

BAB 1

LANDASAN TEORI

1.1 Beton

Dipohusodo (1993), menyatakan bahwa beton didapat dari pencampuran bahan- bahan agregat halus dan agregat kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, ataubahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan sedangkan berdasarkan SNI 03-2847-2013 adalah Campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (admixture).

Beton merupakan salah satu bahan utama yang paling sering digunakan dalam pembangunan fisik suatu kontruksi mulai dari kontruksi perumahan, apartemen bahkan sampai kontruksi bangunan air seperti bendung dan bendungan, semuanya tak lepas dari beton. Maka dari itu diperlukan pengetahuan yang cukup luas, antara lain mengenai sifat bahan dasarnya, cara pembuatannya, cara evaluasinya, dan variasi bahan tambahannya karena beton ini memiliki sifat yang sangat khas.

Tingkat mutu suatu beton atau sifat-sifat lain yang hendak dicapai, dapat dihasilkan dengan perencanaan yang baik , Contohnya saja dalam pemilihan bahan- bahan pembentuk serta komposisinya. Beton yang dihasilkan diharapkan memenuhi ketentuan-ketentuan seperti kelecakan dan konsistensi yang memungkinkan pergerjaan beton dengan mudah tanpa menimbulkan segregasi atau pemisahan agregat dan bleeding, ketahanan terhadap kondisi khusus yang diinginkan, memenuhi kekuatan yang hendak dicapai, serta ekonimis dari segi biayanya .

1.2 Sifat Beton

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) beton memiliki beberapa sifat yang dimiliki beton dan sering di pergunakan untuk acuan adalah sebagai berikut ini:

1.2.1 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 Tjokrodimuljo, M.E., (2007:77))

1.2.2 Modulus Elastisitas

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

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

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

dimana, E_c = modulus elastisitas beton, MPa.

W_c = berat jenis beton, Kg/dm³.

f'_c = kuat tekan beton, MPa.

1.2.3 Susutan Pengerasan

Volume beton setelah keras sedikit lebih kecil dari pada volume beton waktu masih segar, karena pada waktu mengeras beton mengalami sedikit penyusutan karena penguapan air. Bagian yang susut adalah pastinya karena

agregat tidak merubah volume. Oleh karena itu semakin besar pastinya semakin besar penyusutan beton. Sedangkan pasta semakin besar faktor air semennya maka semakin besar susutannya.

1.2.4 Kerapatan Air

Pada bangunan tertentu sering beton diharapkan rapat air atau kedap air agar tidak bocor, misalnya : plat lantai, dinding basement, tandon air, kolam renang dan sebagainya.

1.3 Sifat – sifat Campuran pada Beton

1.3.1 Kemampuan dikerjakan (workability)

Kemampuan dikerjakan (workability) campuran beton adalah suatu nilai yang menunjukkan tingkat kemudahan pekerjaan dari beton tersebut yang dinyatakan dengan slump dalam cm. Semakin tinggi nilai slump maka semakin tinggi juga tingkat kemudahan dalam pekerjaan, semakin tinggi juga kadar air yang diperlukan, dan kuat tekan beton semakin rendah. Slump beton sebaiknya ditentukan serendah-rendahnya, tetapi dikerjakan dengan baik. Dengan demikian sifat Workability dari beton sangat dipengaruhi oleh :

1. Banyaknya air yang dipakai dalam campuran beton
2. Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus
3. Konsistensi normal semen
4. Mobilitas setelah aliran dimulai
5. Kohesi atau perlawanan terhadap pemindahan-pemindahan bahan
6. Sifat saling lekat (ada hubungannya dengan kohesi) yang berarti penyusunnya tidak akan terpisah-pisah sehingga akan memudahkan dalam pengerjaan.

1.3.2 Waktu pengikatan (setting time)

Waktu pengikatan adalah waktu yang diperlukan oleh beton untuk mengalami pengikatan antar bahan-bahan pembentuk beton sehingga beton menjadi lebih keras. Waktu pengikatan dapat dipercepat dengan mengurangi kadar air menjadi kadar tertentu sehingga beton menjadi lebih cepat kering dan material pembentuk beton dapat saling berikatan satu sama lain. Waktu ikat beton yang lebih

cepat sangat membantu dalam meminimalisasi durasi pekerjaan konstruksi sehingga secara tidak langsung dapat mempercepat waktu selesai proyek.

1.3.3 Kedap air

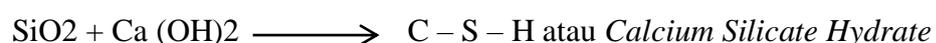
Beton biasanya mempunyai rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan selesai, atau ruangan yang saat pengerjaan mengandung air yang tidak tercampur sempurna dengan semen. Air tentunya akan mengalami penguapan apabila suhu di sekitarnya meningkat yang akan mengakibatkan terbentuknya rongga udara dalam beton. Rongga udara ini merupakan tempat untuk masuk dan keluarnya air dalam beton.

1.4 Bahan – bahan Campuran dalam beton

Beton dapat didefinisikan sebagai bahan yang merupakan campuran semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Proses pengerasan beton di mulai dengan terjadinya proses hidrasi semen yang merupakan pembentukan *Calcium Silicate Hydrate* ($C_3S_2H_3$) dari *Tricalcium Silicate*, *Dicalcium Silicate* dan air.



$C_3S_2H_3$ merupakan senyawa yang memperkuat beton, sedangkan $Ca(OH)_2$ (kapur mati) adalah senyawa yang porous yang memperlemah beton, dengan adanya unsur silika tambahan dari bahan tambah semen diharapkan $Ca(OH)_2$ (kapur mati) akan bereaksi kembali dengan silika tersebut dan membentuk $C_3S_2H_3$ yang mengurangi terbentuknya $Ca(OH)_2$ sehingga dapat mempertinggi beton reaksi unsur silika dengan kapur bebas tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:



Perlu dipilih bahan-bahan yang sesuai, dicampurkan digunakan sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan sifat-sifat khusus yang diinginkan untuk tujuan tertentu dengan cara yang paling ekonomis. Pemilihan dari bahan dan cara konstruksi tidak mudah dikerjakan, karena terdapat variasi yang mempengaruhi

kualitas dari beton yang dihasilkan dalam hal ini kualitas dan faktor ekonomi. Berikut ini merupakan bahan penyusun beton :

1.4.1 Agregat

Agregat menurut SNI 2847 2013 adalah Bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan slag tanur (blast-furnace slag), yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat pada beton kira-kira 70% - 75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton.

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.

Jenis-jenis agregat yang digunakan dalam campuran beton akan dijelaskan dibawah ini :

1.4.1.1 Klasifikasi Agregat

Berdasarkan sumbernya, agregat dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1.4.1.1.1 Agregat Alam

yaitu agregat yang berasal dari alam tanpa pengolahan terlebih dahulu, pada umumnya adalah dari batu alam, baik dari batuan beku, batuan endapan atau batuan sedimen maupun dari batuan metamorph (malihan).

1.4.1.1.2 Agregat Buatan

Agregat ini sengaja dibuat, contohnya ALWA (Artificial light weight aggregate) atau di Indonesia dikenal dengan nama “ Lempung bekah” Agregat ini dibuat dengan membakar jenis lempung tertentu, sehingga membentuk agregat yang mengembang atau membesar. Agregat ini termasuk agregat ringan, karena memiliki berat jenis ± 1.0 . Pemakaian lempung bekah untuk konstruksi adalah untuk pembuatan beton ringan.

Di dalam proses pembuatan beton umumnya agregat di bedakan berdasarkan diameter butirannya yang dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1.4.1.1.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4.8 mm atau agregat yang lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No. 200. 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 sebagai berikut ;

- a) Nilai Sand Equivalent minimum 50 (AASHTO-T-1176)
- b) Penyerapan agregat terhadap air maksimum 3% (ASTM C-128-04)
- c) Berat jenis curah (Bulk) minimum 2.5 (ASTM C-29M-2003)
- d) agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%
- e) agregat halus tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan diatas endapan tidak boleh gelap dari warna standar atau pembanding,
- f) agregat halus memiliki modulus butir halus antara 1,50-3,80
- g) kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika di pakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 15%.
- h) Butir-butirnya tajam dan keras, dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$
- i) Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika di uji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12 %, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18 %.
- j) Agregat halus dari laut / pantai, boleh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui

1.4.1.1.4 Agregat Kasar

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 lain yang mengganggu serta memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a) Jumlah butir yang tertahan saringan No. 4 yang mempunyai paling sedikit dua bidang pecah (visual) : minimum 50 % (khusus untuk kerikil pecah)
- b) Indeks kepipihan butiran yang tertahan saringan 9.5 mm (3/8") maksimum 25%
- c) Penyerapan air maksimum 3 % (ASTM C-127-04)
- d) Berat jenis curah minimum 2.5 % (ASTM C-29M-2003)
- e) Bagian yang lunak maksimum 5% (AASHTO T-189)
- f) agregat kasar tidak boleh mengandung kadar lumpur yang maksimum 1%,
- g) agregat kasar memiliki ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 tebal pelat beton, 3/4 jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan
- h) agregat kasar tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%
- i) agregat kasar memiliki kekekalan maksimum 12% bagian yang hancur jika diuji dengan natrium sulfat dan jika diuji dengan magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%.

1.4.1.2 Sifat Fisik Agregat

Sifat fisik dari agregat sangat mempengaruhi sifat pada beton segar dan beton keras, beberapa sifat fisik pada agregat yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

Dilihat dari bentuknya agregat ini ada beberapa macam⁴ , yaitu :

- A. Bentuk bulat (Rounded) terbentuk karena banyaknya gesekan yang dialami oleh batuan yang terbawa oleh arus sungai dengan batuan yang terdapat di lereng-lereng sungai, sehingga makin semakin sering batu tersebut bergesekan akibatnya menjadi berbentuk bulat. Rongga udaranya minimum 33% sehingga rasio luas permukaannya kecil.
- B. Bentuk tidak beraturan (irregular), agregat ini bentuk permukaan agregatnya hampir sama dengan agregat bentuk bulat yaitu memiliki permukaan yang tidak tajam, hanya bentuknya saja yang tidak beraturan. Rongga udara pada

agregat ini sekitar 35%-38% sehingga membutuhkan lebih banyak pasta semen agar mudah dikerjakan.

- C. Bersudut (angular), bentuknya tidak beraturan serta permukaannya tajam. Rongga udara pada agregat ini sekitar 38%-40% sehingga membutuhkan lebih banyak lagi pasta semen agar mudah dikerjakan.
- D. Bentuk pipih, dinamakan pipih karena ketebalannya lebih kecil dibandingkan dengan lebar dan panjangnya
- E. Agregat panjang. Agregat ini panjangnya jauh lebih besar dari pada lebarnya dan lebarnya jauh lebih besar daripada tebalnya. Agregat disebut panjang jika ukuran terbesarnya lebih dari 9/5 dari ukuran rata-rata. Dimana ukuran rata-rata adalah ukuran ayakan yang meloloskan dan menahan butiran agregat.
- F. Agregat pipih dan panjang. Agregat ini mempunyai panjang yang jauh lebih besar daripada lebarnya, sedangkan lebarnya jauh lebih besar dari tebalnya.

Dari bentuk tersebut pengaruhnya terhadap beton segar adalah dalam sifat pengerjaan beton (Workability). Agregat dengan bentuk yang bersudut sulit untuk dikerjakan berbeda dengan agregat yang berbentuk bulat. Hal ini dikarenakan gesekan antar agregat pada bentuk yang bersudut lebih besar dibandingkan dengan yang bulat. Demikian pula agregat yang pipih dan lonjong akan mengalami kesulitan pada pengecoran, karena akan menghambat masuknya campuran beton ke dalam cetakan yang sempit atau karena rapatnya tulangan.

Pengaruh dari bentuk agregat yang bersudut pada beton keras sangat baik karena bentuknya tidak beraturan, dengan sudut-sudutnya yang tajam akan mempertinggi sifat saling mengunci (interlocking), sehingga kekuatan beton yang menggunakan agregat ini lebih tinggi dibandingkan dengan agregat bentuk bulat.

1.4.1.3 Susunan Butiran (Gradasi)

Gradasi dalam agregat berpengaruh terhadap kepadatan beton. Untuk menghasilkan beton yang padat, diantara butiran harus saling mengisi. Untuk itu maka diperlukan variasi butiran agregat dari yang paling besar sampai yang paling kecil. Untuk mengetahui susunan butiran pada agregat dilakukan dengan analisa saringan. Syarat susunan butiran agregat untuk beton telah diatur dalam peraturan-

peraturan seperti SK-SNI, ASTM dan British Standard. Menurut standar tersebut, gradasi agregat harus memenuhi syarat seperti tersebut di bawah ini :

1.4.1.3.1 Persyaratan Gradasi Agregat Halus

Persyaratan gradasi agregat halus menurut SNI 03-2348-2000 tercantum dalam tabel berikut ini :

Tabel 2. 2 Persyaratan Gradasi Agregat Halus

No Saringan (mm)	Persen berat butir yang lewat saringan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona 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

1.4.1.3.2 Persyaratan Gradasi Agregat Kasar

Persyaratan gradasi agregat kasar menurut SNI 03-2348-2000 tercantum dalam tabel berikut ini :

Tabel 2. 3 Gradasi Kombinasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Persen Berat Yang Lolos Untuk Agregat					
ASTM	(mm)	Halus ^{*)}	Kasar				
			Ukuran nominal maksimum 37,5 mm	Ukuran nominal maksimum 25 mm	Ukuran nominal maksimum 19 mm	Ukuran nominal maksimum 12,5 mm	Ukuran nominal maksimum 9,5 mm
2"	50,8	-	100	-	-	-	-
1½"	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
⅜"	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	-	-	-	-	-

Menurut *British Standard (B.S)*, gradasi agregat kasar (kerkil/batu pecah) yang baik sebaiknya masuk dalam batas, batas yang tercantum dalam Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Syarat Agregat Kasar Menurut British Standard

Lubang Ayakan (mm)	Persen butir lewatayakan, besar butirmaks		
	40 mm	20 mm	12.5 mm
40	95 – 100	100	100
20	30 – 70	95 – 100	100
12.5	-	-	90 – 100
10	10 – 35	25 – 55	40 – 85
4.8	0 – 5	0 – 10	0 – 10

(Sumber : Ir, Tri Mulyono, MT., 2003, Teknologi Beton ; (94, Tabel 4.9))

1.4.2 Semen

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.

1.4.2.1 Sifat Fisika Semen

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

1.4.2.2 Sifat Kimia Senyawa Semen

Sifat-sifat kimiawidari semen Portland meliputi kesegaran semen, sisa yang tak larut (*insoluble residu*), panas hidrasi semen, kekuatan pasta semen dan faktor air semen .Semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan alumunium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu.

Bahan baku pembentuk semen adalah sebagai berikut :

1. Kapur (CaO) dari batu kapur
2. Silika (SiO₂) dari lempung
3. Alumunium (Al₂O₃) dari lempung

Kandungan kimia semen adalah sebagai berikut :

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

Berikut ini merupakan unsur dan kadar senyawa kimia yang terdapat didalam semen portland, di jelaskan pada tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Komposisi Senyawa Kimia Semen

Bahan	Kadar
CaO	60-67
SiO ₂	17-25
Al ₂ O ₂	3-8
Fe ₂ O ₃	0.5-6.0
MgO	0.5-4.0
Alkalis	0.3-1.2
SO ₃	2.0-3.5

Di dalam semen, oksida-oksida tersebut tidak terpisah satu dari yang lainnya melainkan merupakan senyawa-senyawa yang disebut senyawa semen.

1.4.2.3 Jenis – jenis Semen

Semen yang diproduksi di Indonesia dibedakan lima jenis :

1. Jenis 1 (Normal) : semen untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Jenis II (modifikasi) : semen yang mempunyai panas hidrasi sedang atau pelepasan panas yang relative sedikit, untuk penggunaan beton tahan sulfat

3. Jenis III : semen yang mempunyai panas hidrasi tinggi, untuk penggunaan beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).
4. Jenis IV : semen yang mempunyai panas hidrasi rendah, biasa digunakan untuk pengecoran dengan volume yang sangat besar.
5. Jenis V : semen yang mempunyai ketahanan terhadap sulfat.

1.4.3 Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen, dan juga berfungsi sebagai pelumas antara butiran-butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan. Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang digunakan, tetapi dalam kenyataan, jika nilai faktor air semen kurang dari 35%, beton segar menjadi tidak dapat dikerjakan dengan sempurna, sehingga setelah mengeras beton yang dihasilkan menjadi keropos dan memiliki kekuatan yang rendah.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada air yang akan digunakan sebagai bahan pencampur beton meliputi kandungan lumpur, maksimal 2 gram/liter, kandungan garam yang dapat merusak beton maksimal 15 gram/liter, tidak mengandung khlorida lebih dari 0.5 gram/liter, serta kandungan senyawa sulfat maksimal 1 gram/liter.

Secara umum, air dinyatakan memenuhi syarat untuk dipakai sebagai bahan pencampur beton apabila dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang menggunakan air suling (Tjokrodimuljo, 1996). Secara praktis, air yang baik untuk digunakan sebagai bahan campuran beton adalah air yang layak diminum, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa .

1.5 Bahan Tambahan

Bahan tambahan adalah suatu bahan berupa bubukan atau cairan, yang dibubuhkan kedalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifatnya. Contoh bahan tambahan yang biasanya dipakai adalah sebagai berikut :

1. accelerator adalah bahan tambah untuk mempercepat pengikatan beton.
2. admixture adalah bahan tambah untuk campuran beton.
3. additive adalah bahan tambah untuk campuran beton.

1.5.2 Kaca

Kaca Merupakan salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Dipandang dari segi fisika kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Disebut demikian karena struktur partikel partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair, namun kaca sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (cooling) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak “sempat” menyusun diri secara teratur. Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida an-organik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya

Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Kekhasan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO₂) dan proses pembentukannya. Reaksi yang terjadi dalam pembuatan kaca secara ringkas pada persamaan :



1.5.2.1 Karakteristik Serbuk Kaca

Karakteristik yang berpotensi menguntungkan dari serbuk kaca yang telah memenuhi syarat sebagai pengganti agregat halus pada pembuatan beton sebagai berikut :

1. Kaca merupakan bahan yang tidak menyerap air atau zero water absorption sehingga dapat mengisi rongga-rongga pada beton secara maksimal sehingga beton bersifat kedap air dan akan memiliki tingkat durabilitas yang tinggi, mengingat kaca adalah material yang tidak menyerap air .
2. Kaca tidak mengandung lumpur seperti agregat alam.

3. Kaca dalam hal ini adalah serbuk kaca mempunyai sifat sebagai pozzoland yang dapat meningkatkan kuat tekan dari beton.
4. Kaca memiliki kandungan silika yang cukup tinggi. Sehingga kaca dapat dibuat sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton.
5. Serbuk kaca butir-butirannya tajam dan memiliki ketahanan yang kuat.
6. Kaca merupakan bahan tahan oleh pengaruh cuaca .
7. Kaca merupakan bahan tahan terhadap panas yang cukup tinggi
8. Kaca tidak mengandung bahan yang berbahaya, sehingga pada saat pengerjaan beton aman bagi manusia.
9. 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.
10. Kaca memiliki ketahanan yang tinggi terhadap abrasi dan karakteristik ini adalah karakteristik yang langka terdapat dalam agregat alami lainnya, adapun penggunaan aditif untuk agregat alami agar bisa mencapai kekuatan yang sama tetapi harganya mahal sehingga .

1.5.2.2 Kandungan Kimia dalam Kaca

Ada beberapa kandungan kaca berdasarkan jenis-jenis kaca, yaitu: clearglass, amber glass, green glass, pyrex glass, dan fused silica .Kandungan bahan kimia dalam berbagai jenis kaca serta kandungan kimia di dalam bubuk kaca yaitu seperti SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , dan CaO seperti Tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2. 6 Unsur Senyawa Kimia Pada Kaca

Jenis Kaca	<i>Clear Glass</i>	<i>Amber Glass</i>	<i>Green Glass</i>	<i>Pyrex Glass</i>	<i>Fused silica</i>
SiO_2	73,2 - 73,5	71,5 - 72,	71,27	81	99,87
Al_2O	1,7 - 1,9	1,7 - 1,8	2,22	2	-
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	13,6 - 14,1	13,8 - ,4	13,06	4	-
$\text{CaO} + \text{MgO}$	10,7 - 10,8	11	12,17	-	-
SO	0,2 - 0,24	0,12 - 0,14	0,052	-	-
Fe O	0,04 - 0,05	0,3	0,509	3,37	-
Cr_2O_3	-	0,01	0,43	12,0 - 13,0	-

Beberapa kandungan kimia serbuk kaca tersebut yaitu SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , dan CaO seperti yang ada pada tabel dibawah :

Tabel 2. 7 Kandungan Kimia Serbuk Kaca

Unsur	Kadar (%)
SiO_2	61,72 %
Al_2O_3	3,45 %
Fe_2O_3	0,18 %
CaO	2,59 %

1.6 Uji Propertis 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 dilabolatorium. Pengujian bahan ini meliputi pemeriksaan bahan agregat halus, agregat kasar dan bahan tambah lainnya .

1.6.1 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 :

1.6.1.1 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 :

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

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

Dimana :

V = Isi Wadah (dm³)

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

W = Berat isi Air (kg/ dm³)

1.6.1.2 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:

W₃ = Berat contoh semula (gram)

W₅ = Berat contoh kering (gram)

1.6.1.3 Pengujian Analisa Saringan

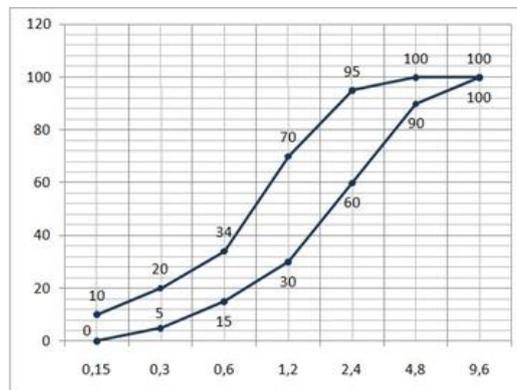
Analisa Saringan bertujuan untuk mengetahui pembagian butiran dari agregat halus yang digunakan, pengujian ini sesuai dengan standar ASTM 136-04. Dari hasil pengujian dengan menggunakan saringan ini akan diketahui sebaran dari butiran agregat halus yang akan digunakan Pengujian

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:

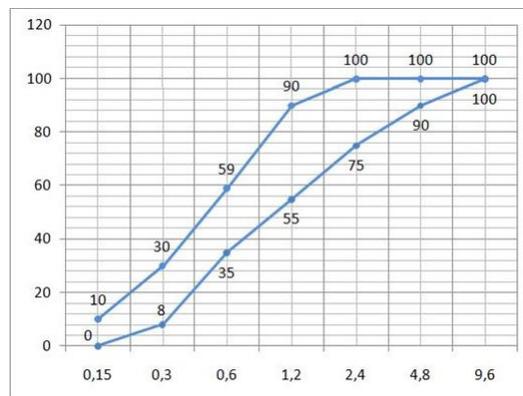
Tabel 2. 8 Syarat Mutu Agregat Halus Menurut ASTM C.33-86

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

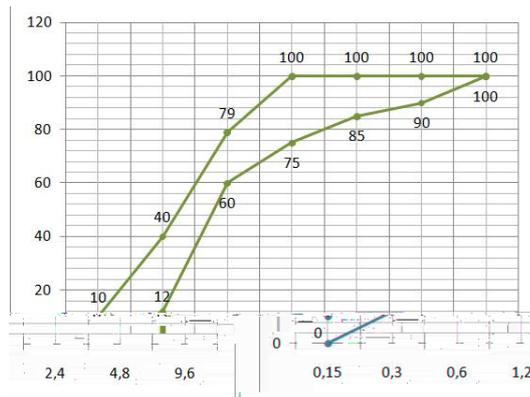
Hasil dari analisa saringan tersebut dapat disajikan kedalam grafik , dan harus memenuhi syarat menurut kurva gradasi agregat agregat halus yang di isyaratkan dalam ASTM sebagai beriku :



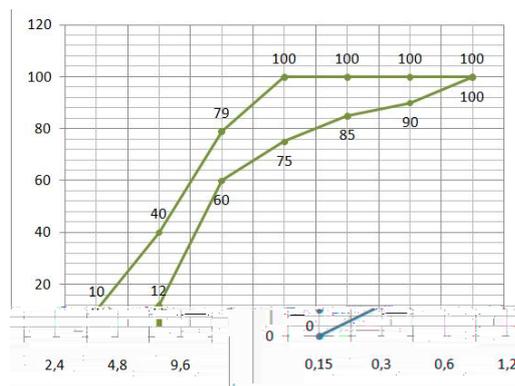
Gambar 2. 1 Kurva Gradasi Agregat Halus Type 1



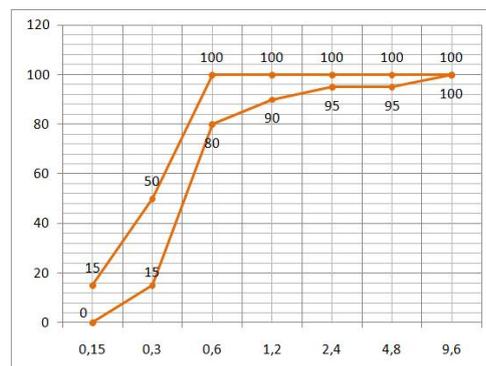
Gambar 2. 2 Kurva Gradasi Agregat Halus Type 2



Gambar 2. 3 Kurva Gradasi Agregat Halus Type 2



Gambar 2. 4 Kurva Gradasi Agregat Halus Type 3



Gambar 2. 5 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

aggregat .sehingga antara gradasi agregat dan finnes modulus merupakan kesatuan yang tidak dapat dipisahkan.

1.6.1.4 Berat Jenis dan Penyerapan(Absorpsi) 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

1.6.1.5 Pengujian Gumpalan Lempung

Metode Pengujian Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah Dalam Agregat dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat alam.

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).

1.6.1.6 Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos No 200

Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan Nomor 200 (0,075 mm) adalah banyaknya bahan yang lolos saringan nomor 200 (0,075mm) sesudah agregat dicuci sampai air cucian menjadi jernih.

Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm), sehingga berguna bagi perencana dan pelaksana pembangunan jalan.

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai 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

W_1 = berat kering benda uji + wadah (gram);

W_2 = berat wadah (gram);

W_3 = berat kering benda uji awal (gram);

W_4 = berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gram);

W_5 = berat kering benda uji sesudah pencucian (gram);

W_6 = % bahan lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm).

1.6.1.7 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.

1.6.2 Pengujian Agregat Kasar

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

1.6.2.1 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 :

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

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

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

1.6.2.2 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:

$$W_3 = \text{Berat contoh semula (gram)}$$

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

1.6.2.3 Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar SNI 03-2384-2000. 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 SNI 03-2384-2000

Tabel 2. 9 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	10-40
4,75	0,187	0 - 10	0 - 10	0 - 5

1.6.2.4 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 dipisahkan.

1.6.2.5 Berat Jenis dan Penyerapan(Absorpsi) 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 :

Persamaan berat jenis dan penyerpan (Absorpsi) air

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

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{B_j}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{B_k}{B_k - B_a}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_a} \times 100\%$$

Keterangan:

B_k = berat benda uji kering oven, dalam gram

B_j = berat benda uji kering permukaan, jenuh dalam gram

B_a = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh didalam air, dalam gram

1.6.2.6 Pengujian Gumpalan Lempung

Metode Pengujian Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah Dalam Agregat dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat alam.

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).

1.6.2.7 Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos No 200

Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan Nomor 200 (0,075 mm) adalah banyaknya bahan yang lolos saringan nomor 200 (0,075mm) sesudah agregat dicuci sampai air cucian menjadi jernih.

Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm), sehingga berguna bagi perencanaan dan pelaksana pembangunan jalan.

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai 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

W_1 = berat kering benda uji + wadah (gram);

W_2 = berat wadah (gram);

W_3 = berat kering benda uji awal (gram);

W_4 = berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gram);

W_5 = berat kering benda uji sesudah pencucian (gram);

W_6 = % bahan lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm).

1.7 Rancangan Campuran Beton Normal

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) dan
6. cara Coba-coba.

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.

Pengerjaan beton dengan kekuatan tekan hingga 20 Mpa boleh menggunakan penekaran volume, tetapi pengerjaan beton dengan kekuatan beton akan lebih besar dari 20 Mpa harus menggunakan campuran berat. Sebelum melakukan perancangan, data-data yang dibutuhkan harus dicari. Jika data-data yang dibutuhkan tidak ada atau tidak memenuhi ketentuan yang telah disyaratkan, dapat diambil data yang telah ada pada penelitian sebelumnya atau menggunakan data dari tabel-tabel yang telah dibuat untuk membantu penyelesaian perancangan campuran beton.

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).

1.7.1 Kuat Tekan Beton yang Disyaratkan (0) .

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. 10 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.

1.7.2 Devinisi Standar (s)

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 berikut :

Tabel 2. 11 Faktor Pengali deviasi standar (s)

Jumlah Data : 30	25	20	15	<15
Faktor Pngali : 1,0	1,03	1,08	1,16	tidak boleh

- 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 berikut :

Tabel 2. 12 Deviasi Standar untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar (MPa)		
Sebutan	Vol Beton (m ³)	Baik Sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 6,5	6,5 < S < 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 5,5	6,5 < S < 7,5
Besar	> 3000	2,5 < S < 3,5	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 6,5

1.7.3 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)

1.7.4 Kuat Tekan Rata-rata

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

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

dengan :

- f'_a : kuat tekan rata-rata(Mpa)
- f'_c : kuat tekan yang disyaratkan (Mpa)
- M : nilai tambah (Mpa)

1.7.5 Menentukan Jenis Semen Portland

Menurut PUBLI 1982 di Indonesia semen portland dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu jenis I, II, III, IV, dan V. Jenis I merupakan jenis semen biasa, adapun jenis III merupakan jenis semen yang dipakai untuk struktur yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi, atau dengan kata lain sering disebut semen cepat mengeras. Pada langkah ini ditetapkan apakah pakai semen biasa atau semen yang cepat mengeras.

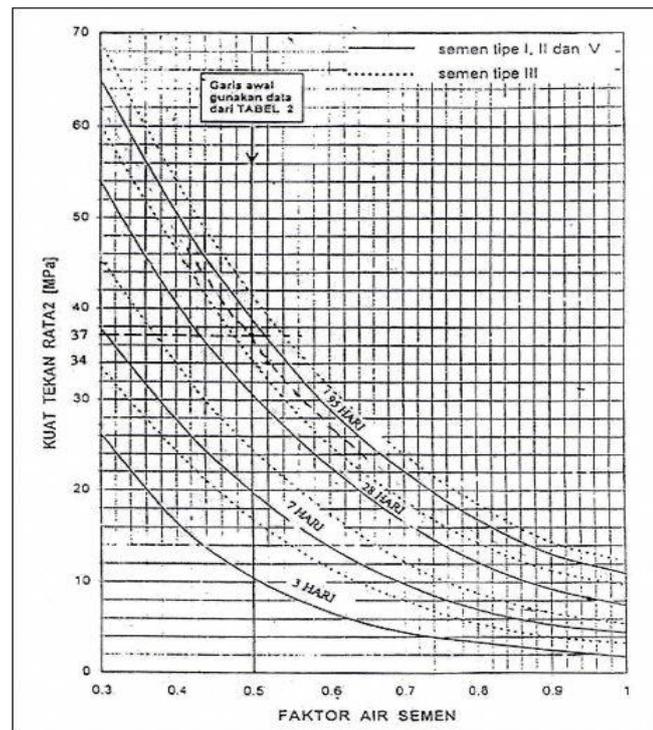
1.7.6 Penetapan Jenis Agregat

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

1.7.7 Faktor Air Semen Bebas

Faktor Air semen dapat dicari dengan dua cara , yaitu sebagai berikut :

1. Cara pertama, berdasarkan jenis setmen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan melihat grafik berikut :



Gambar 2. 6 Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Kekuatan Tekan Beton Untuk Benda Uji Silinder

2. Cara kedua, berdasarkan jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan tabel Deviasi Standar untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan dan gambar Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Kekuatan Tekan Beton Untuk Benda Uji Silinder

Tabel 2. 13 Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) Dengan Faktor Air Semen 0,50

Jenis Semen	Jumlah agregat kasar	Umur (hari)			
		3	7	28	91
I, II, III	Alami	17	23	33	40
	Batu Pecah	19	27	37	45
III	Alami	21	28	38	44
	Batu Pecah	25	33	44	48

(Sumber : Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, Teknologi Beton ;73)

1.7.8 Faktor Air Semen Maksimum

Agar beton yang diperoleh tidak cepat rusak, maka perlu ditetapkan nilai faktor air semen maksimum. Penetapan nilai faktor air semen maksimum dapat dilakukan dengan melihat tabel Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) Dengan Faktor Air Semen 0,50 . Jika nilai f_{as} maksimum ini lebih rendah dari pada nilai f_{as} dari langkah 2.8.7, maka nilai f_{as} maksimum ini yang dapat dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 2. 14 Persyaratan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Pembetonan Dan Lingkungan 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
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. air tawar dan air laut	Lihat Tabel

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodinuljo, Teknologi Beton : 74 Tabel 7.12)

Tabel 2. 15 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
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 porland Pozolan	0.55
			Tipe II dan V	
0.5-1.0	1.9-3.1	1.2-2.5	Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen Porland Pozolan	0.45
			Tipe II dan V	
			Tipe II dan V	
1.0-2.0	3.1-5.6	2.5-5.0	Tipe II atau V dan lapisan Pelindung	0.45
> 2.0	>5.6	>5.0		0.45

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 75, Tabel 7.12.a)

Tabel 2. 16 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 Payu	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau semen porland Pozolan	0.45
	Tipe II atau V	0.50
Air Laut	Tipe II atau V	0.45

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 75, Tabel 7.12.b)

1.7.9 Nilai Slump(Derajat Pengerjaan)

Penetapan nilai slump dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Cara pengangkutan adukan beton dengan aliran dalam pipa yang dipompa dengan tekanan membutuhkan nilai slump yang besar, adapun pemadatan adukan dengan alat getar (*triller*) dapat dilakukan dengan nilai slump yang agak kecil. Nilai slump yang di inginkan dapat diperoleh dari tabel 2.1 dibawah ini

Tabel 2. 17 Penetapan Nilai Slump

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

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 76, Tabel 7.13)

1.7.10 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. .

1.7.11 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 berikut ini :

Tabel 2. 18 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

1.7.12 Jumlah Semen

Jumlah atau Berat semen permeter kubik beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah 2.8.11) dengan faktor air semen yang paling kecil diantara minimum atau maksimum (langkah 2.8.7 dan 2.8.8) .

1.7.13 Jumlah Semen Maksimum

Nilai semen maksimum didapat apabila ditetapkan sebelumnya

1.7.14 Jumlah Semen Minimum

Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau dan

air laut. Kebutuhan semen minimum ditetapkan dengan menggunakan tabel di bawah ini :

Tabel 2. 19 Kebutuhan Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan Dan Lingkungan Khusus.

Kondisi Lapangan	Jumlah semen minimum (kg/m ³ beton)
Beton di dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling no korosif	275
b. Keadaan keliling korosif di sebabkan oleh kondensi atau uap-uap korosif	325
Beton di luar ruangan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325
b. Mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	Lihat tabel 2.12.a
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. air tawar	Tabel 2.12.b
b. air laut	

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 78, Tabel 7.15)

Tabel 2. 20 Kandungan Semen Minimum Untuk Beton Yang berhubungan Dengan Air Tanah Yang mengandung Sulfat

Konsentrasi sulfat (SO ₂)			Jenis Semen	kandungan semen minimum (kg/m ³) Ukuran Maks. Agregat mm		
Dalam Tanah		SO ₃ dalam air tanah (gr/ltr)		40	20	10
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%)	280	300	350
0.2-0.5	1.0-1.9	0.3-1.2	Tipe I tanpa Pozolan	290	330	380
			Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen portland Pozolan			
			Tipe II dan V	250	290	430
0.5-1.0	1.9-3.1	1.2-2.5	Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen Porland Pozolan	340	380	430
			Tipe II dan V	290	330	380
1.0-2.0	3.1-5.6	2.5-5.0	Tipe II dan V	330	370	420
> 2.0	>5.6	>5.0	Tipe II atau V dan lapisan Pelindung	330	370	420

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 79, Tabel 7.15.a)

Tabel 2. 21 Kandungan Semen Minimum Untuk Beton Bertulang Dalam Air

Berhubungan dengan	Tipe semen	kandungan semen min. Ukurn maks. Agregat (mm)	
		40	20
Air Tawar	Semen tipe I s.d V	280	300
Air Payu	Tipe I + Pozolan (15-40 %) atau semen portland pozolan	340	380
	Tipe II atau v	290	330
Air Laut	Tipe II atau v	330	370

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 80, Tabel 7.15.b)

1.7.15 Faktor Air Semen yang disesuaikan

Jika jumlah semen mengalami berubah karena pertimbangan kadar air semen maksimum atau kadar air semen minimum, maka tentukan nilai faktor air semen yang di sesuaikan ,didapat dengan melakukan dua cara sebagai berikut :

1. Faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum
2. Jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan faktor air semen

1.7.16 Susunan Besar Butir Agregat Halus

Berdasarkan gradasi (hasil analisa ayakan) agregat halus yang akan dipakai dengan klasifikasi menjadi 4 daerah (zona). Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan untuk tabel .

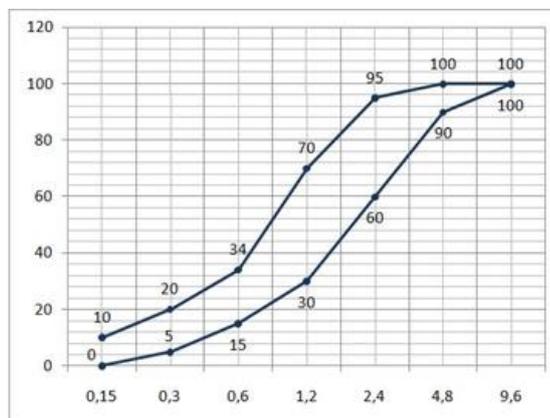
Dengan tabel tersebut agregat halus dapat dimasukkan menjadi salah satu dari 4 daerah, yaitu daerah 1,2,3, dan 4.

Tabel 2. 22 Susunan Butir Agregat Halus

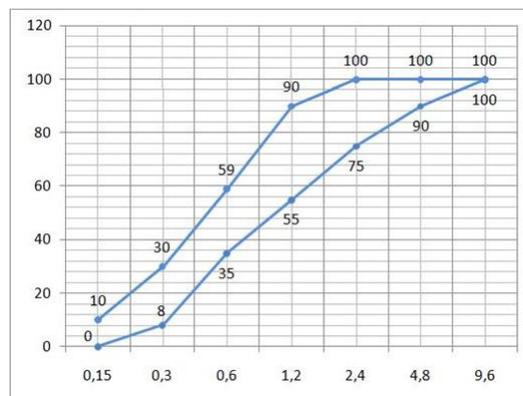
No Saringan (mm)	Persen berat butir yang lewat saringan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	01-10	0-15

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 81, Tabel 7.16)

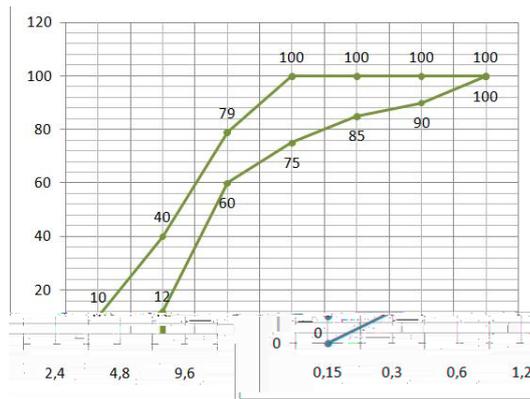
Setelah itu tentukan tipe gradasi agregat halus sesuai dengan syarat menurut kurva gradasi agregat halus.



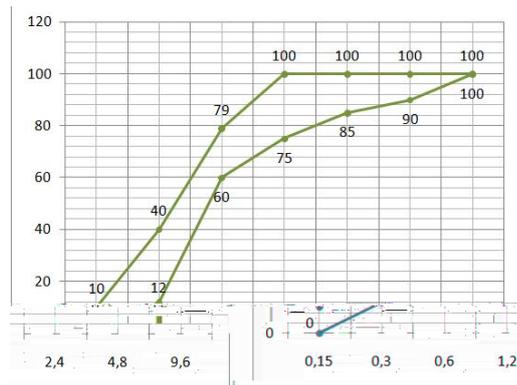
Gambar 2. 7 Kurva Gradasi Agregat Halus Type 1



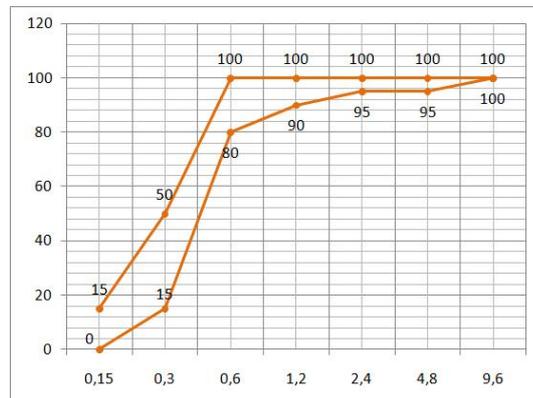
Gambar 2. 8 Kurva Gradasi Agregat Halus Type 2



Gambar 2. 9 Kurva Gradasi Agregat Halus Type 4



Gambar 2. 10 Kurva Gradasi Agregat Halus Type 4

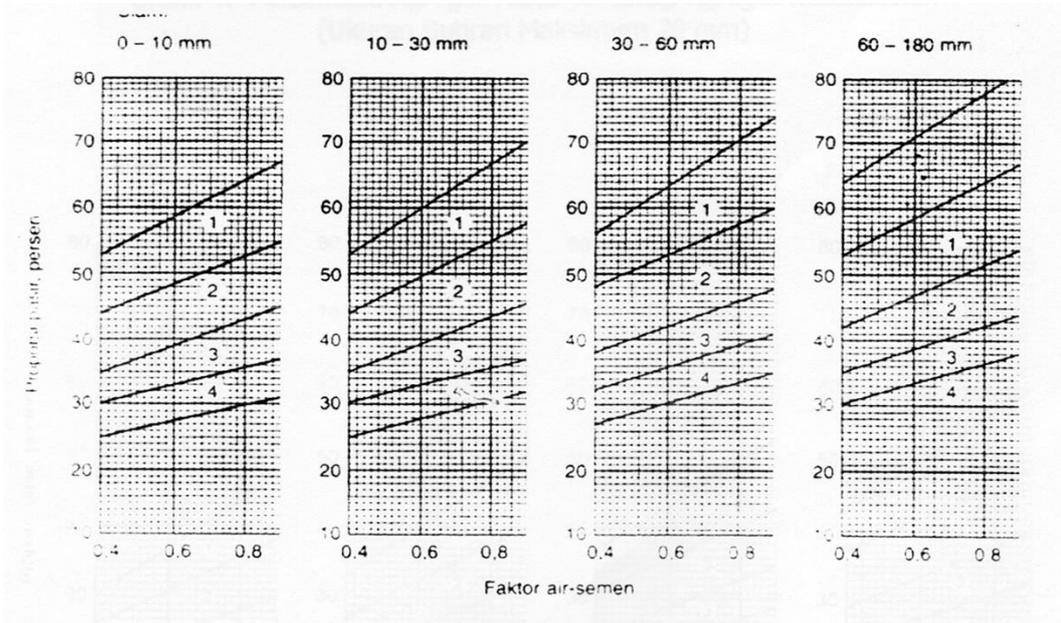


Gambar 2. 11 Kurva Gradasi Agregat Halus Type 5

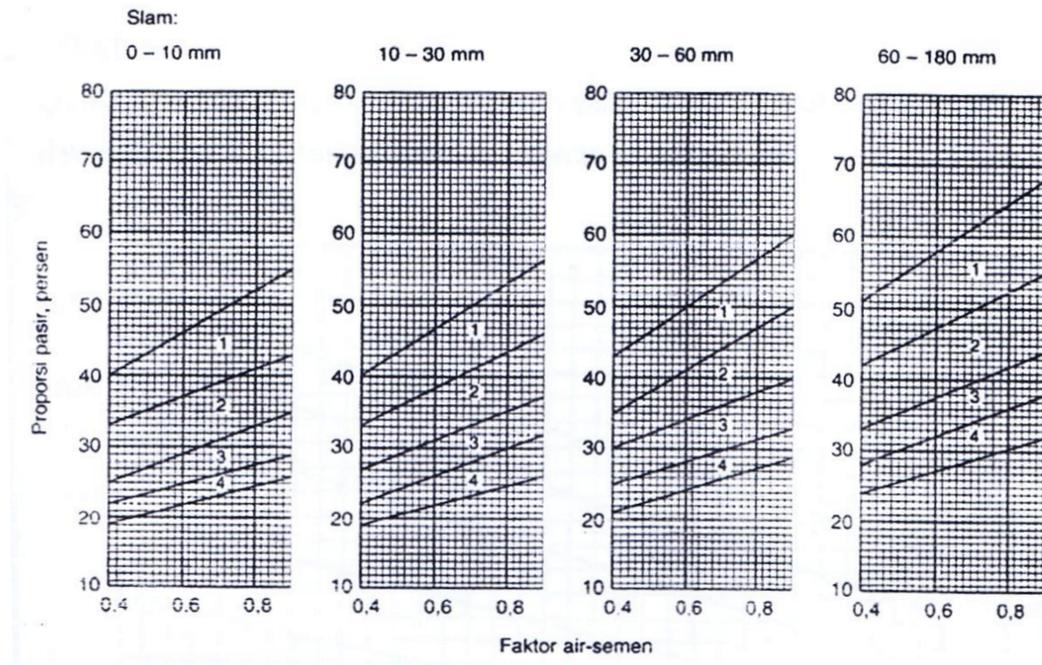
1.7.17 Perbandingan agregat halus dengan agregat kasar

Nilai banding antara agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar campuran. Penetapan dilakukan dengan memperlihatkan besar butir maksimum agregat kasar, nilai

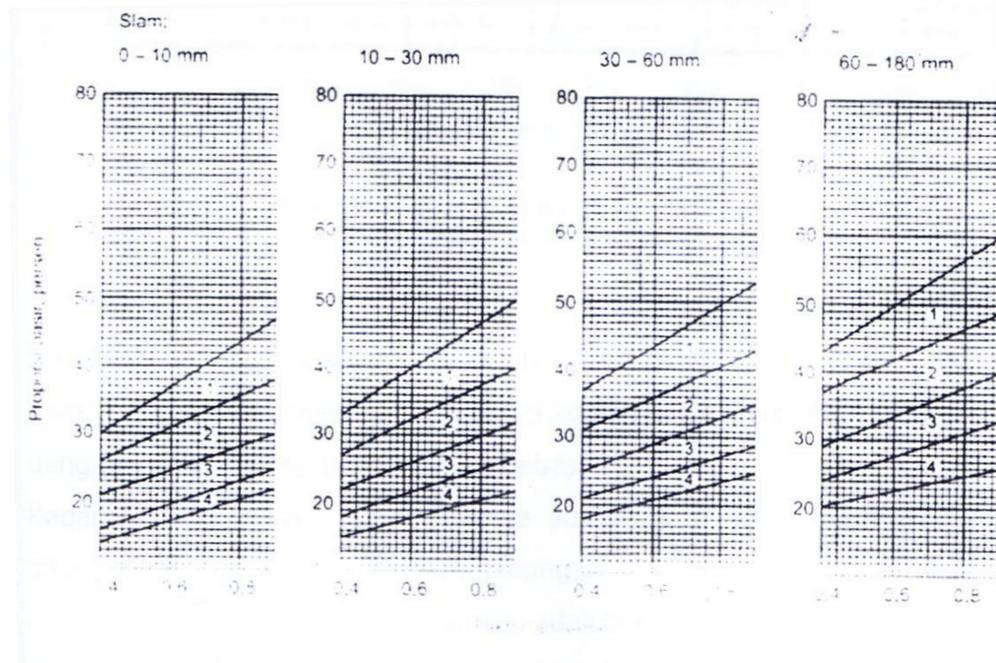
slump, faktor air semen, dan daerah gradasi halus didapat dari grafik 2.12 , 2.13 , 2.14 dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.



Gambar 2. 12 Grafik persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan Untuk Ukuran Butir Maksimum 10 Mm



Gambar 2. 13 Grafik Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 20mm



Gambar 2. 14 Grafik Persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 40 mm

1.7.18 Berat Jenis Relatif Agregat Campuran/Gabungan

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

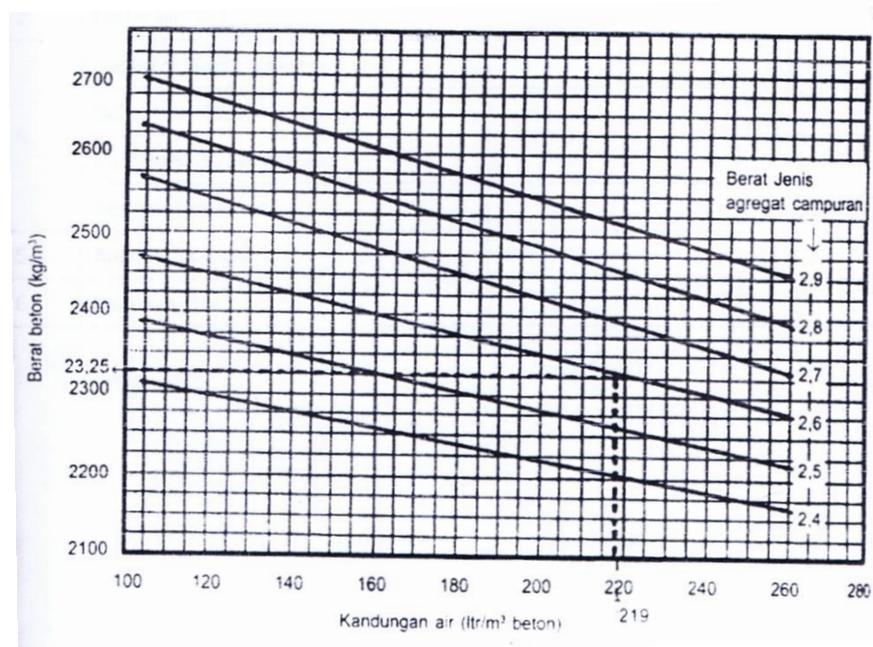
K : Persentase ag.kasar terhadap ag. Campuran

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika tidak ada dapat diambil sebesar 2,5 untuk agregat tidak dipecahatau alami, untuk agregat pecahan diambil 2,60 dan 2,70

1.7.19 Berat Isi Beton (Basah)

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah 18 dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya maka dengan grafik 2.6 dapat diperkirakan berat jenis betonnya. Caranya adalah sebagai berikut:

1. Dari berat jenis agregat campuran pada langkah 17 dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada grafik 2.6
2. Kebutuhan air yang diperoleh pada langkah (11) dimasukkan dalam grafik 2.6, kemudian dari nilai ini ditarik vertikal ke atas sampai mencapai garis kurva yang dibuat di atas.
3. Dari titik potong ini kemudian ditarik garis horizontal ke kiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.



Gambar 2. 15 Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat Beton.

1.7.20 Berat Agregat Campuran/Gabungan

Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton permeter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen

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

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

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

1.7.21 Kebutuhan Agregat Halus (Pasir)

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

1.7.22 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)

1.7.23 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. Air : $A - \frac{Ah - A1}{100} \times B - \frac{Ak - A2}{100} \times C$
2. Agregat Halus : $B + \frac{Ah - A1}{100} \times B$
3. Agregat Kasar : $C + \frac{Ah - A1}{100} \times C$

Dengan :	A	: jumlah kebutuhan air (liter/m ³)
	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 2.23 formulir perencanaan adukan beton di bawah ini:

Tabel 2. 23 Formulir Perencanaan Campuran Beton Menurut Standar Pekerjaan Umum (SK-SNI-T-15-1990-03)

No.	URAIAN		TABEL/GRAFIK/ PERHITUNGAN	NILAI	Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan, pada umur 28 hari		Ditetapkan	....	Mpa
2	Deviasi standar (s)		Ditetapkan	....	Mpa
3	Nilai tambah / Margin (m)		(Tabel2.8)	....	Mpa
4	Kuat tekan rata-rata yang di rencanakan		Ditetapkan	....	Mpa
5	Jenis semen		(1) +(3)	....
6	Jenis agregat	Kasar	Ditetapkan	....
		Halus	Ditetapkan	....
7	Faktor air semen maksimum		gambar2.6	....
8	digunakan Faktor air semen yang rendah		tabel 2.10	....
9	nilai Slump		(7) atau (8)	....	Mm
10	Ukuran maksimum butiran agregatkasar		tabel 2.13	....	Mm
11	kebutuhan air		Ditetapkan	....	Ltr
12	Jumlah Semen portland		tabel 2.13	....	Kg
13	Jumlah Semen portland minimum		(11)/(8.b)	....	Kg
No.	URAIAN		TABEL/GRAFIK/ PERHITUNGAN	NILAI	Satuan
14	penyesuaian jumlah air		(12) atau (13)	....	Ltr
15	penyesuaian jumlah faktor air-semen		Tetap	....
16	Zona/ daerah gradasi agregat halus		Tetap	....
17	Persen agregat halus terhadap campuran		(Tabel 2.16)	....	%
18	Berat jenis agregat campuran		(gambar2.7.b)	....
19	Berat beton		Ditetapkan	....	kg/m ³
20	Kebutuhan Campuran pasir dan kerikil		(Gambar 2.8)	....	kg/m ³
21	kebutuhan agregat halus (pasir)		(18)-(11)-(13.b)	....	kg/m ³
22	Kebutuhan agregat kasar (kerikil)		((16)/100)x(19)	....	kg/m ³

(Sumber : Formulir Perencanaan Campuran Beton Menurut Standar Pekerjaan Umum (SK-SNI-T-15-1990-03))

1.8 Kuat Tekan Beton

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 adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2005).

1.8.1 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 :

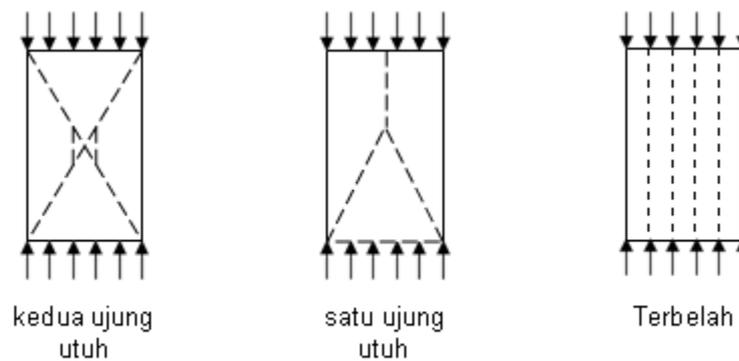
1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
2. Jenis dan lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun kuat lentur.
3. Efisiensi dari perawatan , kehilangan kekuatan sampai 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.

1.8.2 Perhitungan Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 200 mm, diameter 100 mm. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996). Walaupun dalam beton terdapat

tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut.

Pada umumnya bentuk benda uji silinder yang telah mengalami kerusakan setelah dilakukan pengujian dapat dibedakan menjadi tiga, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Kerusakan Pengujian Beton Bentuk Silinder

Kuat tekan beton dihitung berdasarkan besarnya beban persatuan luas, menurut Persamaan berikut:

$$(f'c) = \frac{P}{A} [\text{Mpa}]$$

Dimana: $f'c$ = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas penampang tertekan (mm^2)

Beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75% volume beton (Dipohusodo, 1996).

Oleh karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah.

- a. Permukaan dan bentuk agregat,
- b. Gradasi agregat, dan
- c. Ukuran maksimum agregat.

