

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Beton

1. Definisi Beton

Berdasarkan (SNI 03 – 2834 – 2002). Beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Adapun beton yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah beton normal yang mempunyai berat isi (2200 – 2500) kg/m³.

2. Jenis Beton

Pada umumnya beton sering digunakan sebagai struktur dalam konstruksi suatu bangunan. Dalam teknik sipil, beton digunakan untuk bangunan fondasi, kolom, balok dan pelat. Berdasarkan berat volumenya beton dapat dibedakan menjadi 3 yaitu beton normal, beton ringan, dan beton berat (Mulyono, 2004).

- a. Beton Normal merupakan beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah (SNI 03-2834-2000).
- b. Beton Ringan merupakan beton yang menggunakan agregat ringan yang berasal dari hasil pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara, dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik (Holm, 1994: 522 dalam Mulyono, 2004).
- c. Beton Berat merupakan beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat isi lebih besar dari berat beton normal atau lebih dari 2400 kg/m³. Beton yang mempunyai berat yang tinggi ini biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya (Mulyono, 2004).

3. Material Penyusun Beton

- a. Semen *Portland* adalah bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker*, klinker merupakan bahan yang terdiri dari silika – silika kalsium yang bersifat hidrolis, dengan batu gips sebagai bahan tambah (Pratma Nanda, 2016).

- b. *Pozolan* adalah bahan yang mengandung silika amorf, yang memiliki perilaku ketika dicampur dengan kapur dan air maka akan membentuk benda padat yang keras dan bahan yang tergolong *pozolan* adalah tras, semen merah, abu terbang, dan bubukan terak tanur tinggi (SNI 03 – 2834 – 2002).
- c. Semen *Portland – pozolan* adalah campuran semen *Portland* dengan *pozolan* antara 15%-40% berat total campuran dan kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam *pozolan* minimum 70% (SNI 03 – 2834 – 2002).

4. Agregat kasar

Menurut Mulyono (2004) Agregat kasar merupakan pecahan kasar yang dapat terdiri dari batuan berbutir halus atau kasar yang mengandung bahan – bahan berkrystal yang tidak dapat terlihat dengan jelas melalui pemeriksaan visual. Agregat ini juga merupakan agregat yang semua ukuran butirannya tertinggal di atas ayakan 4.8. Menurut standar SK SNI S-04-1989-F (Tjokrodimulyo, 2010) dijelaskan bahwa agregat kasar untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut (kecuali agregat khusus misalnya agregat ringan dan sebagainya).

- a. Butir butirnya keras dan tidak berpori. Indeks kekasaran $\leq 5\%$ (diuji dengan goresan batang tembaga). Bila diuji dengan bejana Rudeloff atau Los Angeles seperti tabel 3.1.
- b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika di uji dengan larutan garam Natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%.
- c. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 1%.
- d. Tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
- e. Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20%.
- f. Modulus halus berbutir maksimum tidak boleh lebih dari : $1/5$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $1/3$ tebal pelat beton, $3/4$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.

Tabel 3.1 Persyaratan kekerasan / kekuatan agregat kasar untuk beton normal

kelas dan mutu beton	Bejana Rudeloff maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 2mm%		Mesin Los Angeles maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 1,7 mm(%)
	Ukuran butir 19-30(mm)	Ukuran butir 9,5-19	
Kelas I mutu B0 dan B1	30	32	50
kelas II mutu k-125 (fc'=10 MPa) sampai k-225 (fc' = 20 MPa)	22	24	40
Kelas III mutu diatas K-225 (fc'=20 MPa)	14	16	27

5. Agregat Halus

Agregat Halus merupakan Agregat merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat menempati skitar 70% volume mortar atau beton. Agregat yang butirnya lebih kecil dari 1,20 mm disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut *silt* dan yang lebih kecil dari 0,002mm disebut *clay*. Menurut (Tjokrodimuljo, 2010) dijelaskan bahwa agregat halus untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut.

- a. Butir-butirnya tajam dan keras dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$
- b. Kekal , tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%.
- c. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 15%
- d. Tidak mengandung zat organis terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan di atas endapan agregat halus tidak boleh lebih gelap dari warna standar atau pembanding.

- e. Modulus halus butir antara 1,50-3,80 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
- f. Khusus untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus harus tidak reaktif terhadap alkali.
- g. Agregat halus dari laut atau pantai, boleh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

6. Air

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh kotor, tidak mengandung minyak, asam alkali, zat organis atau bahan yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang digunakan dalam pembuatan beton pra-tekan, dan beton yang ditanami logam aluminium (termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat) tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan, (*ACI 318-89:2-2* dalam Mulyono, 2004). Air sebagai bahan bangunan harus memenuhi syarat sebagai berikut standar (SK SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A).

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 0,05 gram/liter.
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton(asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- d. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter. Khusus untuk beton pra-tegang kandungan klorida tidak boleh lebih dari 0,05 gram per liter.
- e. Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO_3) lebih dari 1 gram/liter.

B. BAHAN TAMBAH

Bahan tambah ialah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan kedalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya (Spesifikasi Bahan Tambahan untuk beton, standar, SK SNI S-18-1990-03).

Pemberian bahan tambahan pada adukan beton dengan maksud untuk: memperlambat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak saat pengerasan, mengurangi panas hidrasi, menambah kekedapan, menambah keawetan dan sebagainya. Macam-macam bahan tambah dapat dilihat pada penjelasan berikut.

1. Bahan Kimia Tambahan

Bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) untuk beton ialah bahan tambahan (bukan pokok) yang dicampurkan pada adukan beton, untuk memperoleh sifat khusus dalam pengerjaan adukan, waktu pengikatan, waktu pengerasan, dan maksud-maksud lainnya (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam, SK SNI S-04-1989-F).

2. *Pozolan*

Pozolan adalah bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat (SiO_2) dan aluminat (Al_2O_3) yang reaktif (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam, SK SNI S-04-1989-F). *Pozolan* sendiri tidak memiliki sifat semen, tetapi dalam keadaan halus (lolos ayakan 0,21 mm) jika dicampur dengan kapur padam aktif ($\text{CA}(\text{OH})_2$ dan air (H_2O), dalam beberapa waktu pada suhu kamar ($24 - 27^\circ\text{C}$) dapat bereaksi membentuk suatu massa yang padat dan sukar larut pada air.

3. Serat

Serat suatu bahan tambah beton ialah serat (fibre). Beton yang diberi bahan tambah serat disebut beton-serat (fibre concrete). Karena ditambah serat, maka akan menjadi bahan komposit, yaitu beton dan serat. Serat dapat

berupa asbestos, glass, palstik, baja, atau serat tumbuh-tumbuhan (rami, ijuk).

C. KUAT TEKAN BETON

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Adapun faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton diantaranya.

1. Umur beton

Kuat tekan beton bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksudkan umur di sini dihitung sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu semakin lambat, dan laju kenaikan tersebut menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari, sehingga secara umum dianggap tidak naik lagi setelah berumur 28 hari. Oleh karena itu, sebagai standar kuat tekan beton ialah kuat tekan beton pada umur 28 hari. Laju kenaikan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: jenis semen portland, suhu sekeliling beton, faktor air semen, dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton.

2. Faktor air semen

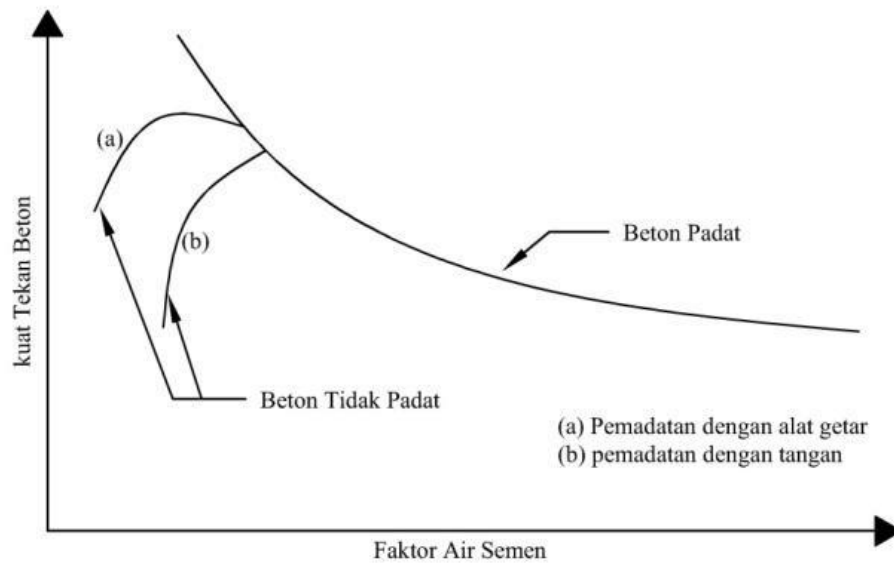
Faktor air semen (f.a.s) ialah perbandingan berat antara air dan semen portland didalam campuran adukan beton. Dalam praktek, nilai faktor air semen berkisar antara 0,40 dan 0,60. Hubungan antara faktor air-semen dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis menurut Duff Abrams (1919, dalam shetty,1997) pada persamaan 3.1. Grafik faktor air semen bisa dilihat pada gambar 3.1.

$$\text{Rumus faktor air semen} = f_c = \frac{A}{B^X} \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan : f_c = Kuat tekan beton.

X= Perbandingan volume antara air dan semen.

A,B = Konstanta.



Gambar 3.1. Grafik Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Beton (Tjokrodimuljo, 2010)

3. Kepadatan beton

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang. Beton yang kurang padat berarti berisi rongga sehingga kuat tekannya berkurang. Pengaruh kepadatan beton terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.1.

4. Jumlah pasta semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antara butir-butir agregat terisi penuh dengan pasta semen, serta seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen. Jika pasta semen sedikit maka tidak cukup untuk mengisi pori-pori antar butir agregat dan tidak seluruh permukaan butir agregat terselimuti oleh pasta semen, sehingga rekatan antar butir kurang kuat dan berakibat kuat tekan beton rendah.

5. Jenis semen

Semen portland untuk pembuatan beton terdiri beberapa jenis, masing-masing jenis semen portland mempunyai sifat tertentu, misalnya cepat mengeras dan sebagainya sehingga mempengaruhi pula terhadap kuat tekan betonnya.

6. Sifat agregat

Sifat agregat terdiri atas agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil atau batu pecah). Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain:

- a. Kekerasan permukaan, karena permukaan agregat yang kasar dan tidak licin membuat rekatan antara permukaan agregat dan pasta semen lebih kuat dari pada permukaan agregat yang halus dan licin.
- b. Bentuk agregat, karena bentuk agregat yang bersudut misalnya pada batu pecah, membuat butir-butir agregat itu sendiri saling mengunci dan sulit digeserkan, berbeda dengan batu kerikil yang bulat. Oleh karena itu maka beton yang dibuat dari batu pecah lebih kuat dari pada beton yang dibuat dari kerikil
- c. Kuat tekan agregat, karena sekitar 70% persen volume beton terisi oleh agregat, sehingga kuat tekan beton didominasi oleh kuat tekan agregat yang dipakai mempunyai kuat tekan rendah akan diperoleh beton yang kuat tekannya rendah pula.

Dalam menentukan nilai kuat tekan, biasanya digunakan persamaan (3.1). Dengan melakukan perbandingan anatar Beban (P) dengan luasan permukaan (A). Hitung kuat tekan benda uji dengan membagi beban maksimum dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata yang ditentukan sebagai mana yang diuraikan pada pasal 5 dan menyatakan hasilnya dengan dibulatkan ke 1 (satu) desimal dengan satuan 0,1 MPa.

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.2)$$

dengan pengertian :

kuat tekan beton dengan benda uji silinder, dinyatakan dalam MPa atau N/mm²

P: adalah gaya tekan aksial, dinyatakan dalam Newton (N)

A: adalah luas tekan penampang melintang benda uji, dinyatakan dalam mm²

Jika perbandingan panjang (L) terhadap diameter (D) benda uji kurang dari 1,8 koreksi hasil yang sudah diperoleh dengan mengalikan dengan faktor koreksi yang sesuai seperti pada tabel berikut:

Tabel 3.2 Faktor koreksi rasio panjang (L) dengan diameter (D) benda uji

L/D	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
Faktor	1	0,98	0,96	0,93	0,87

Koreksi faktor diatas berlaku untuk beton ringan dengan bobot isi antara 1600 kg/m^3 sampai dengan 1920 kg/m^3 dan untuk beton normal. Koreksi yang sesuai seperti pada tabel harus ditetapkan dengan interpolasi. Faktor koreksi berlaku untuk kuat tekan beton nominal 15 MPa sampai dengan 45 MPa. Untuk angka diatas 45 MPa perlu dilakukan uji perbandingan yang lebih lanjut di laboratorium.

D. *Mix Design* Beton Normal

Dalam penelitian ini metode campuran (*mix design*) yang digunakan menggunakan peraturan beton normal (SNI 03-2834-2002). Dalam menentukan perencanaan campuran atau *mix design* rencana beton normal sesuai SNI 03-2834-2002 sebagai berikut :

- a. Menentukan kuat tekan beton ($f'c$) 25 MPa yang di syaratkan pada umur 28 hari.
- b. Mengitung deviasi standar menurut ketentuan dan di dapatkan untuk faktor modifikasi untuk defiasi standar sebesar 1,08. Dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 3.3 Faktor Deviasi

Jumlah Pengujian	Faktor modifikasi untuk deviasi standart
Kurang dari 15 contoh	Gunakan Tabel 5
15 contoh	1,16
20 contoh	1,08
25 contoh	1,03

30 contoh atau lebih	1,00
----------------------	------

Sumber: SNI 03-2834-2000.

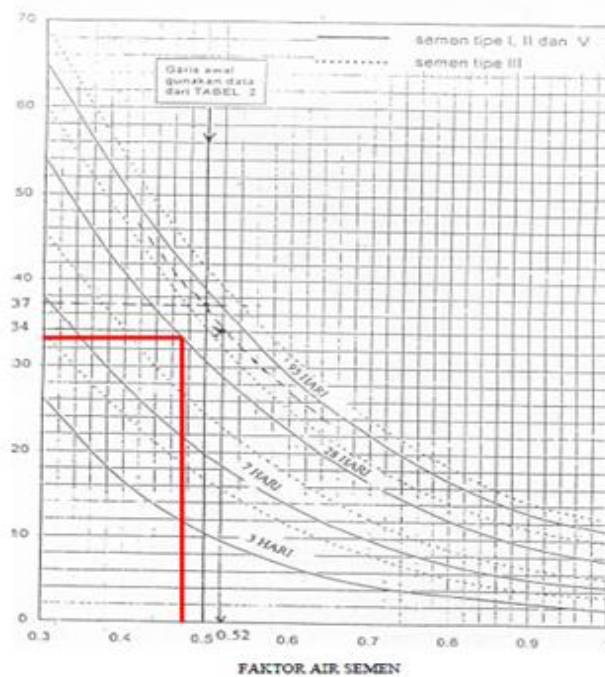
- c. Menghitung nilai tambah sesuai ketentuan yaitu 8,5. Dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Tabel Kuat Tekan Rata-rata f'_c

Persyaratan kuat tekan, f'_c MPa	Kuat tekan rata-rata perlu, f'_{cr} Mpa
Kurang dari 21	$f'_c + 7,0$
21 sampai dengan 35	$f'_c + 8,5$
Lebih dari 35	$f'_c + 10,0$

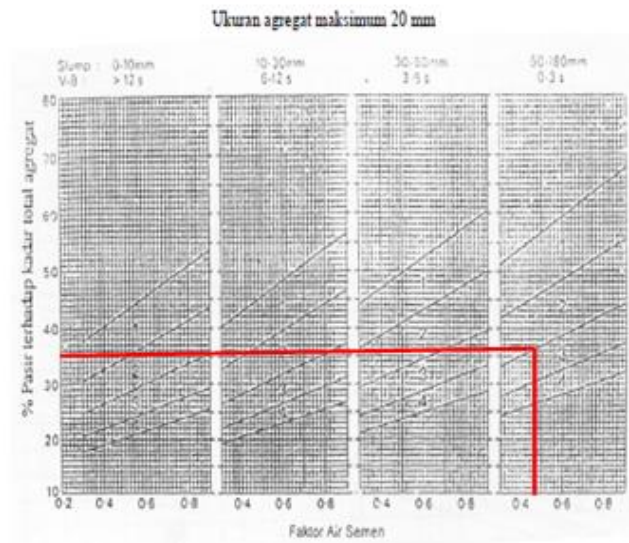
Sumber : SNI 03-2834-2000.

- d. Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan sebesar 33,5 MPa.
e. Menetapkan jenis semen Portland (merk Tiga Roda).
f. Menentukan jenis agregat kasar berasal dari Celereng dengan berat jenis 2,5 dan agregat halus yang berasal dari merapi dengan berat jenis 2,57.
g. Menentukan faktor air semen sebesar 0,478. Seperti Gambar 4.26



Gambar 3.2 Faktor Air Semen (fas)

- h. Menetapkan faktor air semen maksimum sebesar 0,478.
- i. Menetapkan *slump* sebesar 6cm – 20cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.27



Gambar 3.3 Nilai *Slump*

- j. Menetapkan ukuran agregat maksimum sebesar 20.
- k. Menentukan kadar air bebas sebesar 195 untuk batu tak dipecahkan dan 225 untuk batu pecah. Dapat di lihat pada Gambar 4.28

Tabel 3
Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton

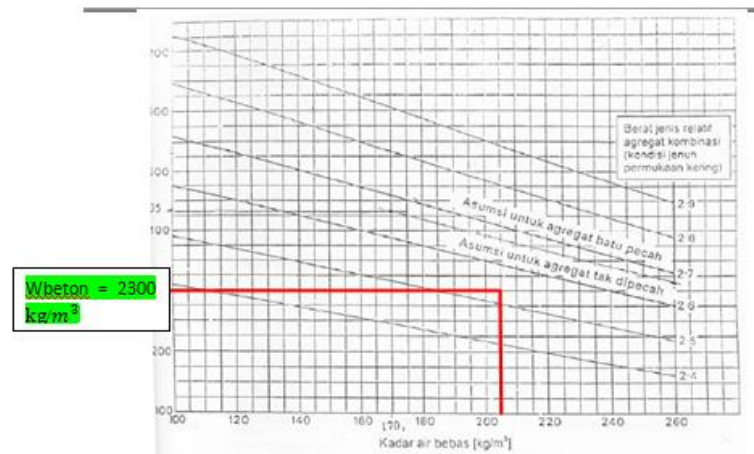
Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Catatan : Koreksi suhu udara :
Untuk suhu di atas 25 °C, setiap kenaikan 5 °C harus ditambah air 5 liter per m^3 adukan beton.

Gambar 3.4 Kadar Air Bebas

- l. Menghitung jumlah semen yang besarnya adalah kadar semen dibagi faktor air semen dan didapatkan hasil $428,87 \text{ kg/m}^3$.
- m. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
- n. Menentukan jumlah semen seminimum mungkin.

- o. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan, maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
- p. Menentukan susunan butir agregat halus.
- q. Menentukan persentase pasir dengan perhitungan atau menggunakan grafik kemudian di peroleh hasil 35% .
- r. Hitung berat jenis *relatife* agregat.
- s. Menentukan berat isi beton sesuai dengan kadar air bebas yang sudah di tentukan dan berat jenis relative dari agregat gabungan dengan hasil 2300 kg/m^3 . Dapat dilihat pada Gambar 4.29



Grafik 16
Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan

Gambar 3.5 Berat Isi Beton

- t. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas dan didapatkan hasil sebesar 1666,13 kg/m^3 .
 - u. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir diperoleh nilai sebesar 583,15 kg/m^3 .
 - v. Menghitung kadar agegat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan dikurangi kadar agregat halus. Dari langkah-langkah tersebut sudah dapat diketahui susunan campuran bahan untuk 1 m^3 dan diperoleh dengan nilai 1082,98 kg/m^3 .
1. Pembuatan benda uji.

Dalam penelitian ini peruses pencampuran dilakukan dengan mesin pengaduk beton (*cocrete mixer*) dimana untuk mendapatkan mutu beton yang

baik, pelaksanaan harus dilakukan dengan baik dan benar. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan benda uji sebagai berikut :

- a. Menyiapkan alat-alat dan bahan yang sudah di uji sebelumnya, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai komposisi hail *mix design*.
- b. Menyiapkan *concrete mixer* agar ketika pencampuran dilakukan, komposisi air yang telah dihitung tidak berkurang akibat diserap oleh dinding *concrete mixer*.
- c. Kemudian memasukan agregat kasar, ban karet dan agregat halus lalu air 1/3 bagian. Aduk hingga bahan tercampur merata.
- d. Masukan semen lalu putar *mixer* selama 1 menit kemudian masukkan sisa air kedalam *concrete mixer* lalu tunggu hingga campuran beton yang *homogen*.
- e. Setelah tercampur merata, dilakukan pengujian *slump* untuk mengukur tingkat *workability* adukan. Apabila nilai *slump* telah memenuhi spesifikasi adukan beton dituangkan ke dalam cetakan balok sambil dipadatkan sehingga beton menjadi padat sehingga tidak ada rongga pada beton.
- f. Diamkan selama 24 jam (1 hari).
- g. Setelah 24 jam cetakan dibuka kemudian diberikan nama sampel lalu dilakukan perawatan (*curing*).

E. Berat Jenis dan Daya Serap Agregat

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur yang ditentukan. Nilai-nilainya adalah tanpa dimensi (SNI 1969:2008).

Berat jenis curah kering merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume agregat (termasuk rongga yang *permeable* dan di dalam butir partikel, tetapi tidak termasuk rongga antara butiran partikel) pada suatu temperatur tertentu terhadap berat diudara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu, berat jenis curah kering dirumuskan sebagai berikut (SNI 1969:2008).

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dengan :

A = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = Berat benda uji dalam air

Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) adalah perbandingan antara berat dari satuan volume agregat (termasuk berat air yang terdapat di dalam rongga akibat perendaman selama (24 ± 4) jam, tetapi tidak termasuk rongga antara butiran partikel) pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu, berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dirumuskan sebagai berikut (SNI 1969:2008).

$$\text{Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)} = \frac{B}{(B-C)} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dengan :

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = Berat benda uji dalam air

Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat dari satuan volume suatu bagian agregat yang *impermeable* pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu, berat jenis semu dirumuskan sebagai berikut (SNI 1969:2008).

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots(3.5)$$

Dengan :

A = Berat benda uji kering oven (gram)

C = Berat benda uji dalam air

Penyerapan air yaitu penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap ke dalam pori-pori, tetapi belum termasuk air yang tertahan pada permukaan luar partikel, dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya : agregat dikatakan “kering” ketika telah dijaga pada suatu temperatur $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ dalam rentang waktu yang cukup untuk menghilangkan seluruh kandungan air yang ada (sampai beratnya tetap), penyerapan air dapat dirumuskan sebagai berikut (SNI 1969:2008).

$$\text{Penyerapan air} = \left[\frac{B-A}{A} \right] \times 100\% \dots\dots\dots (3.6)$$

Dengan :

A = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan banyaknya berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dari campuran beton. Hubungan antara berat jenis agregat dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka akan semakin kecil daya serap air agregat tersebut (Mulyono, 2004).

F. Serapan Air dan Kadar Air Agregat

Pada saat terbentuknya kemungkinan ada terjadinya udara yang terjebak dalam lapisan agregat atau terjadi karena dekomposisi mineral pembentuk akibat perubahan cuaca, maka terbentuklah lubang atau rongga kecil di dalam butiran agregat (pori). Pori dalam agregat mempunyai variasi yang cukup besar dan menyebar diseluruh tubuh butiran. Pori-pori mungkin menjadi reservoir air bebas di didalam agregat. Presentase berat air yang mampu diserap agregat di dalam air disebut sebagai resapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam agregat disebut kadar air (Mulyono, 2004).

G. Serapan Air

Serapan air dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan kering (JPK) atau *Saturated Surface Dry (SSD)*, (Mulyono, 2004), kondisi ini merupakan :

- a. Keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pasta nya (Mulyono, 2004).
- b. Kadar air di lapangan lebih banyak mendekati kondisi SSD daripada kondisi kering tungku (Mulyono, 2004).

- a) Resapan efektif dinyatakan dengan banyaknya jumlah yang diperlukan agregat dalam kondisi kering udara (W_{KU}) menjadi SSD (W_{SSD}), dinyatakan dengan rumus sebagai berikut

$$R_{ef} = \frac{W_{SSD} - W_{KU}}{W_{SSD}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.7)$$

- b) Resapan efektif (R_{ef}) dipakai untuk menghitung berat air yang akan diserap (W_{sr}) oleh agregat (W_{ag}) dalam adukan beton, yaitu dengan rumus sebagai berikut

$$W_{sr} = R_{ef} \times W_{ag} \dots\dots\dots (3.8)$$

- c) Sehingga kelebihan air dalam campuran beton yang merupakan kontribusi dari agregat dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut $A_{Kel} = \frac{W_{BSH} - W_{SSD}}{W_{SSD}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.9)$

- d) Air kelebihan ini dipakai untuk menghitung berat tambahan (W_{tam}) terhadap campuran adukan beton, yaitu

$$W_{tam} = A_{Kel} \times W_{ag} \dots\dots\dots (3.10)$$

- e) Kelebihan (W_{agr}) dan berat pada kondisi SSD (W_{SSD}) dapat digunakan untuk menghitung banyaknya kandungan air (K_{air}) dalam agregat yang dinyatakan dengan rumus

$$K_{Air} = \frac{W_{Agr} - W_{SSD}}{W_{SSD}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.11)$$