

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Berdasarkan SNI 2847:2019, beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Kardiyono Tjokrodimulyo (2007) mengemukakan Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitasbeton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk.

Menurut Dr. Wuryati Samekto, M.Pd dan Candra Rahmadiyanto, S.T. (2001) Beton dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan kontruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih. Sifat-sifat beton dipengaruhi beberapa faktor diantaranya:

1. Kualitas semen, untuk konstruksi beton bertulang pada umumnya dapat
2. Digunakan jenis-jenis semen yang memenuhi syarat-syarat yang sudahditetapkan.
3. Perbandingan campuran semen Portland, bahan tambahan (aditif) dan air.
4. Cara mencampur komponen.
5. Agregat kasar (kerikil atau batu pecah).
6. Ketelitian pekerjaan perawatan
7. Umur beton.
8. Suhu udara waktu mencampur dan waktu proses pengerasan beton.

Material pembentuk beton menurut SNI beton:

1. Semen

Semen merupakan bahan hidrolis yang dapat bereaksi secara kimia dengan air, sehingga membentuk material yang padat. Secara umum, komposisi kimia semen Portland adalah seperti yang diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 2 1 Komposisi limit semen Portland

Oksida	Komposisi (% berat)
CaO (kapur)	60-67
SiO ₂ (silika)	17-25
Al ₂ O ₃ (alimina)	3-8
FeO ₃ (besi)	0.5-6
MgO (magnesia)	0.1-5.5
Alkalis	0.2-1.3
SO ₃ (sulfur)	1-3

Sumber: A.M. Neville, Concrete Technology, 1987

Semen Portland dibagi menjadi lima jenis sebagai berikut:

- Jenis I :Semen untuk umum tidak memenuhi persyaratan khusus
- Jenis II :Semen untuk beton tahan sulfat dan memiliki panas hidrasi sedang
- Jenis III :Semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).
- Jenis IV :Semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah.

2. Agregat

Dalam SNI-15-1991-03, agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, kerikil dan batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan satu media pengikat untuk membentuk beton semen

hidrolik atau adukan. Dalam struktur beton biasanya agregat biasa menempati kurang lebih 70 % – 75 % dari volume beton yang telah mengeras.

Agregat yang digunakan untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Ketentuan dan persyaratan dari SII 0052-80 “Mutu dan Cara Uji Agregat Beton”. Bila tidak tercakup dalam SII 0052-80 maka agregat harus memenuhi ASTM C33 “*Specification for Structural Concrete Agregates*”.
- b. Ketentuan dari ASTM C330 “*Specification for Light Weight Agregates for Structural Concrete*”, untuk agregat dan struktur beton.

Berdasarkan ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

- a. Agregat halus, diameter 0 – 5 mm disebut pasir, yang dibedakan:
 - Pasir halus : \varnothing 0 – 1 mm
 - Pasir kasar : \varnothing 1 – 5 mm.
- b. Agregat kasar, diameter \geq 5 mm, biasanya berukuran antara 5 – 40mm yang disebut kerikil.

3. Air

Air yang digunakan untuk proses pembuatan beton yang paling baik adalah air bersih yang memenuhi persyaratan air minum. Air yang digunakan dalam proses pembuatan beton jika terlalu sedikit maka akan menyebabkan beton akan sulit untuk dikerjakan, tetapi jika kadar air yang digunakan terlalu banyak maka kekuatan beton akan berkurang dan terjadi penyusutan setelah beton mengeras.

Menurut SK SNI 03-2847-2002, Syarat air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton adalah sebagai berikut :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus lebih bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, 16

alkali, garam, bahan organik, dan bahan-bahan lainnya yang dapat merugikan terhadap beton dan tulangan.

2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada campuran beton, kecuali pencampuran proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama dan hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortal yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur yang dibuat dan uji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortal semen hidrolis (menggunakan specimen kubus dengan sisi 50mm)” (ASTM C 109).

2.2 Beton Serat

Tjokrodimuljo (2010) mengemukakan Beton serat (*fibre concrete*) merupakan bagan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat, serat yang digunakan pada umumnya berupa batangbatang dengan diameter 5-500 μm (mikro meter) dan panjang sekitar 25 mm sampai 100 mm. Bahan serat dapat berupa: serat asbestos, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat plastik (*polypropylene*), atau potongan kawat baja (Pratiwi et al., 2016).

Beton serat menurut (ACI 544.1R-96) juga didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari semen hidrolis, agregat, dan bahan lain yang memperkuat berupa serat-serat. Serat yang cocok untuk memperkuat beton telah diproduksi dari baja, kaca, dan polimer organik (serat-serat sintesis) (Pratiwi et al., 2016).

Menurut Wahyudi (2011) Serat optik (*fiber optic*) adalah suatu pemandu gelombang cahaya (*light wave guide*) yang berupa suatu kabel tembus pandang (transparant), yang mana pemampang dari kabel tersebut terdiri dari duabagian, yaitu: bagian tengah yang disebut “*Core*” dan bagian luar yang disebut “*Cladding*”. *Cladding* pada serat optik membungkus atau mengelilingi *Core*. (Pratiwi et al., 2016). Adapun bentuk pemampang dari *core* dapat bermacam-macam, antara lain pipih, segi tiga, segi empat, segi banyak atau berbentuk lingkaran. Komposisi kandungan kimia kaca berbagai warna dapat di lihat pada Tabel berikut:

Tabel 2 2 Komposisi kimia kaca sebagai warna

Komposisi	Kaca Bening (%)	Kaca Coklat (%)	Kaca Hijau (%)
SiO ₂	72.42	72.21	72.38
Al ₂ O ₃	1.44	1.37	1.49
TiO ₂	0.035	0.041	0.04
Cr ₂ O ₃	0.002	0.026	0.13
Fe ₂ O ₃	0.07	0.26	0.29
CaO	11.50	11.57	11.26
MgO	0.32	0.46	0.54
Na ₂ O	13.64	13.75	13.52
K ₂ O	0.35	0.20	0.27
SO ₃	0.21	0.10	0.07

Sumber : Shanmugavadivu, dkk (2014)

Menurut Shanmugavadivu (2014) mengemukakan kelebihan *fiber optic* jika digunakan dalam pembuatan beton adalah sebagai berikut: (Pratiwi et al., 2016).

1. Aman, tidak ada listrik, panas, atau sinar ultraviolet di kabel serat optik.
2. Ideal untuk digunakan di dalam dan sekitar air, artefak berharga, lukisan, permukaan yang mudah terbakar, dll.
3. Serba guna, dapat digunakan dalam berbagai aplikasi.
4. Ramah pemakaian, kabel ini tahan lama, tidak berkarat, dan dilindungi UV plastik, sehingga tidak ada yang pecah atau terbakar, hampir bebas perawatan.

Kaca merupakan hasil penguraian senyawa-senyawa inorganik yang mana telah mengalami pendinginan tanpa kristalisasi. Dalam kehidupan sehari-hari kaca digunakan sebagai cermin, insulator panas, alat-alat laboratorium, dekorasi, dan pembatas ruang. Limbah serbuk kaca biasanya dibuang langsung di tanah maupun di sungai dalam jumlah yang cukup banyak. Hal ini tentu saja menyebabkan pencemaran lingkungan, baik pada tanah maupun air. Salah satu upaya untuk mengurangi volume limbah serbuk kaca adalah dengan memanfaatkannya sebagai substitusi agregat halus dalam campuran beton.

Lestari dan Alhamdani (2014) menyebutkan jenis-jenis kaca sebagai berikut : (Pratiwi et al., 2016).

1. Kaca Normal (*Annealed Glass*)

Kaca normal merupakan kaca datar dengan permukaan jernih dan tingkat distorsi yang rendah digunakan untuk aplikasi pada bangunan perumahan, shoppingmall, hotel atau restoran.

2. Kaca laminasi (*Laminated Glass*)

Kaca laminasi merupakan kaca yang terdiri dari 2 atau lebih lapisan dengan satu atau lebih lapisan transparan dengan penambahan bahan *plastic Polyvinyl butiral* (PVB) diantara kedua lapisannya. Sifat kacadiperkuat dengan adanya lapisan PVB. Kaca ini digunakan untuk laminasi antara lain untuk bangunan perkantoran, bank, museum, toko perhiasandan lain-lain.

3. *Tempered or Toughened Glass*

Tempered glass merupakan kaca yang sangat kuat yang diproduksi dengan perlakuan pemanasan seragam pada suhu sekitar 6500°C yang kemudian didinginkan dengan cepat.

4. *Heat strengthened glass*

Heat strengthened glass merupakan jenis tempered glass yang diperkuat secara termal dengan menginduksi tekanan permukaan, digunakan untuk aplikasi pada dinding pemisah, lantai, atap dan kaca struktural.

5. *Heat Soaked Tempered Glass*

Heat Soaked Tempered Glass merupakan jenis kaca yang diproduksi dengan teknik perendaman untuk mengurangi resiko kerusakan yang diakibatkan proses produksi, digunakan untuk aplikasi pada bagian bangunan yang memerlukan kekuatan terhadap perubahan temperatur, seperti kaca struktural.

6. Kaca reflektif (*Reflective glass*)

Kaca reflektif merupakan kaca yang dilapisi logam pada salah satu nya untuk meningkatkan refleksi panas dan cahaya. Jenis kaca ini memiliki kelebihan pada estetika dan mengurangi panas dan silau pada eksterior bangunan. Jenis kaca ini juga dapat mengurangi beban AC

7. *Insulating Glass Unit (Double Glazing)*

Insulating Glass Unit merupakan jenis kaca pabrikan yang terbuat dari 2 atau lebih kaca panel dengan rongga udara diantara lapisan kacanya. Rongga ini bisa diisi dengan udara kering atau gas agar memiliki kinerja termal lebih baik.

8. Cermin (*Mirror*)

Cermin merupakan jenis kaca reflektif dengan tingkat refleksi yang tinggi. Dapat memberikan bayangan pada objek di depannya. Digunakan pada bangunan seperti pada kamar mandi, ruang ganti dinding dekoratif.

2.3 Metode Analisis Data

1. Pemeriksaan kadar lumpur dalam pasir

Dalam SNI 03-4142-1996 “Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No.200 (0,075 mm) Pasir adalah butiran-

butiran mineral yang dapat lolos ayakan 4,8 mm dan tertinggal di atas ayakan 0,075 mm. Didalam pasir juga masih terdapat kandungan- kandungan mineral yang lain seperti tanah dan slit. Pasir yang digunakan untuk bahan bangunan harus memenuhi syarat yang telah ditentukan didalam (PUBI). Pasir yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan, jikakandungan lumpur didalamnya tidak lebih dari 5. Dengan cara endapan ekivalen kadar lumpur dalam pasir yang dinyatakan dalam (%) dapat diketahui secara cepat. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kadar lumpur (tanah liat dan silt) dalam pasir tersebut.

2. Pemeriksaan kadar air agregat

Dalam SNI 03-1971-1990 “Metode Pengujian Kadar Air Agregat”, Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat agregat dalam kondisi kering terhadap berat semula yang dinyatakan dalam persen dan berfungsi sebagai koreksi terhadap pemakaian air untuk campuran beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat dilapangan. Hasil pengujian kadar air agregat dapat digunakan dalam pekerjaan:

- a. Perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton
- b. Perencanaan campuran dan pengendalian mutu perkerasan jalan.

Tujuan Pemeriksaan kadar air pasir ini bertujuan untuk mengetahui kadar/ kandungan air yang ada di permukaan butir-butir pasir atau kerikil.

3. Analisis saringan

Dalam SNI 03-1968-1990 “Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar, Pemeriksaan ini adalah salah satu cara untuk mengetahui nilai variasi butiran suatu agregat. Variasi butiran agregat dapat mempengaruhi kelecakan dari mortar beton, apabila agregat halus yang terdapat dalam mortar terlalu banyak akan menyebabkan lapisan tipis dari agregat halus dan semen akan naik ke atas.

Tujuan analisis gradasi (pemeriksaan gradasi) pasir berikut ini adalah untuk:

- a. Memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran, baik agregat halus maupun agregat kasar

- b. Menentukan modulus kehalusan (*fineness modulus*) agregat halus dan kasar, serta ukuran maksimum agregat kasar. Ukuran maksimum agregat kasar digunakan untuk menetapkan berat air dan persentase udara yang ada dalam unit beton.

4. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus

Tujuan pemeriksaan ini ialah untuk memperoleh berat jenis curah, berat jenis semu jenuh kering muka dan penyerapan air pada agregat halus. Berat jenis curah/*bulk specific gravity* adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C. Berat jenis kering permukaan jenuh/*saturated surface dry specific gravity* adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C. Berat jenis semu/*apparent specific gravity* adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C. Penyerapan/*absorption* adalah perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering dinyatakan dalam persen.

5. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pemeriksaan berat jenis dan SSD pasir merupakan hal yang penting untuk mengetahui pasir tersebut telah memenuhi syarat atau belum untuk bahan campuran adukan beton.

Tujuan Untuk menentukan "*bulk and apparent*" berat jenis (*specific gravity*) dan penyerapan (*absorption*) dari agregat kasar (kerikil) menurut prosedur SNI 1969:2008. Nilai ini diperlukan untuk menetapkan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton.

6. Pembuatan adukan beton atau *Mix design*

Pada tahapan ini bertujuan untuk mengetahui langkah-langkah yang benar dalam pembuatan *mix design* beton. Adapun langkah langkah pembuatan beton menurut SNI 03 2834-2000 sebagai berikut: (Taufiq Lilo Adi Sucipto, 2020).

a. Menentukan mutu beton dan umur beton

Dalam penelitian ini, mutu beton yang akan digunakan adalah $F_c'20$ MPa dengan umur pengujian beton 28 hari. Penggunaan mutu beton 20 Mpa merupakan mutu standar yang digunakan pada pengecoran jalan dan plat lantai bangunan bertingkat.

b. Menentukan Nilai Deviasi Standar (DS)

Tabel 2 3 Mutu Pelaksanaan Volume Adukan Dan Deviasi Standar

Volume Pekerjaan		Deviasi standar sd (MPa)		
Sebutan	Volume Beton (m3)	Mutu pekerjaan		
		Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	<1000	$4,5 < s \leq 5,5$	$5,5 < s \leq 6,5$	$6,5 < s \leq 8,5$
Sedang	1000-3000	$3,5 < s \leq 4,5$	$4,5 < s \leq 5,5$	$5,5 < s \leq 7,5$
Besar	>3000	$2,5 < s \leq 3,5$	$3,5 < s \leq 4,5$	$4,5 < s \leq 6,5$

Sumber: SNI 03 2834-2000

Standar deviasi akan digunakan untuk nilai margin atau angkaaman yang apabila kita disain itu paling tidak akan setara atau lebih sedikit dari mutu yang direncanakan.

Tabel 2 4 Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber: SNI 03 2834-2000

Karena dalam penelitian ini masih termasuk studi eksperimen, jadi digunakan tingkat pengendali yang jelek yaitu 7 MPa.

c. Mencari Nilai Tambah Untuk Nilai Kuat Tekan Rencana (M)

Tabel 2 5 Angka koreksi standar deviasi

Jumlah pengujian	Faktor pengkali deviasi standar
< 15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
>30	1,00

Sumber: SNI 03 2834-2000

- Semakin sedikit sampel yang digunakan maka angka margin/deviasi standarnya lebih besar.
- Karena penelitian ini adalah studi eksperimen dan benda uji yang dibuat <15, maka ditetapkan nilai margin setara 12 Mpa (SNI 03 2834-2000).
- Atau jika dihitung dengan menggunakan rumus, nilai margin ini setara dengan:

$$1,64 \times s \dots\dots\dots (2.1)$$

7. kuat tekan beton yang ditargetkan dapat dihitung

dengan Rumus:

$$f'_{cr} = f'_{c} + M \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata (Mpa).
- f'_{c} = Kuat tekan yang disyaratkan (Mpa).
- M = Nilai tambah (Mpa).

8. Menentukan Jenis Semen *Portland*

Menurut Tjokrodinuljo (2007) Semen *Portland* merupakan bahan pengikat *hidrolis* yang sangat penting dalam konstruksi beton. Bahan perekat hidrolis yaitu dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker*, terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat *hidrolis* dengan gips sebagai bahan pembantu untuk membentuk pasta semen atau *grout* bila bersenyawa dengan air dapat mengeras dan bila bereaksi dengan agregat halus biasa disebut mortar (Pratiwi et al., 2016).

Semen *Portland* yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *Portland* tipe I.

a. Menetapkan Jenis Agregat

Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, apakah berupa alami atau batu pecah, pada penelitian ini digunakan agregat kasar batu pecah dan agregat halus alami.

b. Menetapkan Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen yang digunakan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan berdasarkan hubungan kuat tekan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat digunakan Tabel 2.6 dan Gambar 2.1.

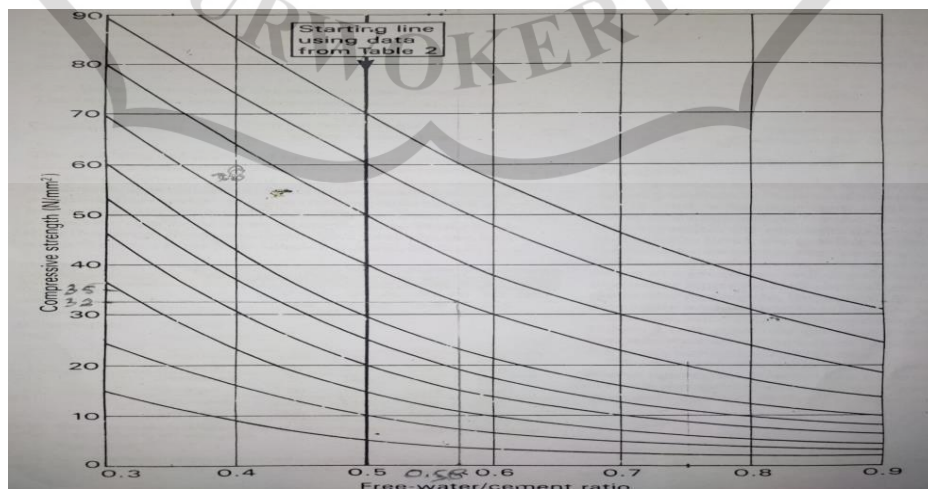
Tabel 2 6 Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) dengan Air semen danAgregat Yang Biasa Dipakai di Indonesia

	Jenis Agregat	Umur3 hari	Umur7 hari	Umur 28 Hari	Umur 91 hari	Bentuk Uji
Semen Tipe I	Batu tak	17	23	33	40	Silinder
	dipecahkan					
	Batu pecah					
Semen Tahan Sulfat TipeII,V	Batu tak	20	28	40	48	Kubus
	dipecahkan					
	Batu pecah					
Semen TipeIII	Batu tak	21	28	38	44	Silinder
	Dipecahkan					
	Batu pecah					

Sumber: SNI 03 2834-2000

Pada tabel sesuaikan jenis semen, semen yang akan digunakan adalah semen tipe 1 dan jenis agregat kasar yaitu batu pecah serta umur rencana 28 hari dengan bentuk benda uji silinder dan didapatkan kuat tekan senilai 32MPa pada nilai faktor air semen (F_{as}) 0,5.

Gambar 2 1 Hubungan Faktor Air Semen dan Kekuatan Tekan Beton Untuk Benda Uji Silinder



Sumber: 03-2834-2000

Cara menggunakan Grafik adalah sebagai berikut:

1. Tarik garis vertikal *fas* 0,5 sesuai dengan tabel.
2. Kemudian Tarik secara horizontal nilai kuat tekan silinder 32 Mpa ke kanan sampai berpotongan dengan nilai *fas* 0,5.
3. Setelah berpotongan dibuat garis parabola diantara garis pertemuan titik 32Mpa dan *fas* 0,5.
4. Setelah didapat garis parabola baru, kemudian gunakan kuat tekan yang direncanakan $f'_{cr} = 32$ Mpa. Kemudian Tarik secara horizontal dari nilai f'_{cr} (32 MPa) sampai menyentuh garis parabola yang baru.
5. Kemudian Tarik kebawah secara tegak lurus sampai menyentuh nilai *fas* dan kemudian baca nilai *fas* yang akan dicari.
6. Maka akan didapat nilai *fas* bebas = 0,58
7. Faktor air semen adalah perbandingan jumlah air dengan jumlah semen, semakin tinggi nilai *fas*, maka semakin kecil nilai kuat tekan beton sehingga harus hati-hati dalam menentukan nilai *fas*.
8. Menentukan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum sesuai dengan tabel 2.7.

Tabel 2 7 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkaran Khusus

Lokasi	Jumlah Semen Minimum Per m ³ Beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam Ruang Bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif		
disebabkan oleh kondensasi atau Korosif	325	0,52

Beton di luar ruangan bangunan:

a. Tidak terlindung dari hujan dan

terik matahari langsung 325 0,6

b. Terlindung dari hujan dan terik

matahari langsung 275 0,6

Beton masuk kedalam tanah:

a. Mengalami keadaan basah dan

kering berganti-ganti 325 0,55

b. Mendapat pengaruh sulfat dan

alkali dari tanah —

Beton yang kontinu berhubungan :

a. Air tawar

b. Air laut —

Sumber : SNI 03 2834-2000

- Fas maksimum dan jumlah semen minimum pada pengujian ini diambil jenis pembetonan beton di dalam ruang bangunan keadaan keliling non

korosif sehingga fas maksimum didapat nilai 0,6 dan jumlah semen 275kg/m³.

- Sehingga fas yang digunakan adalah 0,55 (fas terkecil). Digunakan fas terkecil karena semakin tinggi nilai fas, maka mutu beton akan semakin turun.
- Nilai *slump* yang ditentukan di dalam indoor yaitu 60mm- 180 mm.

9. Besar Butir Agregat Maksimum

Besar butir agregrat maksimum yang ditentukan dalam penelitian ini adalah 40 mm.

10. Kadar Air Bebas

Kadar air bebas agregat campuran (agregat tak dipecahkan dan agregat dipecahkan) dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} W_h = \frac{1}{3} W_k \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

W_h = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Nilai W_h dan W_k diperoleh dari tabel 2.8.

Tabel 2.8 Perkiraan Kebutuhan Air Bebas (Kg/m³)

Ukuran Maks Kerikil	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 – 10	10 - 30	30 – 60	60 -180
10	Tak dipecah	150	180	205	225
	Pecah	180	205	230	250
20	Tak dipecah	135	160	180	195
	Pecah	170	190	210	255
40	Tak dipecah	115	140	160	175
	Pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI 03 2834-2000

Dengan ukuran agregat 40 mm dan nilai *slump* 60 mm – 180 mm, didapat jenis batuan alami 175 (W_h) dan batu pecah 205 (W_k).

– Maka dapat dihitung dengan rumus :

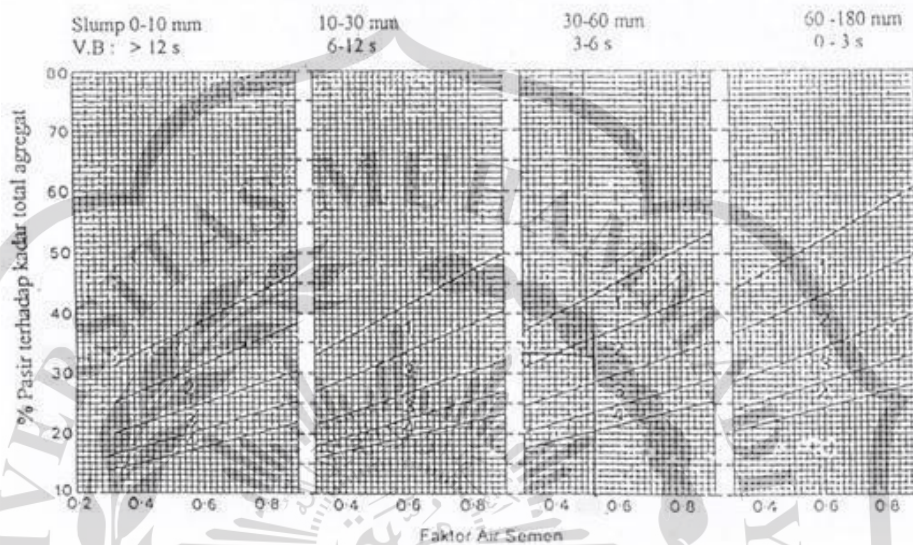
$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} W_h = \frac{1}{3} W_k \dots\dots\dots(2.4)$$

faktor air semen

11. Menentukan Persentase Agregat Halus dan Agregat Kasar

Untuk menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar dapat dilihat pada gambar grafik 2.2.

Gambar 2.2 Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat



Sumber: 03-2834-2000

- Susunan besar butir agregat halus adalah daerah gradasi agregat no.2 sesuai dengan tabel SNI 03-2834-2000.
- Persen agregat halus dicari dan disesuaikan pada ukuran agregat maksimum yang digunakan.
- Pada *mix design* untuk penelitian ini, agregat maksimum yang digunakan adalah 40mm, sehingga digunakan grafik 15. Kemudian berdasarkan nilai *slump* yang telah ditentukan (60mm-180mm) maka digunakan grafik no.4
- Kemudian dengan menggunakan nilai *f_a* yang digunakan yaitu 0,58 dan daerah gradasi agregat halus yaitu gradasi 4, maka persen agregat halus dapat ditentukan.

Cara menggunakan grafik adalah sebagai berikut:

- a. Pada gambar 2.2 di atas, tentukan grafik yang akan dipakai

berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang direncanakan.

- b. Tarik garis vertikal ke atas sampai kurva yang paling atas diantara 2 kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir.
- c. Kemudian, Tarik garis horizontal ke kanan, baik kurva batas atas maupun kurva batas bawah yang berada di daerah gradasi dan catat nilainya.
- d. Ambil rata-rata dari hasil kedua nilai tersebut
- e. Untuk persentase agregat kasar dihitung dengan rumus: $100\% - \text{persentase agregat halus}$.

12. Berat Jenis Relatif Agregat

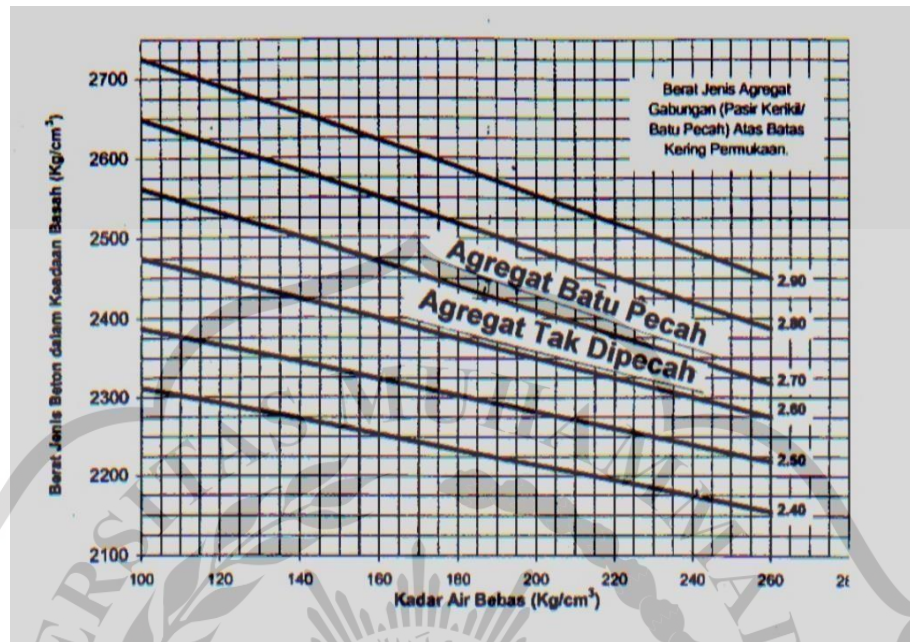
Berat jenis relative agregat diambil dari hasil laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{BJ agregat gabungan} = (\%AH \times \text{BJ Agregat halus}) + (\%AK \times \text{BJ Agregat kasar}) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

- BJ agregat gabungan = Berat jenis agregat gabungan
- BJ agregat halus = Berat jenis agregat halus
- BJ agregat kasar = Berat jenis agregat kasar
- %AH = Persentase agregat halus
- %AK = Persentase agregat kasar

13. Mencari Nilai Berat Isi Beton Dengan Menggunakan Gambar 2.3.
Gambar 2 3 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah.



Sumber: 03-2834-2000

Cara menggunakan grafik adalah sebagai berikut:

- Pada gambar 2.3 diatas, Tarik garis sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan sejajar dengan garis linier yang telah ada pada grafik.
- Tarik garis vertical keatas sampai memotong garis yang telah dibuat tadi sesuai dengan nilai kadar air bebas kemudian Tarik garis horizontal ke kiri pada perpotongan kedua garis diatas dan catatnilainya.

14. Pemeriksaan slam beton segar

Dengan pemeriksaan slam diperoleh nilai slam yang dipakai sebagai tolak ukur kelecakan beton segar, yang berhubungan dengan tingkat kemudahan pengerjaan beton. Bertujuan untuk mengetahui langkah dan besarnya nilai uji slam.

Penetapan nilai *slump* untuk berbagai pengerjaan beton dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 2 9 Penetapan nilai slump adukan beton

Uraian	Nilai Slump	
	Maksimum	Minimum
Dinding, Pelat pondasi dan pondasi telapak Bertulang	12,5	5,00
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah	9,00	2,50
Pelat, Balok, Kolom, Dan Dinding	15,00	7,50
Perkerasan jalan	7,50	5,00
Pembetonan massal	7,50	2,50

Sumber : Tjokrodimuljo(2007)

15. Pembuatan silinder beton

Silinder beton yang dibuat adalah replikasi dari beton yang digunakan untuk bahan bangunan. Silinder beton ini dibuat dari adukan beton yang akan digunakan, yang merupakan sampel yang akan diujikan di laboratorium. Jumlah silinder beton yang dibuat harus bisa merepresentasikan dari adukan beton yang dibuat sebagai bahan bangunan.

16. Pengujian kuat tekan silinder beton

Maksud dari pengujian kuat tekan silinder beton adalah untuk menentukan kekuatan tekan beton berbentuk silinder yang dibuat dan dirawat di Laboratorium. Kekuatan tekan beton adalah beban persatuan luas yang menyebabkan beton hancur. Kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

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

Dengan:

F'c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm)

2.4 Penelitian Terdahulu

Pada tahun 2021 Asrafi Abrar dan Masril melakukan penelitian terkait pengaruh penambahan limbah kaca terhadap kuat tekan beton pernah dilakukan dengan mutu beton $f'c$ 14.5 dan variasi pecahan kaca sebesar 0%, 4%, 6%, 8% dari berat agregat halus. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada beton umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Hasil uji kuat tekan selama 28 hari menunjukkan bahwa nilai Dari hasil penelitian dan pengujian, penambahan tumbukan limbah kaca sebesar 0% (beton normal) tekan umur 28 hari $f'c$ 14,53Mpa, untuk 4% kuat tekan umur 28 hari $f'c$ 12,83 Mpa, untuk 6% kuat tekan umur 28 hari $f'c$ 12,46 Mpa, untuk dan 8% kuat tekan umur 28 hari $f'c$ 12,08 Mpa

Syf. Umi Kalsum dan Betti Ses Eka Polonia pada tahun 2021 melakukan penelitian mengenai pengaruh limbah kaca pengganti agregat halus terhadap kuat tekan beton dengan variasi serbuk kaca sebesar 2% dan 4% sebagai pengganti agregat halus. Tujuan pencampuran limbah kaca diharapkan dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton. Uji kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Dengan hasil uji kuat tekan paling rendah yaitu beton variasi 4% dan hasil uji kuat tekan tertinggi pada variasi 2%, presentase penambahan limbah kaca yang paling optimal terhadap kuat tekan beton maksimum adalah variasi campuran 2% dengan hasil 11.88 MPa dan 11.32 MPa.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Ananda Welas Asih pada tahun 2018, Ananda meneliti pengaruh serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus pada beton mutu tinggi dengan menggunakan serbuk kaca sebagai substitusi pasir dengan proporsi 0%,5%,10%,15% dan 20%terhadap volume pasir, dengan ukuran ada penelitian ini menggunakan metode SNI 7656-2012 dengan hasil pengujian menunjukkan bahwa proporsimaksimum serbuk kaca didapatkan pada

variasi 5% yaitu pada pengujian tarikbelah, modulus runtuh dan kuat geser beton mengalami peningkatan rata-rata berturut-turut sebesar 45.378%, 13.415%, dan 12.59%. Sedangkan pada pengujian kuat tekan didapatkan proporsi maksimum pada variasi 10% dengan peningkatan sebesar 7.957%.

Oktavian Bagus Pratama melakukan penelitian terhadap Pengaruh penambahan kabel *fiber optic* sebagai bahan pengganti sebagian semen dapat meningkatkan kuat tekan beton. Dari hasil uji kuat tekan beton normal diperoleh rata-rata sebesar 23,59 Mpa dengan penambahan serat 1% diperoleh rata-rata sebesar 26,37 Mpa mengalami peningkatan 11,78% dari beton normal. Dengan penambahan serat 1,5% diperoleh rata-rata sebesar 31,85 Mpa mengalami peningkatan 35% dari beton normal, dan dengan [penambahan serat 2% diperoleh rata-rata sebesar 28,54 Mpa mengalami peningkatan 20,98 % dari beton normal. Presentase penambahan limbah *fiber optic* yang dapat meningkatkan kuat tekan beton secara optimal adalah 1,5 %, diperoleh rata-rata kuat tekan sebesar 31,85 Mpa yaitu mengalami peningkatan 35% dari beton normal,

Pada tahun 2016 Sustika Pratiwi, Hakas Prayuda dan Fadillawaty Saleh melakukan penelitian kuat tekan beton serat menggunakan variasi *fibre optic* dan pecahan kaca. Penelitian ini menggunakan serat optik yang merupakan serat sintetis diperoleh dari bagian dalam kabel optik. Kaca merupakan bahan yang mudah ditemukan dan memiliki nilai ekonomis, selain itu kaca juga memiliki ketahanan abrasi yang sangat baik cuaca dan serangan kimia. Tiga variasi kandungan serat digunakan untuk ini penelitian yaitu 0,1%; 0,15%; 0,2% dengan panjang 10 cm. Sedangkan serbuk pecahan kaca yang digunakan adalah 20% dari berat pasir. Dalam pembuatan benda uji menggunakan perhitungan ACI 544. IR-96 yang menghasilkan kuat tekan rata-rata kadar serat 0,1%(22,43 MPa), 0,15%(24,31 MPa), 0,2%(29,63 MPa) dapat disimpulkan bahwa penambahan serat dari 0,1% menjadi 0,15% mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 8,4% dan penambahan serat dari 0,15% menjadi 0,2% mengalami peningkatan rata-rata sebesar 21,9%.