

BAB 2

LANDASAN TEORI

1.1 Pengertian Umum

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (admixture) (SNI 2847-2013).

Beton merupakan material yang menyerupai batu diperoleh dengan membuat suatu campuran. Campuran dengan proporsi tertentu dari semen, pasir dan agregat lainnya dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Salah satu kekuatan beton adalah termasuk bahan yang berkekuatan tinggi. Bila dibuat dengan cara yang baik, kuat tekannya dapat sama dengan batuan alami (Tjokrodinuljo,1996).

Beton telah lama digunakan sebagai material konstruksi karena kelebihanannya seperti kemudahan dalam menemukan material penyusun dan serta sifat properties beton yang sangat baik. Untuk mendapatkan kekuatan maksimum pada beton maka diperlukan pengenalan terhadap proses pembuatan beton dan sifat material penyusun beton (Popovics, 1992).

1.2 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.
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.

1.3 Sifat Sifat Campuran Beton

1.3.1 Kemudahan pengerjaan (workability)

- a Sifat ini merupakan ukuran tingkat kemudahan beton segar untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan serta tidak terjadi pemisahan /segregasi. Sifat ini dipengaruhi oleh perbandingan bahan-bahan dan sifat bahan-bahan pembentuk beton secara bersama-sama
- b Workabilitas sulit didefinisikan dengan tepat, menurut Newman dapat didefinisikan dengan sekurang-kurangnya menunjukkan 3 sifat:
 1. Kompaktibilitas, kemudahan beton dipadatkan, udara dikeluarkan
 2. Mobilitas, kemudahan beton mengisi acuan dan membungkus tulangan
 3. Stabilitas, kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen, koheren dan stabil selama dikerjakan dan dipadatkan/ digetarkan tanpa terjadi segreg
- c Tingkat kemudahan pengerjaan (workability) berkaitan erat dengan tingkat kelecakan(keenceran) adukan beton. Makin cair adukan beton maka makin mudah dikerjakan. Untuk mengukur tingkat kelecakan dilakukan pengujian slump(slump test) menggunakan alat Kerucut Abrams. Umumnya nilai slump berkisar 50 –150 mm.
- d. Unsur-unsur yang mempengaruhi workability adalah :

1. jumlah air yang dipakai dalam campuran beton
2. penambahan semen juga meningkatkan kemudahan pengerjaan, karena pasti diikuti penambahan air agar nilai fas tetap
3. gradasi campuran pasir dan kerikil
4. bentuk butir dan tekstur permukaan burir
5. ukuran maksimum butir agregat (> 25 mm)

1.3.2 Waktu Peningkatan (setting time)

Waktu pengikatan merupakan waktu yang dibutuhkan beton untuk merekatkan antara bahan pembentuk beton untuk mengeras beton. Dengan mengurangi kadar air hingga tingkat tertentu, maka waktu pengikatan dapat dipercepat, sehingga beton lebih cepat kering, dan bahan cetakan beton dapat merekat satu sama lain. Waktu pengikatan beton yang cepat sangat membantu untuk meminimalkan waktu konstruksi Dapat mempercepat waktu penyelesaian proyek.

1.3.3 Kedap Air

Beton biasanya memiliki rongga yang disebabkan oleh gelembung udara yang terbentuk selama atau setelah selesainya pencetakan, atau merupakan ruangan yang berisi air yang tidak tercampur sempurna dengan semen selama pengerjaan. Jika suhu air naik, pasti air akan menguap. Kantong udara terbentuk di beton. Rongga udara inilah tempat air masuk dan keluar dari beton.

1.3.4 Keuntungan dan Kerugian Menggunakan Beton

a Keuntungan menggunakan beton

1. Dibandingkan dengan material lain relatif lebih ekonomis karena menggunakan material lokal (kecuali semen).
2. Memiliki kekuatan tekan yang tinggi, ketahanan korosi dan tahan cuaca.
3. Beton segar mudah ditangani dan dapat dicetak sesuai bentuk dan ukuran yang dibutuhkan, serta cetakannya dapat digunakan kembali.

4. Dikombinasikan dengan batang baja, beton dapat dibuat menjadi struktur berat (koefisien muai dari keduanya hampir sama).
5. Beton segar bisa disemprotkan ke permukaan beton lama, dan retakan kecil juga bisa diperbaiki untuk diperbaiki.
6. Anda dapat memompa beton segar untuk dituangkan di tempat yang sulit.
7. Tahan lama dan tahan api, hampir tidak ada perawatan.
8. Mampu membawa benda berat

b Kerugian menggunakan beton

1. Kekuatan tarik rendah sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberi tulangan baja.
2. Beton segar akan menyusut bila kering, sedangkan beton keras akan mengembang bila basah.
3. Beton keras akan mengembang dan menyusut karena perubahan suhu, sehingga perlu dilakukan sambungan *expansionjoin* untuk mencegah terjadinya retak akibat perubahan suhu.
4. Beton tidak kedap air secara sempurna sehingga air yang mengandung garam dapat merusak beton.
5. Beton bersifat getas (daktilitas rendah) sehingga perlu direncanakan secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi daktai terutama pada struktur tahan gempa.
6. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian tinggi.
7. Berat dan daya pantul suara besar.

1.3.5 Berat Jenis Beton

Beton normal yang dibuat dengan agregat normal (pasir dan kerikil biasa berat jenisnya antara 2,5-2,7) mempunyai berat jenis sekitar 2,3-2,4. Apabila dibuat dengan pasir atau kerikil yang ringan atau diberikan rongga udara maka berat jenis beton dapat kurang dari 2,0. Jenis-jenis beton menurut berat jenisnya dan macam-macam pemakaiannya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Beberapa Jenis Beton Menurut Berat Jenis dan Pemakaiannya

Jenis beton	Berat jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1.00	Non struktur
Beton ringan	1.00 - 2.00	Struktur ringan
Beton normal (biasa)	2.30 - 2.50	Struktur
Beton berat	> 3.00	Perisai sinar X

(Sumber : IR. Kardiyono Tjokrodinuljo, M.E., (2007:77))

1.3.6 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Dalam perhitungan struktur boleh diambil modulus elastisitas beton sebagai berikut :

$$a. \quad E_c = (W_c) 1,5 \cdot 0,043 \sqrt{f'_c} \text{ untuk } W_c = 1,5 - 2,5 \dots \dots \dots (2.1)$$

$$b. \quad E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \text{ untuk beton normal} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana,

E_c = modulus elastisitas beton, MPa.

W_c = berat jenis beton, Kg/dm³.

f'_c = kuat tekan beton, MPa.

1.3.7 Bahan Bahan Campuran Beton

1.3.8 Semen Portland

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10 %, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Semen portland terbuat dari bubuk mineral kristal halus, yang komponen utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Menambahkan air ke mineral ini akan menghasilkan pasta yang, saat dikeringkan, memiliki kekuatan seperti batu.

Bahan baku pembentuk semen adalah :

1. Kapur (CaO) dari batu kapur
2. Silika (SiO_2) dari lempung
3. Aluminium (Al_2O_3) dari lempung

Kandungan kimia semen :

1. Trikalsium Silikat
2. Dikalsium Silikat
3. Trikalsium Aluminat
4. Tetrakalsium Aluminofe
5. Gypsum

Sifat-sifat semen Portland dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1.3.8.1 Sifat Fisika Semen Portland

Sifat-sifat fisika semen portland meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, kekekalan, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi, dan hilangnya pijar.

1.3.8.2 Sifat-Sifat Kimiawi

Sifat-sifat kimiawidari semen Portland meliputi kesegaran semen, sisa yang tak larut (insoluble residu), panas hidrasi semen, kekuatan pasta semen dan faktor air semen. Secara garis besar, ada 4 (empat) senyawa kimia utama yang menyusun semen portland, yaitu :

- a). Trikalsium Silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C3S.
- b). Dikalsium Silikat ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C2S.
- c). Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C3A.
- d). Tertakalsium aluminoferrit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C4AF.

Kandungan senyawa yang terdapat dalam semen memiliki karakter dan peruntukannya yang berbeda- beda tergantung jenis bangunan yang akan dibangun dan karakter lingkungannya. Jenis semen dibagi menjadi lima jenis type , yaitu :

1.3.8.3 Jenis Semen Portland Type I

Jenis semen portland type I mungkin yang paling familiar disekitar Anda karena paling banyak digunakan oleh masyarakat luas dan beredar di pasaran. Jenis ini biasa digunakan untuk konstruksi bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus untuk hidrasi panas dan kekuatan tekan awal. Kegunaan Semen Portland Type I diantaranya konstruksi bangunan untuk rumah permukiman, gedung bertingkat, dan jalan raya. Karakteristik Semen Portland Type I ini cocok digunakan di lokasi pembangunan di kawasan yang jauh dari pantai dan memiliki kadar sulfat rendah.

1.3.8.4 Jenis Semen Portland Type II

Kondisi letak geografis ternyata menyebabkan perbedaan kadar asam sulfat dalam air dan tanah dan juga tingkat hidrasi. Oleh karena itu, keadaan tersebut mempengaruhi kebutuhan semen yang berbeda. Kegunaan Semen Portland Type II

pada umumnya sebagai material bangunan yang letaknya dipinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi, dan bendungan. Karakteristik Semen Portland Type II yaitu tahan terhadap asam sulfat antara 0,10 hingga 0,20 persen dan hidrasi panas yang bersifat sedang.

1.3.8.5 Jenis Semen Portland Type III

Lain halnya dengan tipe I yang digunakan untuk konstruksi tanpa persyaratan khusus, kegunaan semen portland type III memenuhi syarat konstruksi bangunan dengan persyaratan khusus. Karakteristik Semen Portland Type III diantaranya adalah memiliki daya tekan awal yang tinggi pada permulaan setelah proses pengikatan terjadi, lalu kemudian segera dilakukan penyelesaian secepatnya. Jenis semen Portland type III digunakan untuk pembuatan bangunan tingkat tinggi, jalan beton atau jalan raya bebas hambatan, hingga bandar udara dan bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan asam sulfat. Ketahanannya Portland Type III menyamai kekuatan umur 28 hari beton yang menggunakan Portland type I.

1.3.8.6 Jenis Semen Portland Type IV

Karakteristik Semen Portland IV adalah jenis semen yang dalam penggunaannya membutuhkan panas hidrasi rendah. Jenis semen portland type IV diminimalkan pada fase pengerasan sehingga tidak terjadi keretakan. Kegunaan Portland Type IV digunakan untuk dam hingga lapangan udara.

1.3.8.7 Jenis Semen Portland Type V

Karakteristik Semen Portland Type V untuk konstruksi bangunan yang membutuhkan daya tahan tinggi terhadap kadar asam sulfat tingkat tinggi lebih dari 0,20 persen. Kegunaan Semen Potrtland Type V dirancang untuk memenuhi kebutuhan di wilayah dengan kadar asam sulfat tinggi seperti misalnya rawa-rawa, air laut atau pantai, serta kawasan tambang. Jenis bangunan yang membutuhkan jenis ini diantaranya bendungan, pelabuhan, konstruksi dalam air, hingga pembangkit tenaga nuklir. Tetapi dalam penelitian pemilihan jenis semen Portland type 1 dilakukan

untuk mengetahui pengaruh rendaman air yang mengandung garam terhadap beton. yang biasa di gunakan untuk pembangunan pembangunan dimasyarakat.

1.3.9 Air

Didalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yaitu :

1. Untuk memungkinkan reaksi kimiawi semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
2. Sebagai pelincir campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan dalam pencetakan atau pengerjaan beton.

Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ dan lainnya), air laut maupun air limbah juga dapat digunakan asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Tabel berikut ini memberikan kriteria kandungan zat kimiawi yang terdapat dalam air dengan batasan tingkat konsentrasi tertentu yang dapat digunakan dalam adukan beton.

1.3.10 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau juga hasil mesin pemecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat pada beton kira-kira 60% - 70% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton. Sifat yang paling penting dari suatu agregat ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan,

yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan. Agregat yang digunakan dalam campuran beton harus bersih, keras, bebas dari sifat penyerapan secara kimia, tidak bercampur dengan tanah liat/lumpur dan distribusi/gradasi ukuran agregat memenuhi ketentuan yang berlaku.

Gradasi (pembagian distribusi butir, grading) ialah distribusi ukuran butir agregat. Gradasi yang baik dan teratur (continuous) dari agregat halus kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45% dan tertahan ayakan berikutnya. Kebersihan agregat juga akan mempengaruhi dari mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras.

Adapun ketentuan gradasi untuk agregat kasar adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Ketentuan Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Persen Berat Yang Lolos Untuk Agregat					
ASTM	(mm)	Halus	Kasar				
			Ukuran nominal maksimu m 37,5mm				

Ukuran Saringan		Persen Berat Yang Lolos Untuk Agregat					
2"	50,8	-	100	-	-	-	-
1 ½"	38,1	-	90-100	100	-	-	-
1"	25,4	-	-	95-100	100	-	-
¾"	19	-	35-70	-	90-100	100	-
½"	12,7	-	-	25-60	-	90-100	100
3/8"	9,5	100	10-30	-	30-65	40-75	90-100
No 4	4,75	95-100	0-5	0-10	5-25	5-25	20-55
No 8	2,36	80-100	-	0-5	0-10	0-10	5-30
No 16	1,18	50-85	-	-	0-5	0-5	0-10
No 50	0,300	10-30	-	-	-	-	0-5
No 100	0,150	2-10	-	-	-	-	-

Sumber : ASTM C33-86

1.3.11 Pasir

Agregat halus ialah agregat yang semua butir menembus ayakan 4,8 mm (5 mm). Agregat tersebut dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu karena beberapa sebab. Pasir dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai atau dari tepi laut. Oleh karena itu, pasir dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu :

1.3.11.1 Pasir galian

Diperoleh langsung dari permukaan tanpa atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Tetapi biasanya dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara dicuci.

1.3.11.2 Pasir Sungai

Diperoleh dari dasar sungai yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan, daya lekat antar butir agak kurang, karena butirannya bulat. Karena butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok.

1.3.11.3 Pasir Laut

Diambil dari pantai, butiran-butirannya halus dan bulat. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman yang menyerap kandungan air dan udara. Hal ini menyebabkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan.

1.3.12 Bahan Tambah

Bahan tambahan adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang dibubuhkan kedalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifatnya.

1.4 Kaca

Kaca adalah material padat yang bening dan transparan (tembus pandang), biasanya rapuh. Jenis yang paling banyak digunakan selama berabad-abad adalah jendela dan gelas minum. Kaca dibuat dari 75% silikon dioksida (SiO_2), plus Na_2O , CaO dan beberapa zat tambahan. Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Kekhasan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silica (SiO_2) dan proses pembentukannya

Limbah kaca biasanya dipisahkan berdasarkan penggunaan akhirnya, dan berdasarkan penggunaan akhirnya itu kaca dipisahkan berdasarkan warna kaca. Secara garis besar kaca dipisahkan menjadi dua warna:

1. Bening / tidak berwarna, biasanya digunakan sebagai botol minuman ringan.
2. Hijau, biasanya digunakan sebagai botol bir dan wine.

Limbah kaca dapat digunakan sebagai agregat pada campuran beton, hal ini memiliki banyak keunggulan karena dapat mengurangi dampak lingkungan dari limbah kaca. Berikut ini adalah ukuran partikel dari beberapa kaca daur ulang

Reaksi yang terjadi dalam pembuatan kaca secara ringkas adalah sebagai berikut :



Senyawa Kimia dalam Serbuk Kaca

Unsur	Kadar (%)
SiO ₂	61,72 %
Al ₂ O ₃	3,45 %
Fe ₂ O ₃	0,18 %
CaO	2,59 %

Adapun karakteristik serbuk kaca dalam pembuatan beton adalah :

1. Kaca merupakan bahan yang tidak menyerap air atau zero water absorption
2. Kaca tidak mengandung bahan yang berbahaya, sehingga pada saat pengerjaan beton aman bagi manusia
3. Sifat kaca yang tidak menyerap air dapat mengisi rongga-rongga pada beton secara maksimal sehingga beton bersifat kedap air.
4. Serbuk kaca juga dapat digunakan sebagai bahan pengisi pori atau filler, sehingga diharapkan akan diperoleh beton yang lebih padat dengan porositas minimum sehingga kekuatan beton dapat meningkat.

Dalam penelitian ini kaca menjadi substitusi agregat halus karena telah memenuhi syarat sebagai agregat halus menurut SNI 03-6821-2002 adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras
2. Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus di cuci.

1.5 Pengujian Bahan Campuran Beton

Pengujian terhadap bahan-bahan penyusun beton dilakukan untuk memahami sifat-sifat dan karakteristik bahan-bahan tersebut serta untuk menganalisis dampaknya terhadap sifat dan karakteristik beton yang dihasilkan, baik pada kondisi beton segar, beton muda maupun beton yang telah mengeras. Pengujian dilakukan menggunakan alat yang telah tersedia di laboratorium. Pengujian bahan ini meliputi pemeriksaan bahan agregat halus, agregat kasar dan bahan tambah lainnya .

1.5.1 Pengujian Agregat Halus

Agregat halus harus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang 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 hasil pemecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering, serta memenuhi persyaratan dengan menggunakan pengujian sebagai berikut :

1.5.1.1 Pengujian Berat isi

Pengujian berat isi merupakan pengujian untuk menentukan berat isi dan rongga udara dalam agregat halus. Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi. Dalam pengujian berat isi ini menggunakan persamaan sebagai berikut :

Berat isi Agregat B = W_3/V (kg/dm³)

$$\text{Rongga Udara} = \frac{(A - W) - B}{(A \times B)} \times 100$$

Dimana :

$$V = \text{Isi Wadah (dm}^3\text{)}$$

$$A = \text{Bulk Specific gravity agregat (kg/ dm}^3\text{)} \quad B = \text{Berat isi Agregat (kg/ dm}^3\text{)}$$

$$W = \text{Berat isi Air (kg/ dm}^3\text{)}$$

1.5.1.2 Pengujian Kadar Air

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

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{(W_3 - W_5)}{W_5} \times 100\%$$

Dengan: W_3 = Berat contoh semula (gram)

$$W_5 = \text{Berat contoh kering (gram)}$$

1.5.1.3 Pengujian Analisa Saringan

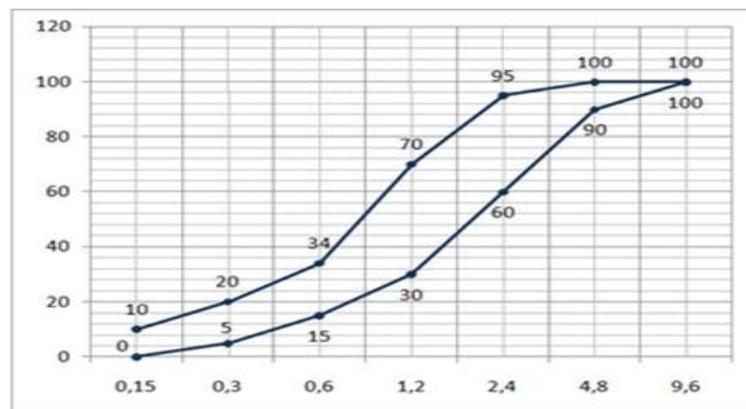
Analisa Saringan bertujuan untuk mengetahui pembagian butiran dari agregat halus yang digunakan, pengujian ini sesuai dengan standar ASTM 136-04. Dari hasil pengujian dengan menggunakan saringan ini akan diketahui sebaran dari butiran agregat halus yang akan digunakan Pengujian. Pengujian analisa saringan dilakukan dengan menggunakan dua buah benda uji, dengan hasil yang telah ditampilkan sebelumnya. Menurut ASTM 136-04 pembagian butiran dari agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Syarat Mutu Agregat Halus

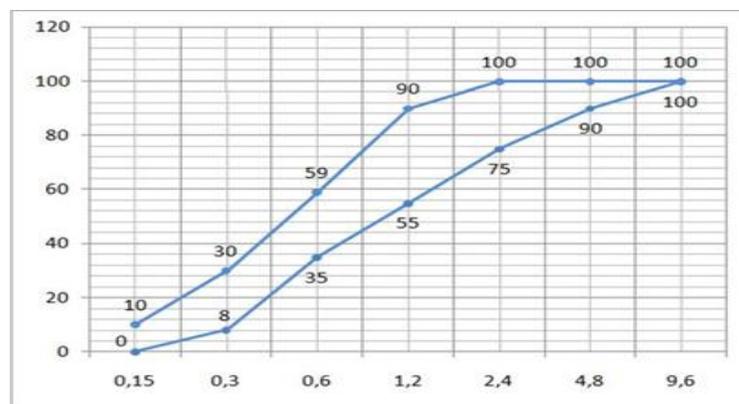
Ukuran lubang ayakan (mm)	Persen lolos kumulatif
9.5	100
4.75	95 – 100
2.36	80 – 100
1.18	50 – 85
0.6	25 – 60
0.3	10 – 30
0.15	2 – 10

Sumber ; ASTM C.33-86

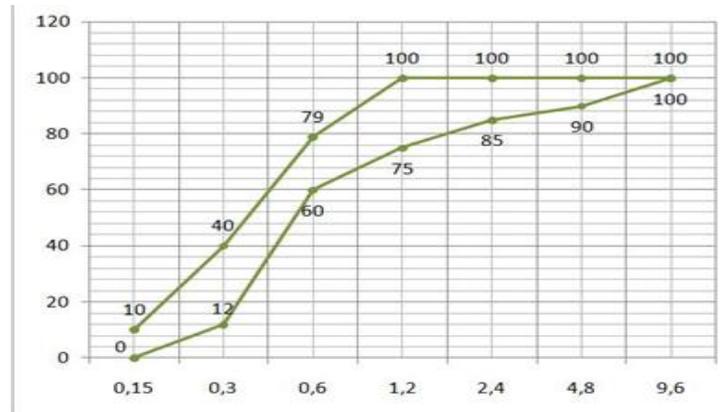
Hasil dari analisa saringan tersebut dapat disajikan kedalam grafik , dan harus memenuhi syarat menurut kurva gradasi agregat agregat halus yang di isyaratkan dalam ASTM sebagai beriku :



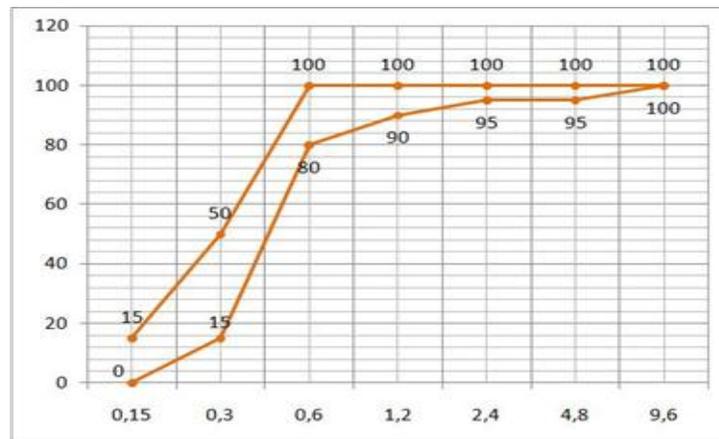
Gambar 2. 1 Kurva Gradasi Agregat Halus Type 1



Gambar 2. 2 Kurva Gradasi Agregat Halus Type 2



Gambar 2. 3 Kurva Gradasi Agregat Halus Type 3



Gambar 2. 4 Kurva Gradasi Agregat Halus Type 4

Selain untuk mengetahui pembagian butiran dari agregat halus, analisa saringan juga berguna untuk mencari besarnya nilai finnes modulus. Jika pada grafik gradasi agregat dapat terlihat pembagian butiran dari agregat halus, maka finnes modulus menggambarkan besarnya ukuran butiran rata-rata pada agregat.

Nilai finnes modulus adalah nilai yang digunakan pada perhitungan rancang campur, namun nilai ini tidak dapat menggambarkan sebaran ukuran butiran agregat sehingga antara gradasi agregat dan finnes modulus merupakan kesatuan yang tidak dapat dipisahkan.

1.5.1.4 Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis dan absorpsi dari agregat halus bertujuan untuk menentukan Berat Jenis Curah, SSD, dan Apparent dari agregat halus, disamping itu dari pengujian ini juga akan diketahui besar nilai absorpsi dari agregat halus. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar ASTM C-128-01.

Pada tahapan rancang campur, 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 diantara butiran agregat, sehingga pada saat pengecoran air yang digunakan tidak lagi diserap oleh agregat dan tidak ada air tambahan yang berasal dari celah antar butiran agregat.

Persamaan – persamaan yang digunakan dalam perhitungan berat jenis dan penyerapan(absorpsi) air adalah sebagai berikut :

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

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Ba-Bk}{Bk} \times 100\%$$

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.

1.5.1.5 Pengujian Gumpalan Lempung

Pengujian ini bertujuan memperoleh persen gumpalan lempung dan butiran butiran mudah pecah dalam agregat halus maupun kasar.

Rumus yang digunakan sebagai adalah berikut :

$$P = \frac{(W - R)}{W} \times 100\%$$

Keterangan :

P = gumpalan lempung dan butir – butir mudah pecah dalam agregat

W = berat benda uji (gram)

R = berat benda uji kering oven yang tertahan pada masing masing ukuran saringan setelah dilakukan penyaringan basah (gram).

1.5.1.6 Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No 200

Pengujian ini bertujuan memperoleh persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm).

Rumus – rumus yang digunakan sebagai adalah berikut :

1. Berat kering benda uji awal

$$W_3 = W_1 - W_2$$

2. Berat kering benda uji sesudah pencucian

$$W_5 = W_4 - W_2$$

3. Bahan lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm)

$$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100$$

Keterangan

W1 = berat kering benda uji + wadah (gram);

W2 = berat wadah (gram);

W3 = berat kering benda uji awal (gram);

W4 = berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gram);

W5 = berat kering benda uji sesudah pencucian (gram);

W6 = % bahan lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm).

1.5.1.7 Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir Untuk Campuran Beton

Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan adanya bahan organik dalam pasir alam yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton.

Pengujian ini adalah untuk mendapatkan angka dengan petunjuk larutan standar atau standar warna yang telah ditentukan terhadap larutan benda uji pasir. Pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam pekerjaan pengendalian mutu agregat.

Warna larutan benda uji lebih gelap dari warna larutan standar atau menunjukkan warna standar lebih besar dari No. 3, maka kemungkinan mengandung bahan organik yang tidak diizinkan untuk bahan campuran mortar atau beton.

1.5.2 Pengujian Agregat Kasar

Agregat asar 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 lain yang mengganggu serta memenuhi persyaratan dengan menggunakan pengujian sebagai berikut :

1.5.2.1 Pengujian Berat Isi

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat isi dan rongga udara dalam agregat kasar. Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi. Dalam pengujian berat isi ini menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat isi Agregat } B = \frac{W_3}{V} \text{ (kg/dm}^3\text{)}$$

$$\text{Rongga Udara} = \frac{(A-W)-B}{(A \times B)} \times 100$$

Dimana :

V = Isi Wadah (dm³)

A = Bulk Specific gravity agregat (kg/ dm³) B = Berat isi Agregat (kg/ dm³)

W = Berat isi Air (kg/ dm³)

1.5.2.2 Pengujian Kadar Air

Pengujian Kadar Air ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air agregat dengan cara mengeringkan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Percobaan ini digunakan untuk menyesuaikan berat takaran beton apabila terjadi perubahan kadar kelembaban beton Adapun persamaan dalam menghitung pengujian kadar air sebagai berikut :

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

Dengan:

W₃ =Berat contoh semula (gram)

W₅ =Berat contoh kering (gram)

1.5.2.3 Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 136 – 95a. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan. Hasil pengujian ini harus memenuhi persyaratan yang sesuai dengan syarat gradasi agregat kasar yang tercantum dalam ASTM C.33-86 .

Tabel 2. 4 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

1.5.2.4 Pengujian Abrasi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin Los Angeles. Keausan agregat tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan no.12 terhadap berat semula, dalam persen dapat di pisahkan.

1.5.2.5 Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis dan absorpsi dari agregat halus bertujuan untuk Menentukan bulk dan apparent specific gravity dan absorpsi dari agregat kasar menurut ASTM C 127, menentukan volume agregat dalam beton. Bahan yang digunakan adalah 10000 gram (2 x 5000 gram) agregat kasar dalam kondisi SSD, diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat. Bahan benda uji lewat saringan no.4 dibuang.

Persamaan – persamaan yang digunakan dalam perhitungan berat jenis dan penyerapan(absorpsi) air adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{Bj - Ba}$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{Bj}{Bj - Ba}$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Bj - Bk}{Ba} \times 100\%$$

Keterangan:

Bk = berat benda uji kering oven, dalam gram

B j = berat bendaujikering permukaan, jenuhdalamgram

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

1.5.2.6 Pengujian Gumpalan Lempung

Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persen gumpalan lempung dan butir- butir mudah pecah dalam agregat halus maupun kasar, sehingga dapat digunakan oleh perencana dan pelaksana pembangunan jalan.

Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{(W - R)}{W} \times 100\%$$

Keterangan :

P = gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat

w = berat benda uji (gram);

R = berat benda uji kering oven yang tertahan pada masing-masing ukuran saringan setelah dilakukan penyaringan basah (gram).

1.5.2.7 Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos No 200

Rumus – rumus yang digunakan sebagai adalah berikut :

1. Berat kering benda uji awal

$$W_3 = W_1 - W_2$$

2. Berat kering benda uji sesudah pencucian

$$W_5 = W_4 - W_2$$

3. Bahan lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm)

$$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100$$

Keterangan

W1 = berat kering benda uji + wadah (gram);

W2 = berat wadah (gram);

W3 = berat kering benda uji awal (gram);

W4 = berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gram);

W5 = berat kering benda uji sesudah pencucian (gram);

W6 = % bahan lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm).

1.6 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 proporsi campuran dapat digunakan dengan beberapa metode yang dikenal, antara lain :

1. Metode American Concrete Institute
2. Portland Cement 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).

1.6.1 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 :

Tabel 2. 5 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,gelar beton prategang,plat beton prategang dan sejenisnya
Mutu Sedang	$20 \leq x \leq 45$	$K250 \leq x \leq 500$	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti plat lantai jembatan., gelagar beton bertulang,diagfragma,kereb 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.

1.6.2 Deviasi Standar

Devinisi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Penetapan nilai deviasi standar(s) 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 beton serupa pada masa yang lalu, maka persyaratan (selain yang tersebut diatas) jumlah data hasil uji minimum 30 buah. (Satu data hasil uji kuat tekan adalah hasil rata-rata dari uji tekan dua silinder yang dibuat dari contoh beton yang sama dan diuji pada umur 28 hari atau umur pengujian lain yang ditetapkan. Jika jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka, dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali, seperti tampak pada tabel 2.6 berikut :

Tabel 2. 6 Faktor Pengali Deviasi Standar (s)

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,0

Sumber : Tabel 1, 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 hasil uji kurang 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

1.6.3 Perhitungan Nilai Tambah “Margin” (M)

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

$$M = k \times s_d$$

Dengan : M : nilai tambah (MPa)
 K : 1,64
 s_d : deviasi standar (MPa)

1.6.4 Kuat Tekan Rata - Rata

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

$$f'_a = f'_c + M$$

dengan : f'_a : kuattekan rata-rata(MPa)
 f'_c : kuattekan yangdisyaratkan (MPa)
 M : nilai tambah (MPa)

1.6.5 Penetapan Jenis Semen Portland

Menurut SII 0013-18 di Indonesia semen Portland dibedakan menjadi 5 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, pemasangan 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

1.6.6 Penetapan Jenis Agregat

Jenis kerikil dan pasir ditetapkan, apakah berupa agregat alami (tidak dipecahkan) atau agregat jenis batu pecah (crushed aggregate)

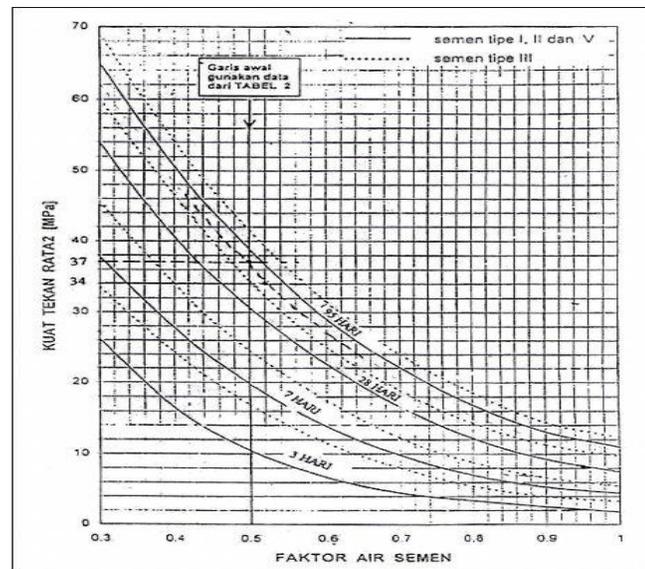
1.6.7 Faktor Air Semen Bebas

Berdasarkan jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan Tabel 2.9 dan Gambar 2.5

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 dipecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe II dan IV	Batu tak dipecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-2000



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2. 5 Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Kekuatan Tekan Beton Untuk Benda Uji Silinder

Langkah penetapannya dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a Lihat Tabel 2.6, dan data Jenis semen, jenis agregat kasar dan Umur beton Bila perlu, baca perkiraan kuat tekan silinder beton sebagai Jika koefisien air semen 0,50 digunakan, nilai ini dapat diperoleh.
- b Lihat Gambar 2.5, lakukan titik A Gambar 1 pecahan Koefisien air semen 0,50 (Disajikan dalam absis) dan kuat tekan beton diperoleh dari Tabel 2.9 (dinyatakan dalam absis) Sumbu Y). Pada titik A, buat grafik baru Sama dengan 2 grafik yang berdekatan.
- c Lanjut lukisan garis horisontal dari sumbu jujur 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.

1.6.8 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 :	

Kondisi Lapangan	Nilai Faktor air semen maksimum
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 2.11
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. air tawar dan air laut	Lihat tabel 2.12

Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2. 11 Faktor Air-Semen Maksimum Untuk Beton Yang Berhubungan Dengan Air Tanah Yang Mengandung Sulfat

Konsentrasi sulfat (SO ₂)			Jenis Semen	Faktor air semen maksimum
Dalam Tanah		SO ₃ dalam air tanah (gr/ltr)		
Total SO ₃ %	SO ₃ dalam campuran air : tanah = 2:1 (gr/ltr)			
<0.2	<1.0	<0.3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	0.50

Konsentrasi sulfat (SO ₂)			Jenis Semen	Faktor air semen maksimum
Dalam Tanah		SO ₃ dalam air tanah (gr/ltr)		
Total SO ₃ %	SO ₃ dalam campuran air : tanah = 2:1 (gr/ltr)			
0.2-0.5	1.0-1.9	0.3-1.2	Tipe I tanpa Pozolan	0.50
			Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen portland Pozolan	0.55
0.5-1.0	1.9-3.1	1.2-2.5	Tipe II dan V Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen Portland Pozolan Tipe II dan V	0.45
1.0-2.0	3.1-5.6	2.5-5.0	Tipe II dan V Tipe II atau V dan lapisan Pelindung	0.45
> 2.0	>5.6	>5.0		0.45

Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2. 12 Faktor Air-Semen Untuk Beton Bertulang 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 portland Pozolan)	0.45
	Tipe II atau V	0.50
Air laut	Tipe II atau V	0.45

Sumber : SNI 03-2834-2000

1.6.9 Penetapan Nilai Slump

Nilai slump yang diinginkan dapat di lihat dalam Tabel 2.13

Tabel 2. 13 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

1.6.10 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. .

1.6.11 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 2.14 berikut ini :

Tabel 2. 14 Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m³)

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

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 :

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$$

Keterangan :

W_h = Jumlah air untuk agregat halus

W_k = Jumlah air untuk agregat kasar

1.6.12 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. 15 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 no korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif di sebabkan oleh kondensi atau uap-uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah		Lihat tabel 2.11
Beton yang selalu berhubungan dengan :		
a. air tawar		Lihat tabel 2.12
b. air laut		

Sumber : SNI 03-2834-2000

1.6.13 Jumlah Semen Minimum

Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus. Kebutuhan semen minimum ditetapkan dengan Tabel 2.15.

1.6.14 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.

1.6.15 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

1.6.16 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 2.16

Tabel 2. 16 Batas Gradasi Agregat Halus

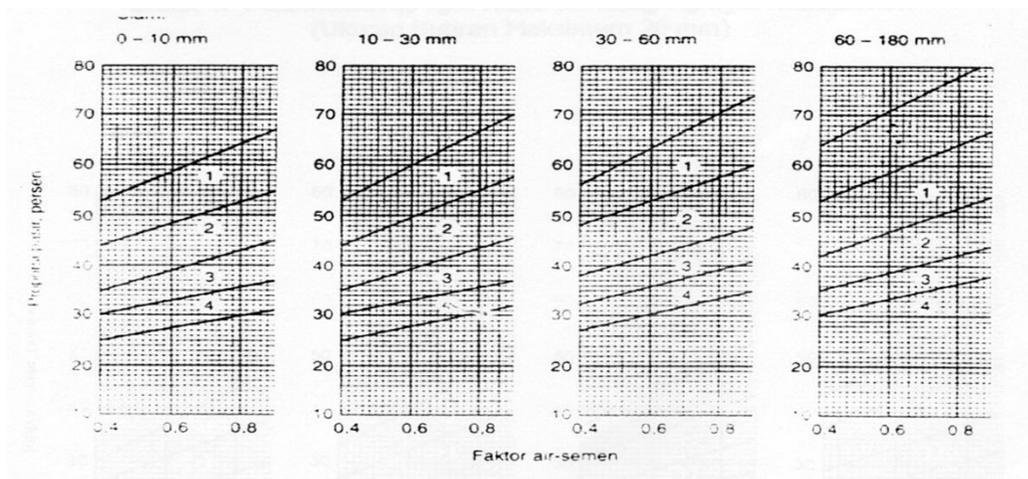
No Saringan (mm)	Persen berat butir yang lewat saringan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100

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

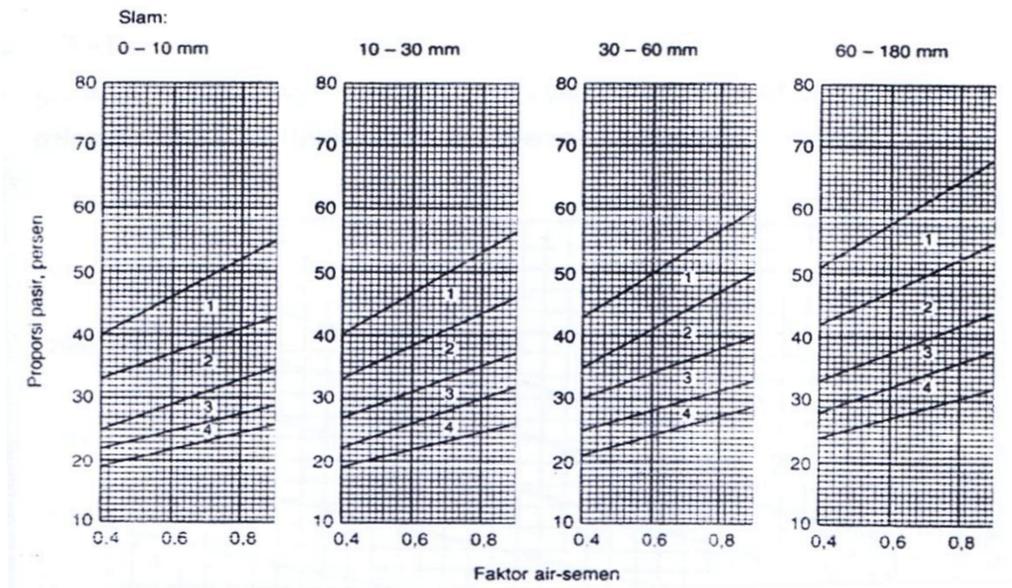
1.6.17 Perbandingan Agregat Halus Dan Agregat Kasar

Cara untuk memnentukanya dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data dan grafik pada Gambar 2.6 atau Gambar 2.7 atau Gambar 2.8



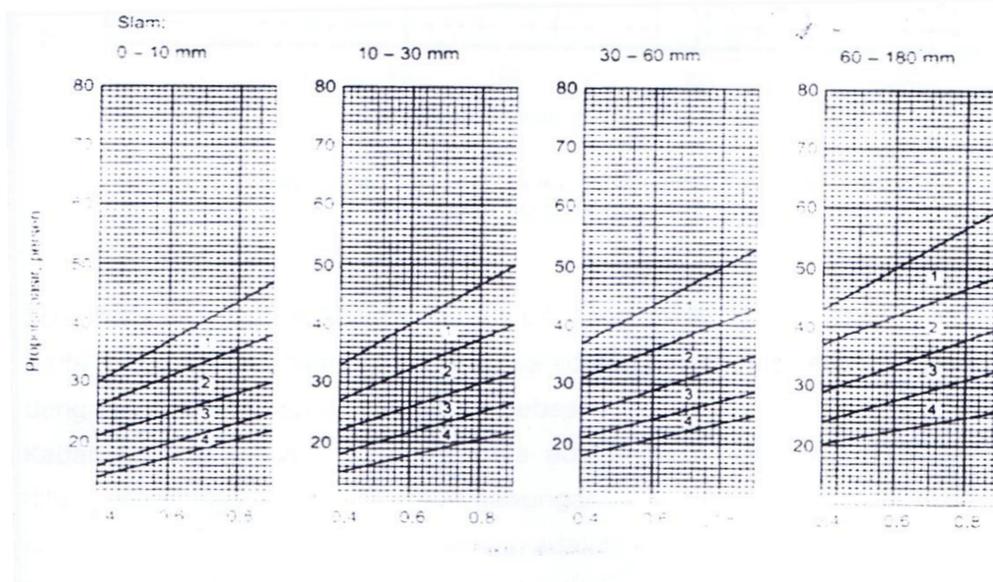
Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2. 6 Grafik persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2. 7 Grafik Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 20mm



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2. 8 Grafik Persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 40 mm

1.6.18 Berat Jenis Agregat Campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

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

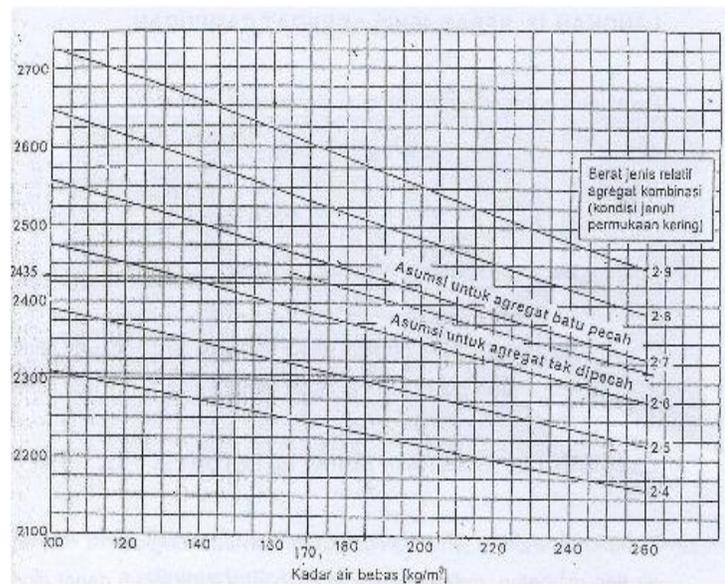
Dengan :

- 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

1.6.19 Berat isi Beton

Berat isi beton ini bisa dicari dengan data berat jenis agregat campuran (langkah 18) dan kebutuhan air tiap m³ beton, maka dengan grafik 2.9 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 2.9
2. Kebutuhan air yang diperoleh pada (langkah 11) dimasukkan dalam sumbu horizontal pada Gambar 2.9, 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. 9 Grafik Penentuan Berat Isi Beton

1.6.20 Kebutuhan Agregat Campuran

Kebutuhan agregat campuran dapat dihitung dengan rumus :

$$W_{\text{campuran}} = W_{\text{beton}} - A - S$$

Dengan :

W_{campuran}	:	kebutuhan agregat campuran (kg)
W_{beton}	:	berat beton (kg/m^3)
A	:	Kebutuhan Air (ltr)
S	:	kebutuhan semen (kg)

1.6.21 Kebutuhan Agregat Halus

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

$$W_{\text{pasir}} = \frac{P}{100} \times W_{\text{campuran}}$$

Dengan : W_{pasir} : kebutuhan agregat pasir(kg)
 W_{campuran} : kebutuhan agregat campuran (kg)
 P : persentase pasir terhadap campuran

1.6.22 Kebutuhan Agregat Kasar (Kerikil)

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

$$W_{\text{krk}} = W_{\text{campuran}} - W_{\text{pasir}}$$

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

1.6.23 Koreksi Proporsi 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 penyesuaian 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 :

$$1. \text{ Air} : A - \frac{Ah-A1}{100} \times B - \frac{Ak-A2}{100} \times C$$

$$2. \text{ Agregat Halus} : B + \frac{Ah-A1}{100} \times B$$

$$3. \text{ Agregat Kasar} : C + \frac{Ah-A1}{100} \times C$$

Dengan : A : jumlah kebutuhan air (liter/m³)

B : jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m^3)

C : jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m^3)

A_b : kadar air sesungguhnya dalam agregat halus (%)

A_k : kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar (%)

A_1 : kadar air pada agregat halus jenuh muka (%)

A_2 : kadar air pada agregat kasar jenuh kering muka (%)

Untuk mempermudah pelaksanaan, berikut ini diberikan Tabel 2.17 formulir perencanaan campuran beton di bawah ini:

Tabel 2. 17 Formulir Perencanaan Campuran Beton

No	Uraian	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan yang di isyaratkan	Ditetapkan	....	MPa
2	Deviasi standar	Tabel 2.6	....	MPa
3	Nilai tambah (Margin)	$M = k.S$	....	MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan	(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 gradasi tipe	....
		Berat Isi	....
		Berat Jenis	....
		Kadar Air	....
8	Faktor air semen bebas (ambil nilai terendah)	Tabel 2.9 & Gambar 2.5	....
9	Faktor air semen maksimum	Tabel 2.10	....
10	Derajat pengerjaan (Slump)	Ditetapkan	....	mm

No	Uraian	Keterangan	Nilai	Satuan
11	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	....	mm
12	Kadar air bebas	Tabel 2.14	....	kg/m ³
13	Jumlah semen	(12) : (8)	....	kg/m ³
14	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	....	kg/m ³
15	Jumlah semen minimum	Tabel 2.15	....	kg/m ³
16	Faktor air semen yang disesuaikan	Ditetapkan	....
17	Susunan besar butir agregat halus	Tabel 2.16	....
18	Persen agregat kasar	100 - Persen Halus	....	%
19	Persen agregat halus	Gambar 2.6 - Gambar 2.8	....	%
20	Berat jenis relatif agregat gabungan	Diketahui	....
21	Berat isi beton (basah)	Gambar 2.9	....	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

1.7 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 mengidentifikasikan 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 :

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana, σ = kuat tekan (N/mm²),

A = luas permukaan kubus (mm²),

P = beban (N).

1.7.1 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan

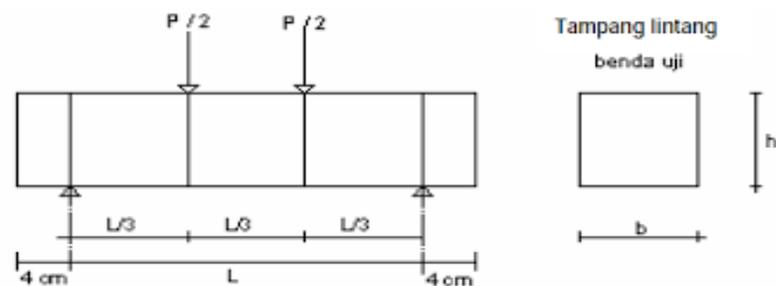
Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor selain oleh perbandingan air-semen dan tingkat kepadatannya. Faktor-faktor penting lainnya yaitu :

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, tetapi 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.

1.8 Kuat Lentur

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya per satuan luas (SNI 4431:2011).

Benda uji yang dipakai untuk menguji kuat lentur beton berupa balok berukuran 60cm x 15cm x 15cm, benda uji diletakan di atas dua tumpuan pada mesin uji beban dengan jarak 45cm, dikedua tumpuan tersebut kenakan dua buah beban titik dengan jarak sepertiga bentang, yaitu 15cm. Beban diberikan secara konstan sehingga terjadi keruntuhan pada benda uji.



Gambar 2. 10 Benda Uji, Perletakan dan Pembebanan

Sumber : SNI 4431:2011

Keterangan Gambar :

L : jarak (bentang) antara dua garis perletakan

b : lebar tampak lintang benda uji

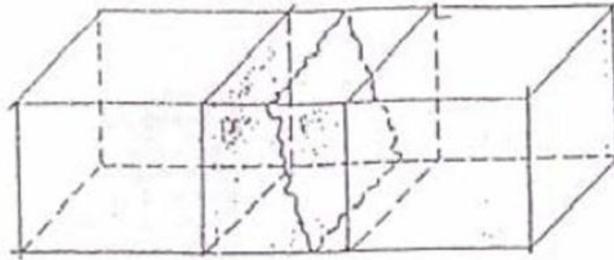
h : tinggi tampak lintang benda uji

P : beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji

1.8.1 Rumus Perhitungan Kuat Lentur

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam metode pengujian kuat lentur beton dalam mega pascal (MPa) adalah sebagai berikut :

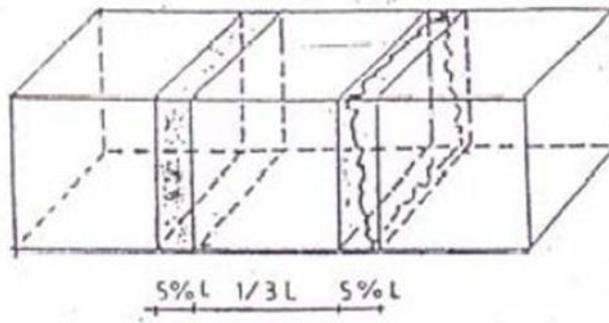
1. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan, $\sigma_l = \frac{P.L}{b.h^2}$



Gambar 2. 11 Patah pada 1/3 bentang tengah

Sumber : SNI 4431:2011

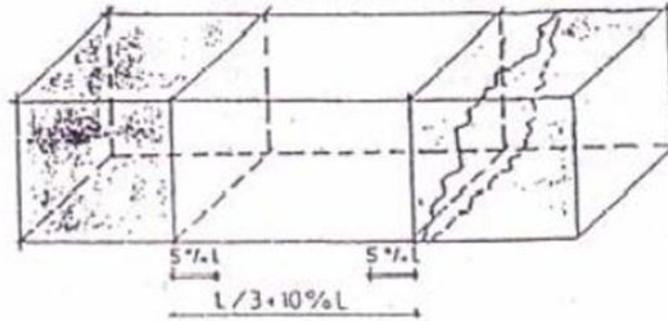
2. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan, $\sigma_l = \frac{P.a}{b.h^2}$



Gambar 2. 12 Patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada < 5% dari bentang

Sumber : SNI 4431:2011

3. Untuk benda uji yang patahnya di luar $1/3$ lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan.



Gambar 2. 13 Patah di luar $1/3$ bentang tengah dan garis patah pada $>5\%$ dari bentang

Sumber : SNI 4431:2011

Keterangan :

σ_1 : kuat lentur benda uji (MPa)

P : beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji (kN)

L : jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b : lebar tampak lintang benda uji (mm)

h : tinggi tampak lintang benda uji (mm)

a : jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)