digunakan alat *rudeloff*.

Sifat agregat dalam campuran beton pun mempengaruhi kekuatan beton misalnya kadar air dalam agregat. Hoedajanto (2003:15) mengemukakan pembagian kondisi agregat berdasarkan kandungan air yaitu:

- 1) Kering oven yaitu kondisi agregat yang dapat menyerap air dalam campuran beton secara maksimal
- 2) Kering udara yaitu kondisi agregat yang kering permukaan namun mengandung sedikit air dirongga-rongganya.

- 3) Jenuh permukaan kering yaitu kondisi agregat yang permukaannya kering, namun semua rongga-rongganya terisi air.
- 4) Basah yaitu kondisi agregat dengan kandungan air yang berlebihan pada permukaannya.

Jadi beton akan berkualitas baik jika ruang yang ada pada beton sedapat mungkin terisi oleh agregat dan pasta semen. Beton harus mempunyai kekuatan dan daya tahan internal terhadap berbagai jenis kegagalan. Faktor air semen harus terkontrol sehingga memenuhi persyaratan kekuatan beton yang direncanakan. Dan permukaan beton harus mempunyai kerapatan dan kekerasan tekstur yang tahan segala cuaca.

D. Metode Perancangan Campuran (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya. Karena bahan penyusun tersebut akan menyebabkan variasi dari produk beton yang dihasilkan. Pada dasarnya perancangan campuran dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proporsi campuran bahan yang optimal dengan kekuatan yang maksimum (penggunaan bahan yang minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria standar dan ekonomis dilihat dari biaya keseluruhan untuk membuat struktur beton tersebut).

Kriteria dasar perancangan beton adalah kekuatan tekan dan hubungannya dengan faktor air semen yang digunakan walaupun pada kenyataannya kedua hal tersebut kontradiktif. Kriteria lain yang harus dipertimbangkan adalah kemudahan

pengerjaan. Seperti yang telah dibahas sebelumnya, faktor air semen yang kecil akan menghasilkan kekuatan yang tinggi, tetapi kemudahan dalam pengerjaan tak akan tercapai. Nilai *f* yang besar akan menyebabkan kesulitan, terutama karena akan menimbulkan segregasi.

Sesuai dengan kajian penelitian tentang beton tanpa pasir yang menguntungkan sisi ekonomi, maka dalam penelitian ini digunakan perancangan campuran dengan metoda *American Concrete Institute* (ACI). Hal ini karena Metoda ACI mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan di lapangan, kemudahan pekerjaan, serta keawetan dan kekuatan pekerjaan beton. Cara ACI melihat bahwa dengan ukuran agregat tertentu, jumlah air perkubik akan menentukan tingkat konsistensi dari campuran beton yang pada akhirnya akan mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan (*workability*).

Kemudahan pengerjaan (*workability*) pada pekerjaan beton didefinisikan sebagai kemudahan untuk dikerjakan, dituangkan dan dipadatkan serta dibentuk dalam acuan. Kemudahan ini diindikasikan melalui slump test, semakin tinggi nilai slump semakin mudah untuk dikerjakan. Nilai slump yang terlalu tinggi akan membuat beton keropos setelah mengeras karena air yang terjebak dalamnya menguap. Oleh karena itu untuk mendapatkan kuat tekan yang sesuai dengan perencanaan maka harus mengikuti urutan-urutan kerja yang baik. Urutan di sini adalah awal saat penakaran sampai dengan perawatan.

Pemadatan harus dilakukan dengan syarat mutu. Pemadatan boleh dilakukan dengan manual atau menggunakan alat mesin, namun pemadatan yang baik adalah

adalah dengan menggunakan mesin *vibrator* hal ini karena penggetarannya merata. Alat ini juga dapat dengan mudah dipakai karena langsung masuk kedalam campuran.

Karena hidrasi relatif cepat pada hari-hari pertama, perawatan paling penting adalah pada umur mudanya. Dengan menggenangi, membuat empang, menyemprot atau dengan menutup dengan penutup yang basah.

E. Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian :

1. Berapa nilai kuat tekan rata-rata beton yang dihasilkan pada campuran beton tanpa pasir dengan rasio agregat persemen 5:1, 6:1, dan 7:1?
2. Sejauhmana peningkatan nilai kuat tekan beton tanpa pasir berdasarkan masing-masing bahan-bahan penyusun beton (agregat persemen)?
3. Bagaimana gambaran campuran beton tanpa pasir berdasarkan agregat persemen dan hasil kuat tekan beton yang dicapai?