

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Pembentuk Campuran Beton

Material yang digunakan pada campuran beton yaitu semen, agregat dan air dan bila mana diperlukan bahan tambah. Pada campuran ini, akan digunakan limbah karbit sebagai pengganti sebagian semen sebagai pengganti sebagian agregat halus. Dalam pembuatan campuran beton, material yang digunakan harus mempunyai kualitas yang baik dan memenuhi syarat yang telah ditentukan sehingga menghasilkan beton yang mempunyai kuat tekan yang sesuai rencana. Material-material yang akan digunakan antara lain:

2.1.1 Semen

Semen yang merupakan salah satu bahan dasar pembuatan beton tergolong dalam jenis semen hidrolis. Jenis semen hidrolis yang banyak digunakan hingga saat ini adalah merupakan semen Portland yang dipatenkan di Inggris pada tahun 1824 atas nama Joseph Aspdin. Semen Portland adalah material berbentuk bubuk berwarna abu-abu dan banyak mengandung kalsium dan aluminium silika.

Bahan-bahan dasar semen yang terdiri dari kapur (CaO), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan oksida besi (Fe_2O_3), pada saat proses manufaktur seiring dengan penambahan bahan tambah lainnya, maka terjadilah suatu reaksi kimiawi yang cukup kompleks. Sebagai hasilnya terjadi perubahan susunan kimia dalam semen, namun semen yang telah jadi, pada umumnya mengandung unsur-unsur kimia seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.1, (Setiawan,2016).

Tabel 2.1 Komposisi Oksida Semen Portland.

Senyawa oksida	Persentase (%)
Kapur, CaO	60 - 67
SiO ₂	17 - 25
Al ₂ O ₃	3-8
Fe ₂ O ₃	0,5 - 6
MgO	0,1 - 4
Alkali (K ₂ O, Na ₂ O)	0,4 - 1,3
SO ₃	1,3 - 3,0

Sumber : (Setiawan, 2016).

Secara umum sesuai dengan standar dari American Society for Testing and Materials (ASTM), jenis semen yang ada dapat dikategorikan menjadi lima jenis :

1. Tipe I – jenis semen biasa yang dapat digunakan pada pekerjaan konstruksi umum.
2. Tipe II – merupakan modifikasi dari semen tipe I, yang memiliki panas hidrasi lebih rendah dan dapat tahan dari beberapa jenis serangan sulfat.
3. Tipe III – merupakan tipe semen yang dapat menghasilkan kuat tekan beton awal yang tinggi setelah 24 jam proses pengecoran, semen tipe ini menghasilkan kuat tekan dua kali lebih tinggi dari pada semen tipe biasa, namun panas hidrasi yang dihasilkan semen ini lebih tinggi dari pada panas hidrasi semen tipe I.
4. Tipe IV – merupakan semen yang mampu menghasilkan panas hidrasi rendah, sehingga cocok digunakan pada proses pengecoran struktur beton yang masif.
5. Tipe V – digunakan untuk struktur-struktur beton yang memerlukan ketahanan yang tinggi dari serangan sulfat.

2.1.2 Agregat

Agregat merupakan bahan campuran pembentuk beton yang berfungsi sebagai bahan pengisi. Pada suatu campuran beton normal, agregat menempati 70% hingga 75% dari volume beton yang mengeras, sisanya ditempati oleh pasta semen, air yang tersisa dari reaksi hidrasi serta rongga udara. Secara umum semakin padat susunan agregat dalam campuran beton, maka beton yang dihasilkan akan makin tahan lama dan ekonomis. Oleh karena itu, agar didapat hasil yang baik maka ukuran agregat harus dipilih sedemikian rupa sehingga memenuhi gradasi yang disarankan (Setiawan, 2016). Berdasarkan ukuran besar butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

1. Agregat halus

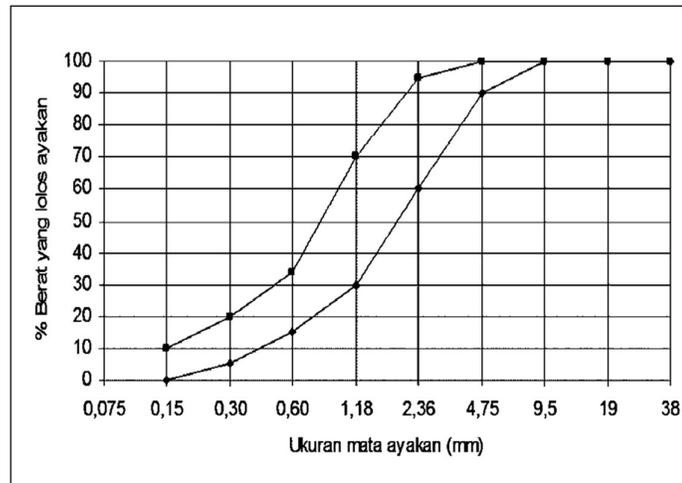
Menurut SNI 03-2834-2000, memberikan syarat-syarat untuk agregat halus, yang dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 2.2 dan dijelaskan melalui Gambar 2.1 hingga Gambar 2.4 untuk mempermudah pemahaman.

Tabel 2.2 Batas gradasi agregat halus.

Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Besar Butir Yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 inch	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

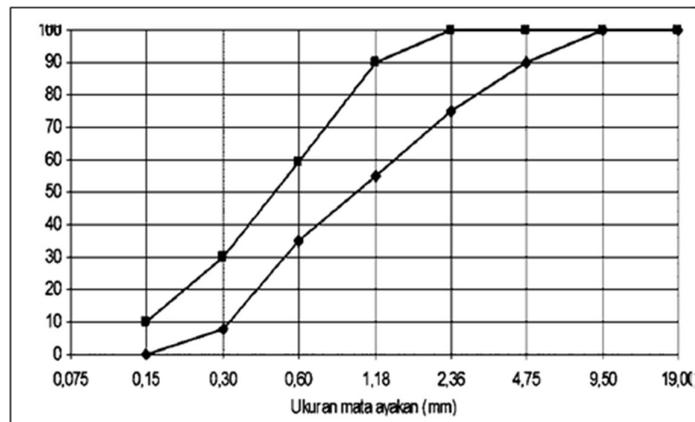
Sumber : (SNI 03-2834-2000).

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



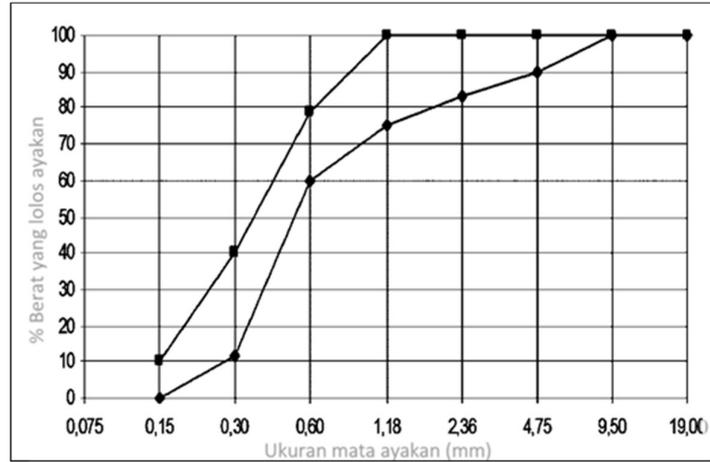
Gambar 2.1 Daerah gradasi pasir kasar.

Sumber : (SNI 03-2834-2000).



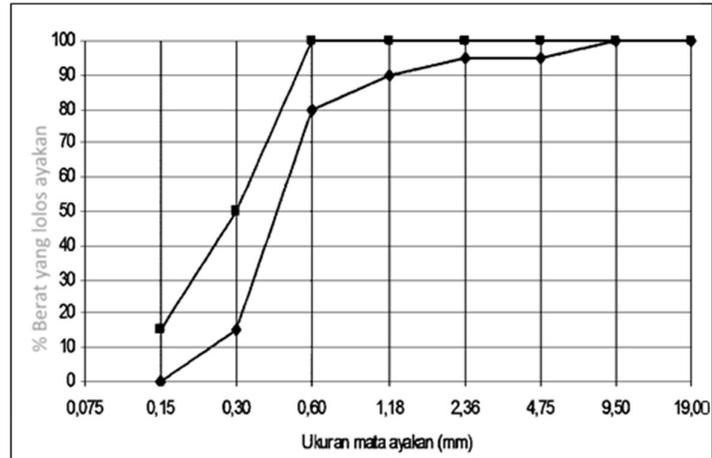
Gambar 2.2 Daerah gradasi pasir sedang.

Sumber : (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.3 Daerah gradasi pasir agak halus .

Sumber : (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.4 Daerah gradasi pasir halus.

Sumber : (SNI 03-2834-2000).

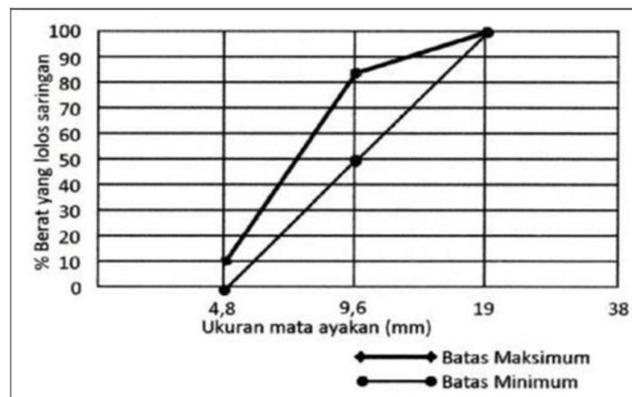
2. Agregat kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil sebagai hasil alami dari batu-batuan atau batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu. Pada umumnya agregat kasar memiliki ukuran butir antara 5 mm – 40 mm. Menurut SNI 03-2834-2000 batas gradasi agregat kasar dapat dilihat dalam Tabel 2.3 dan dijelaskan melalui Gambar 2.5 sampai 2.7, agar lebih memudahkan pemahaman.

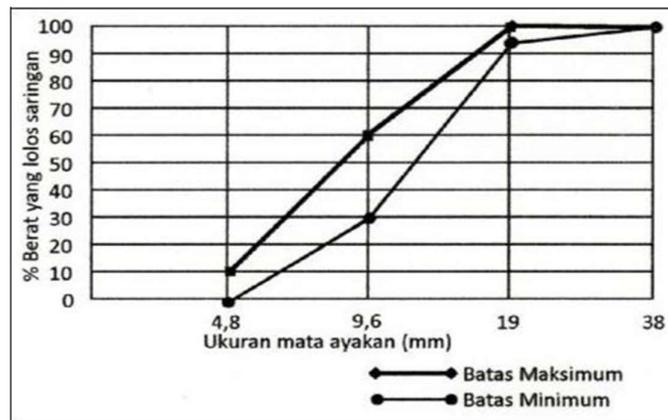
Tabel 2.3 Batas gradasi agregat kasar.

Ukuran mata ayakan (mm)	Persentase berat bagian yang lewat ayakan Ukuran nominal agregat (mm)		
	38 – 4,76	19,0-4,76	9,6 – 4,76
38,1	95 – 100	100	
19,0	37– 70	95- 100	100
9,52	10– 40	30- 60	50-85
4,76	0– 5	0- 10	0 -10

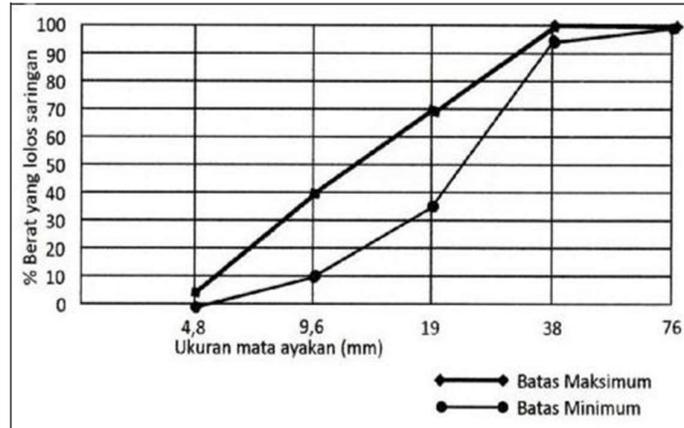
Sumber: (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.5 Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 10 mm.



Gambar 2.6 Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 20 mm.



Gambar 2.7 Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm.

3. Air

Air merupakan bahan yang penting juga dalam pembuatan suatu campuran beton. Air merupakan pemersatu proses pencampuran dari agregat dan semen, dalam pelaksanaan pembuatan beton sangat bergantung pada air untuk mendapatkan beton yang mudah dilaksanakan, tetapi dengan kekuatan yang tetap harus dipertahankan jumlah air dengan semennya atau bisa disebut faktor air semen (water cemen ratio). Air yang digunakan dalam pembuatan beton adalah air yang bebas dari bahan-bahan yang merugikan. Dalam pembuatan campuran beton, hendaknya digunakan air yang bersih yang tidak tercampur dengan kotoran-kotoran kimia yang memungkinkan timbulnya reaksi yang merusak kualitas beton. Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan dapat dilihat pada Tabel 2.4 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.4 Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan.\

Kandungan Unsur Kimia	Konsentrasi (Maksimum)
Klorida	-
a. Beton Prategang	500 ppm
b. Beton Bertulang	1000 ppm
Alkali ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ K}_2\text{O}$)	600 ppm
Sulfat (SO_4)	3000 ppm
Massa bahan padat total	50000 ppm

Sumber : (SNI 7974, 2013).

4. Bahan tambah

Bahan tambah yaitu bahan selain unsur pokok dalam beton (air, semen dan agregat), yang ditambahkan pada adukan beton, baik sebelum, segera atau selama pengadukan beton dengan tujuan mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton, sewaktu masih keadaan segar atau setelah mengeras. Fungsi bahan tambah yaitu mempercepat pengerasan, menambah kelecakan (workability) beton segar, menambah kuat tekan beton, meningkatkan daktilitas atau mengurangi sifat getas beton, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya. Bahan tambah diberikan dengan jumlah yang relatif sedikit dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan, sehingga memperburuk sifat beton (Tjokrodinuljo, 1996).

2.2 Limbah Karbit

Limbah karbit adalah limbah B3 yang dapat mencemari lingkungan sekitar, limbah karbit merupakan sisa dari reaksi karbit terhadap air yang menghasilkan gas asetelin. Limbah karbit itu sendiri sangat mudah dijumpai pada bengkel-bengkel las karbit di kota Tasikmalaya, yang pada umumnya tidak dilakukan pengolahan terhadap limbah karbit tersebut karena dianggap tidak bernilai ekonomis dan mengandung zat berbahaya.

Peraturan Pemerintah Nomor 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun mendefinisikan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) sebagai zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain.

Seiring berkembangnya teknologi dan inovasi beton solusi pengurangan limbah karbit yang menumpuk adalah dengan melakukan pemakaian kembali (Reuse) agar dapat dimanfaatkan sebagai material bahan konstruksi bangunan yang ramah terhadap lingkungan. Tujuannya adalah untuk mengurangi limbah B3 yang dapat mencemari lingkungan sekitar dan mewujudkan pembangunan yang berkesinambungan (sustainable construction).

Tabel 2.5 Kandungan limbah karbit.

Komposisi Kimia	Kandungan %
SiO ₂	4,3
Fe ₂ O ₃	0,9
Al ₂ O ₃	0,4
CaO	56,5
MgO	1,7
SO ₃	0,06
Lo1	36,1

Sumber : (Damara, 2018).

Limbah karbit atau kapur buangan industri acetilin di golongan dalam jenis kapur padam, memiliki sifat kapur yang sesuai untuk bahan bangunan. Karbit yang diperdagangkan bukan senyawa murni tetapi merupakan campuran yang terdiri dari

CaC₂ kelebihan CaO dan sedikit zat pengotor. Kalsium karbit yang merupakan hasil sampingan pembuatan gas asitelin adalah berupa padatan berwarna putih kehitaman atau keabu-abuan dengan berat jenis sebesar 2,22 gr/ml. Awal dihasilkannya limbah karbit berupa koloid (semi cair) karena gas ini mengandung gas dan air. Setelah 3-7 hari, gas yang terkandung menguap perlahan seiring dengan penguapan gas dan air kapur limbah mulai mengering, berubah menjadi gumpalan-gumpalan yang rapuh dan mudah di hancurkan serta dapat menjadi serbuk (Ali, Karimah, & Meiyanto, 2014).

Menurut Yus Yudyantoro (1998:33) limbah karbit memiliki sifat-sifat fisis menyerupai kalsium hidroksida dalam hal :

- (1) Senyawa kimia terbesar adalah Ca.
- (2) Daya ikat terhadap air cukup tinggi.
- (3) Sifat non plastis karena merupakan bahan berbutir.

Berdasarkan penelitian terdahulu, komposisi kimia terbesar dalam limbah karbit adalah CaO sebesar 56,5% dan SiO₂ 4,3% (Makaratat, 2010 dalam Denny dan Luqman, 2016). Sedangkan komposisi terbesar semen Portland adalah CaO sebesar 60 – 65% dan unsur Si 17 – 25% Material utama dari semen Portland adalah kapur dan silika. Beberapa semen juga mengandung sejumlah kecil Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO dan SO₃ (Sagel dkk, 1997 dalam Yusibani Et al, 2016). Oleh karena itu dilakukan penelitian terhadap kuat tekan beton yang mengganti sebagian semen dengan limbah karbit dan diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan beton.



Gambar 2.8 Limbah Karbit



Gambar 2.9 Limbah Karbit dilingkungan bengkel las

2.3 Pengujian Agregat Kasar dan Halus

Agregat halus harus terdiri dari bahan-bahan yang berbidan kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa terdiri dari pasir bersih, bahan-bahan halus halus hasil pemecah batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering serta memenuhi persyaratan. Sedangkan agregat kasar yaitu agregat yang tertahan pada saringan no.4. Agregat harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, kuat, awet dan bebas dari bahan lainnya yang mengganggu serta

memenuhi persyaratan. Pengujian campuran beton pada agregat meliputi dua pengujian yaitu pengujian berat isi dan berat padat.

2.3.1 Pengujian Kadar Air

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air agregat dengan cara mengringkan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang di kandung agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Percobaan ini digunakan untuk menyesuaikan berat takaran beton apabila terjadi perubahan kadar kelambaban beton. Adapun persamaan dalam menghitung pengujian kadar air adalah sebagai berikut.

$$\text{Kadar air Agregat} = \frac{W3-W5}{W5} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dengan : W3 = berat contoh semula (gram)

W5 = berat contoh kering (gram)

2.3.2 Pengujian Analisis Saringan

Analisis saringan bertujuan untuk mengetahui pembagian butir dari agregat halus yang digunakan. Pengujian ini sesuai dengan standar *British Standard* (B.S) untuk agregat kasar dan ASTM 136-04 untuk agregat halus. Dari hasil pengujian dengan menggunakan saringan ini akan diketahui sebaran dari butiran agregat halus yang digunakan. Pengujian analisa saringan dilakukan dilakukan dengan menggunakan dua buah benda uji dengan hasil yang telah di tampilkan sebelumnya. Menurut ATSM 136-40 pembagian butiran dari agregat kasar dan agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Gambar 2.10 Syarat Mutu Agregat Halus Menurut ASTM C. 33-86

Ukuran lubang ayakan (mm)	Persen lolos kumulatif
9.5	100
4.75	95 – 100
2.36	80 – 100
1.18	50 – 85
0.6	25 – 60
0.3	10 – 30
0.15	2 – 10

Gambar 2.11 Gradasi Kombinasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan		
mm	Inc	Ukuran Maks 10 mm	Ukuran Maks 20 mm	Ukuran Maks 40 mm
75	1			100 - 100
37,5	1,5		100 - 100	95 - 100
19	0,75	100 - 100	95 - 100	35 - 70
9,5	0,375	50 - 85	30 - 60	Oct-40
4,75	0,187	0 - 10	0 - 10	0 - 5

2.3.3 Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis dan absorsi dari agregat bertujuan untuk menentukan berat jenis curah, SSD dan Apparent dari agregat. Disamping itu dari pengujian ini juga akan diketahui besaran nilai absorsi dari agregat.

Pada tahapan rancang campuran, berat jenis yang akan digunakan adalah berat jenis SSD, karena pada kondisi ini akan sama dengan kondisi agregat pada saat pengecoran beton. Kondisi SSD digunakan karena pada kondisi ini kandungan air pada agregat jenuh (mengisi seluruh pori-pori), namun air tidak ada yang berada pada butiran agregat, sehingga pada pengecoran, air yang digunakan tidak lagi diserap oleh agregat dan tidak ada air tambahan yang berasal dari celah antara butiran agregat.

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungan ada dua jenis yaitu persamaan agregat halus dan kasar, berat jenis dan penyerapan (absorsi) air adalah sebagai berikut ;

a) Persamaan menurut ASTM C-128-01.

$$\text{Berat jenis permukaan kering jenuh} = \frac{Ba}{B+Ba-Bt} \quad (2.2)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \quad (2.3)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Ba-Bk}{Bk} \times 100\% \quad (2.4)$$

Keterangan :

Bk = berat benda uji kering oven, dalam gram

B = berat piknometer berisi air, dalam gram

Bt = berat piknometer berisi benda uji dan air, dalam gram

Ba = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram.

b) Persamaan menurut ASTM C-127.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{Bj-Ba} \quad (2.5)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{Bj}{Bj-Ba} \quad (2.6)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{Bk-Ba} \quad (2.7)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Bj-Bk}{Ba} \times 100\% \quad (2.8)$$

Keterangan:

Bk = berat benda uji kering oven, dalam gram

B j = berat benda ujikering permukaan, jenuhdalamgram

Ba = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh didalamair, dalam gram

2.3.4 Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos No.200

Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 (0,0075mm) adalah banyaknya bahan yang lolos saringan no. 200 sesudah agregat dicuci sampai air cucian menjadi jenuh. Tujuan ini adalah untuk memperoleh persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200, sehingga berguna bagi perencanaan dan pelaksanaan. Rumus yang digunakan adalah :

$$\text{Berat kering benda benda uji awal : } W_3 = W_1 - W_2 \quad (2.9)$$

$$\text{Berat kering benda uji sesudah pencucian : } W_5 = W_4 - W_2 \quad (2.10)$$

$$\text{Bahan lolos saringan no. 200 : } W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100 \quad (2.11)$$

Keterangan :

$$W_1 = \text{berat kering benda uji + wadah (gram)}$$

$$W_2 = \text{berat wadah (gram)}$$

$$W_3 = \text{berat kering benda uji awal (gram)}$$

$$W_4 = \text{berat kering uji sesudah pencucian + wadah (gram)}$$

$$W_5 = \text{berat kering benda uji sesudah pencucian (gram)}$$

$$W_6 = \% \text{ bahan lolos saringan no. 200}$$

2.4 Rancangan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunannya. Karena bahan penyusun tersebut akan menyebabkan variasi dari produk beton yang dihasilkan. Pada dasarnya perencanaan campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proposi campuran bahan yang optimal dengan kekuatan yang maksimum.

Pengertian optimal adalah penggunaan bahan yang minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria standar dan ekonomis dilihat dari biaya keseluruhan untuk membuat struktur beton tersebut.

Penentuan proposi campuran dapat digunakan dengan beberapa metode yang dikenal, antara lain :

1. Metode American Concrete Institute
2. Portland Cemen Association
3. Road Note No. 4
4. British Standard Departement Ofengineering)
5. Departemen Pekerjaan Umum (SK.SNI.T-15-1990-03)

Metode American Concrete Institute (ACI) mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonominya 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).

Menurut SNI T.15-1990-03 beton yang digunakan pada rumah tinggal atau untuk penggunaan beton dengan kekuatan tekan tidak melebihi 10 MPa sesuai dengan teori perencanaan proporsi campuran adukan beton, pembuatan beton boleh menggunakan campuran dengan perbandingan volume 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil dengan slump tidak lebih dari 100 mm.

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk merancang suatu campuran beton adalah metode Departemen Pekerjaan Umum (SNI 03-2834-2000). Berikut langkah-langkah perancangan beton normal Metode Departemen pekerjaan Umum (SNI 03-2834-2000).

2.4.1 Kuat Tekan Beton Yang Disyaratkan

Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur yang direncanakan dan kondisi setempat pada umur 28 hari. Berikut ini merupakan mutu suatu beton dan penggunaannya :

Gambar 2.12 Mutu Beton Dan Penggunaannya

Jenis Beton	f_c' (MPa)	b_k' (Kg/cm ²)	Uraian
Mutu Tinggi	$x \geq 45$	$x \geq K500$	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang, beton prategang, gelagar beton prategang, plat beton prategang dan sejenisnya
Mutu Sedang	$20 \leq x < 45$	$K250 \leq x < 500$	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti plat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerib beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan, perkerasan beton semen.
Mutu Rendah	$15 \leq x < 20$	$K175 \leq x < K250$	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar, dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	$10 \leq x < 15$	$K125 \leq x < K175$	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

2.4.2 Deviasi Standar

Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Penetapan nilai deviasi standar ini berdasarkan hasil

pengalaman praktek pelaksanaan pada waktu yang lalu, untuk membuat beton mutu yang sama dan menggunakan bahan dasar yang sama pula.

- a) Jika pelaksanaan mempunyai catatan data hasil pembuatan serupa pada masa yang lalu, maka persyaratan (selain yang tersebut diatas) jumlah data hasil uji minimum 30 buah. Satu hasil uji kuat tekan adalah hasil rata-rata dari hasil uji tekan dua silinder yang dibuat dari contoh beton yang sama dan diuji pada umur 28 hari atau umur pengujian lain yang di tetapkan. Jika data hasil kurang 30 buah maka, dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali, seperti pada tampak tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6 Faktor Pengali Deviasi Standar (s)

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Diviasi Damara. (2018). <i>Pengaruh Penambangan Limbah B3 pada Kuat Mutu Beton K-175 Universitas Lamongan.</i> Tjokrodinuljo. (1996). <i>Pemanfaatan Limbah Batu Bara (fly ash) PLTU HOLTEKAM Jaya Pura Sebagai Bahan Semen Terhadap Mutu Beton Normal.</i> Yogyakarta: Nafiri. Standar
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 atau lebih	1.0

Sumber : SK.SNI T-15-1990-03

- b) Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan atau hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data uji kuran dari 15 buah), maka nilai margin langsung diambil sebesar 12 MPa. Untuk memberikan

gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton, dapat melihat tabel 2.7 berikut :

Tabel 2.7 Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	(MPa)
Sangat Memuaskan	2.8
Memuaskan	3.5
Baik	4.2
Cukup	5.0
Jelek	7.0
Tanpa Kendali	8.4

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.4.3 Perhitungan Nilai Tambah “Margin” (M)

Jika nilai tambah ini sudah ditetapkan sebesar 12 MPa (karena tidak mempunyai data sebelumnya) maka langsung ke langkah (4). Jika nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standar s_d maka dilakukan dengan rumus berikut:

$$M = k \times s_d \quad (2.12)$$

Dengan : M : nilai tambah (MPa)

K : 1,64

S_d : deviasi standar (MPa)

2.4.4 Kuat Tekan Rata-rata

Kuat tekan beton rata – rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus :

$$f'_{a} = f'_{c} + M \quad (2.13)$$

dengan : f'_{a} : kuattekan rata-rata (MPa)

f'_{c} : kuattekan yangdisyaratkan (MPa)

M : nilai tambah (MPa)

2.4.5 Penetapan Jenis Semen Portland

Menurut SNI 0013-18 di Indonesia semen portland dibedakan menjadi lima jenis yaitu : jenis I,II,III,IV,V.

Tabel 2.8 Tipe Semen Dan Fungsinya

Tipe Semen	Deskripsi
I	Semen Portland adalah jenis yang umum (PC umum), itu adalah sejenis Penggunaannya pada bangunan beton umum tidak Atribut khusus diperlukan, seperti trotoar, pasangan bata, dll.
II	Perubahan Semen Portland Biasa Semen portland). Semen ini memiliki lebih banyak panas hidrasi Lebih rendah dari Tipe I. Semen ini digunakan dalam konstruksi Tebal seperti pilar, silinder, dll.
III	Semen portland berkekuatan awal tinggi (berkekuatan awal tinggi komputer pribadi). Jenis ini akan menghasilkan beton yang sangat kuat Dalam waktu singkat biasanya digunakan untuk struktur Penggunaan darurat, seperti memperbaiki jalan beton.
IV	Semen portland dengan panas hidrasi rendah (PC panas rendah). tipe ini Ini adalah jenis khusus yang panas hidrasinya serendah- rendah. Digunakan pada bangunan beton besar, seperti Dam dll.
V	Semen Portland tahan sulfat (PC tahan sulfat). Jenis komputer yang mana Didedikasikan untuk bangunan Industri kimia yang terpapar sulfat, dll.

Sumber: SNI 03-2834-2000

2.4.6 Penetapan Jenis Agregat

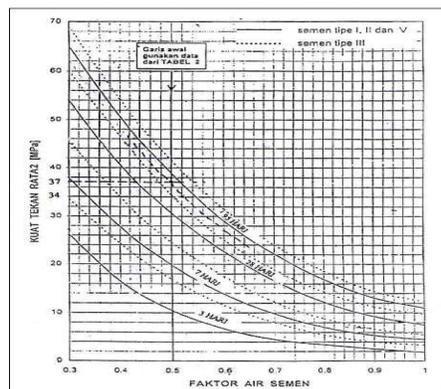
Jenis krikil dan pasir di tetapkan, apakah berupa agregat alami (tidak dipecahkan) atau agregat jenis batu pecah (*crushed aggregate*).

2.4.7 Faktor Air Semen Bebas

Berdasarkan semen jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu ditetapkan faktor nilai air semen dengan Tabel 2.9 dan Gambar 2.3.

Tabel 2.9 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) Dengan Faktor Air Semen 0,50

Jenis Semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk benda uji
		Umur (hari)				
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I	Batu tak di pecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe II dan IV	Batu tak di pecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak di pecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak di pecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2.13 Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Benda Uji Silinder

Langkah penetapannya dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a) Lihat Tabel 2.4, dan data Jenis semen, jenis agregat kasar dan Umur beton. Bila perlu, baca perkiraan kuat tekan silinder beton sebagai berikut. Jika koefisien air semen 0,50 digunakan, nilai ini dapat diperoleh.

- b) Lihat Gambar 2.1, lakukan titik A gambar 1 pecahan Koefisien air semen 0,50 (disajikan dalam absis) dan kuat tekan beton di peroleh dari tabel 2.9 (dinyatakan dalam absis) sumbu Y). Pada titik A, buat grafik baru sama dengan 2 grafik yang berdekatan.

Lanjut lukisan garis horisontal dari sumbu jukur si kiri di kuat tekan nilai rata-rata yang diharapkan sampai angka baru dipotong. Dari perspektif Kemudian gambar garis potong ke bawah untuk memotong sumbu Level untuk mendapatkan nilai faktor air semen.

2.4.8 Penetapan Faktor Air Semen Maksimum

Penetapan nilai faktor air semen (FAS) maksimum dilakukan dengan tabel 2.10 jika nilai faktor air semen ini lebih rendah dari pada nilai faktor air semen dari langkah sebelumnya, maka nilai faktor air semen maksimum ini yang dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 2.10 Persyaratan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Pembetonan Khusus

Kondisi Lapangan	Nilai Faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling no korosif	0.60
b. Keadaan keliling korosif di sebabkan	0.52
Beton di luar ruangan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0.55
b. Mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	Lihat tabel 2.9
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. air tawar dan air laut	Lihat tabel 2.10

Tabel 2.11 Faktor Air Semen Untuk Beton Bertulan Dalam Air

Berhubungan dengan	Tipe Semen	Faktor air Semen
Air tawar	Semua tipe I s.d V	0.50
Air payau	Tipe I + Pozolan 15-40% atau (semen porland Pozolan)	0.45
	Tipe II atau V	0.50

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.4.9 Penetapan Nilai Slump

Nilai slump yang diinginkan dapat dilihat dari Tabel 2.12

Tabel 2.12 Penetapan Nilai Slump (cm)

Pemakaian Beton	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan stuktur di bawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasaan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.4.10 Ukuran Agregat Maksimum

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan hasil uji gradasi agregat kasar yang telah dilakukan, dan ditetapkan sesuai dengan spesifikasi yang telah memenuhi syarat.

2.4.11 Nilai Kadar Air Bebas

Penetapan Kadar Air Bebas/jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan dapat dilihat dari Tabel 2.13 berikut ini :

Ukuran besar butir agregat maksimum (mm)	Jenis agregat	Nilai Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250

20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Tabel 2.13 Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m³)

Dari tabel diatas apabila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus :

$$\text{Kadar air bebas} = 2/3 W_h + 1/3 W_k \quad (2.14)$$

Keterangan : W_h = Jumlah air untuk agregat halus

W_k = Jumlah air untuk agregat kasar

2.4.12 Jumlah Semen Yang Diperlukan

Berat semen per m³ dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah 11) dengan faktor air semen yang diperoleh pada langkah 7 dan 8.

Tabel 2.14 Kebutuhan Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan Dan Lingkungan Khusus

Kondisi Lapangan	Jumlah semen minimum (kg/m ³ beton)	FAS mas
Beton di dalam ruangan bangunan a. Keadaan keliling noY korosif	275	0,60
Kondisi Lapangan	Jumlah semen minimum (kg/m ³ beton)	FAS mas
b. Keadaan keliling korosif di sebabkan oleh kondensi atau uap-uap korosif	325	0,52

Beton di luar ruangan :	325	0,60
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung		
Beton yang masuk ke dalam tanah :	325	0,55
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti		Lihat tabel 2.9
b. Mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah		
Beton yang selalu berhubungan dengan :		Lihat tabel 2.10
a. air tawar		
b. air laut		

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.4.13 Jumlah Semen Minimum

Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus. Kebutuhan semen minimum ditetapkan dengan Tabel 2.14.

2.4.14 Penyesuaian Kebutuhan Semen

Apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari langkah 12 ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum (pada langkah 13), maka kebutuhan semen minimum dipakai yang nilainya lebih besar.

2.4.15 Penyesuaian Jumlah Air Atau Faktor Air Semen

Jika jumlah semen ada perubahan akibat langkah 14 maka nilai faktor air semen berubah. Dalam hal ini dapat dilakukan dua cara berikut :

- a) Faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.

- b) Jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan faktor air semen.

2.4.16 Penentuan Gradasi Agregat Halus

Berdasarkan gradasinya (lihat analisis ayakan), agregat halus yang dipakai dapat diklasifikasikan menjadi 4 daerah. Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang terdapat dalam Tabel 2.15.

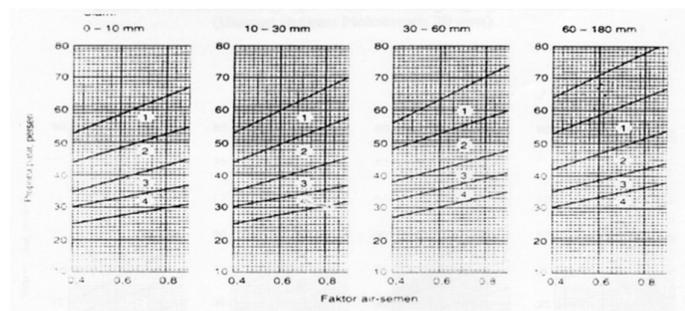
Tabel 2.15 Batas Gradasi Agegat Halus

No Saringan (mm)	Persen berat butir yang lewat saringan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	01-10	0-15

Sumber : SNI 03-2834-2000

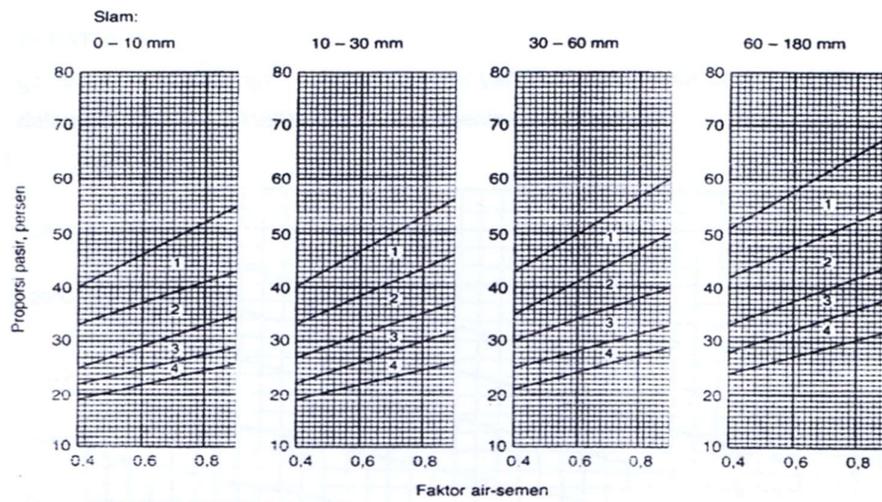
2.4.17 Perbandingan Agregat Kasar Dan Agregat Halus

Cara untuk memmentukanya dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data dan grafik pada Gambar 2.14 atau Gambar 2.15 atau Gambar 2.16.



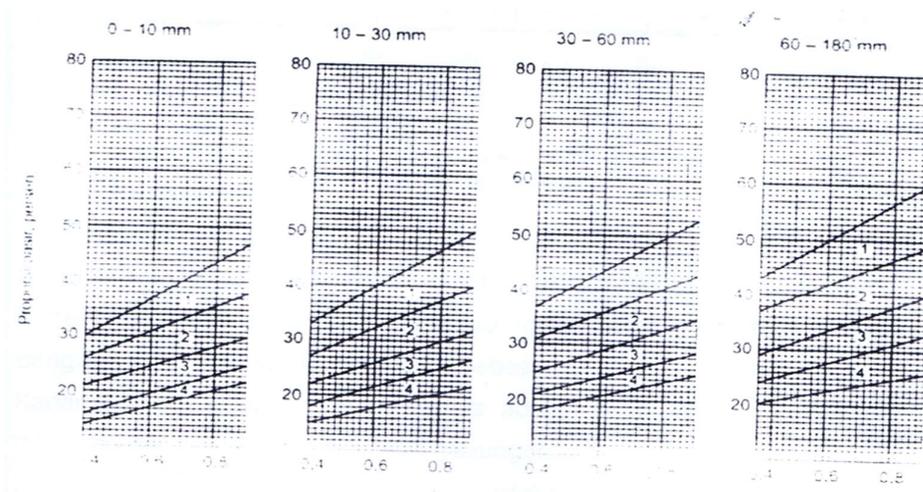
Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2.14 Grafik Persentase Agregat Halus Terhadap Agegat Untuk Ukuran Butiran Maksimum 10mm



Gambar 2.15 Grafik Persentase Agregat Halus Terhadap Agegat Untuk Ukuran Butiran Maksimum 20mm

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2.16 Grafik Persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Untuk Ukuran Butiran Maksimum 40mm

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.4.18 Berat Jenis Dan Agregat Campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$Bj_{camp} = \frac{P}{100} \times Bj_{ag.hls} + \frac{K}{100} \times Bj_{ag.ksr} \quad (2.15)$$

Dengan : Bj_{camp} : Berat jenis agregat campuran

$Bj_{ag.hls}$: berat jenis agregat halus

$Bj_{ag.ksr}$: berat jenis agregat kasar

P : Persentase ag.halus terhadap ag. Campuran

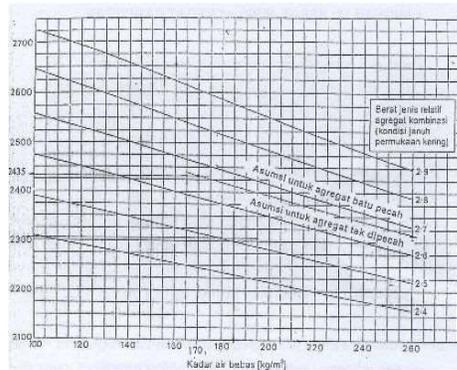
K : Persentase ag.kasar terhadap ag. Campuran

2.4.19 Berat Isi Beton

dengan grafik 2.17 dapat diperkirakan berat jenis betonnya. Caranya adalah sebagai berikut :

1. Dari berat jenis agregat campuran pada langkah 18 dibuat garis miring berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis miring yang paling dekat dengan garis pada Gambar 2.17.
2. Kebutuhan air yang diperoleh pada (langkah 11) dimasukkan dalam sumbu horizontal pada Gambar 2.17, kemudian dari titik ini ditarik vertikal ke atas sampai mencapai garis miring yang dibuat pada cara sebelumnya.

3. Dari titik potong ini kemudian ditarik garis horizontal ke kiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2.17 Grafik Penentuan Berat Isi Beton

2.4.20 Kebutuhan Agregat Campuran

Kebutuhan agregat campuran dapat dihitung dengan rumus :

$$W_{\text{campuran}} = W_{\text{beton}} - A - S \quad (2.16)$$

Dengan : W_{campuran} : kebutuhan agregat campuran (kg)

W_{beton} : berat beton (kg/m^3)

A : Kebutuhan Air (litr)

S : kebutuhan semen (kg)

2.4.21 Kebutuhan Agregat Halus

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan cara mengalikan kebutuhan agregat campuran dengan persentase berat agregat halusnya.

$$W_{\text{pasir}} = \frac{P}{100} \times W_{\text{campuran}} \quad (2.17)$$

Dengan : W_{pasir} : kebutuhan agregat pasir(kg)

W_{campuran} : kebutuhan agregat campuran (kg)

P : persentase pasir terhadap campuran

2.4.22 Kebutuhan Agregat Kasar

Kebutuhan agregat dihitung dengan cara mengurangi kebutuhan agregat campuran dengan kebutuhan agregat halus.

$$W_{\text{krk}} = W_{\text{campuran}} - W_{\text{pasir}} \quad (2.18)$$

Dengan : W_{kerikil} : kebutuhan agregat kerikil (kg)

W_{pasir} : kebutuhan agregat pasir (kg)

W_{campuran} : kebutuhan agregat campuran (kg)

2.4.23 Koreksi Proposi Campuran Beton

Setelah rancangan campuran beton selesai , perlu di ingat bahwa yang akan digunakan dalam campuran beton adalah kondisi apa adanya (keadaan jenuh kering-muka) , sehingga harus ada penyesuaiann dengan rancangan yang sudah di buat, maka dilakukan koreksi terhadap kebutuhan bahannya.koreksi harus dilakukan minimum satu kali sehari.

Hitungan koreksi dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Air} : A - \frac{Ah-A1}{100} \times B - \frac{Ak-A2}{100} \times C \quad (2.19)$$

$$\text{Agregat Halus} : B + \frac{Ah-A1}{100} \times B \quad (2.20)$$

$$\text{Agregat Kasar} : C + \frac{A_h - A_1}{100} \times C \quad (2.21)$$

Dengan :

- A : jumlah kebutuhan air (liter/m³)
 B : jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m³)
 C : jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m³)
 A_b : kadar air sesungguhnya dalam agregat halus (%)
 A_k : kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar (%)
 A₁ : kadar air pada agregat halus jenuh muka (%)
 A₂ : kadar air pada agregat kasar jenuh kering muka (%)

Untuk mempermudah pelaksanaan, berikut ini diberikan Tabel formulir perencanaan campuran beton di bawah ini:

Tabel 2.16 Formulir Perencanaan Beton

No	Uraian	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan yang di syaratkan	Ditetapkan	....	Mpa
2	Deviasi Standar	Tabel 2.4	....	Mpa
3	Nilai Tambah (Margin)	M=k.S	....	Mpa
4	Kuat tekan rata-rata yang di targetkan	(1)+(3)	....	Mpa
5	Jenis Semen	Type	....
		Berat Isi	....
		Berat Jenis	....
		Kadar Air	....
6	Jenis Agregat Kasar	Agregat pecah maks	....
		Berat isi	....
		Berat jenis	....
		Kadar Air	....
7	Jenis Agregat Halus	Pasir gradas tipe	....
		Berat isi	....
		Berat jenis	....
		Kadar air	....

No	Uraian	Keterangan	Nilai	Satuan
8	Faktor air semen bebas (ambil nilai terendah)	Tabel 2.7 & Gambar 2.1	....
9	Faktor Air Semen Maksimum	Tabel 2.8	....
10	Derajat Pengerjaan (Slump)	Ditetapkan	....	mm
11	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan	....	mm
12	Kadar Air Bebas	Tabel 2.12	....	Kg/m ³
13	Jumlah Semen	(12) : (8)	....	Kg/m ³
14	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	....	Kg/m ³
15	Jumlah semen minimum	Tabel 2.13	....	Kg/m ³
16	Faktor Air Semen Yang di Sesuaikan	Ditetapkan	....
17	Susunan Besar Butir Agregat Halus	Tabel 2.14	....
18	Persen Agregat Kasar	100 – Persen halus	....	%
19	Persen Agregat Halus	Gambar 2.2 – Gambar 2.4	....	%
20	Berat Jenis Relatif Agregat Gabungan	Diketahui	....
21	Berat Isi Beton (Basah)	Gambar 2.5	....	Kg/m ³
22	Berat Agregat Gabungan	(20) – (12) – (11)	....	Kg/m ³
23	Berat Agregat Halus	(19) x (22)	....	Kg/m ³
24	Berat Agregat Kasar	(22) – (23)	....	Kg/m ³

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.5 Kuat Tekan

Beton bersifat plastis dan basah saat pemulaan dibuat kemudian secara perlahan-lahan berubah menjadi keras dan kaku seperti batu. Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat.

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur

yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton dengan kuat tariknya tidak berbanding lurus.

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Kuat tekan beton dapat dicari dengan rumus ;

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.22)$$

Dimana, σ = kuat tekan (N/mm²),

A = luas permukaan kubus (mm²),

P = beban (N).

2.5.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kuat Tekan

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor selain oleh perbandingan air-semen dan tingkat kepadatannya. Faktor-faktor penting lainnya yaitu:

1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton. Jika jenis semen yang dipakai berbeda maka kuat tekan beton dan kuat lenturnya pun berbeda, seperti pada penelitian yang akan dilaksanakan jenis semen yang digunakan yaitu jenis semen Portland type 1 yang diperuntukan untuk bangunan sederhana, di aplikasikan ke rendaman air payau yang mengandung garam yang lebih tepat menggunakan jenis semen Portland type IV.

2. Jenis dan lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun kuat lentur.
3. Efisiensi dari perawatan , kehilangan kekuatan sampai 40 % dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji.
4. Suhu. Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat-hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
5. Umur. Pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya. Kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai bertahun-tahun.