

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang pernah dilakukan dapat dijadikan literature untuk penyusunan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh yulian yudha adhityatama (2016). Penelitiannya berjudul “Analisis Pengaruh Penambahan Pecahan Bata Ringan Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton”. Dengan penambahan pecahan bata ringan sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%, dimana setiap variasi dibuat 10 sampel dengan rencana mutu beton $f'c = 14,5$ Mpa.

Hasil penelitian yulian yudha adhityatama menyimpulkan bahwa :

1. Penambahan bata ringan sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan variasi 0% sampai 20% memberi pengaruh terhadap kuat tekan beton.
2. Hasil kuat tekan beton maksimal sebesar 16,176 Mpa pada variasi pecahan bata ringan sebanyak 20%.
3. Hasil kuat tekan beton minimal sebesar 14,559 Mpa pada variasi pecahan bata ringan sebesar 5%.
4. Hasil kuat tekan beton dari variasi pecahan bata ringan sebesar 0% sampai 20% pada umur 28 hari sama-sama melebihi kuat tekan beton yang telah direncanakan yaitu $f'c = 14,5$ Mpa.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya ialah pada jenis campuran benda uji kuat tekan beton yang digunakan yaitu abu batu dengan

variasi 15% dan 25%, dimana setiap variasi yang dibuat 10 sempel dengan rencana $f'c = 19,3$ Mpa.

Penelitian yang dilakukan oleh Didik Kurnyawan yang berjudul “Pengaruh Abu Batu Sebagai Pengganti Pasir Untuk Pembuatan Beton”. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengurangan jumlah pasir yang digunakan dalam komposisi beton ditentukan dengan penambahan persentase abu batu. Dimana persentase dari penggunaan abu batu ditentukan sebesar 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari jumlah pasir yang digunakan. Benda uji menggunakan silinder dengan ukuran 15 x 30 cm, dengan masing-masing proporsi campuran sebanyak 10 benda uji menggunakan mutu beton $f'c = 20$ Mpa. Dari penelitian ini diketahui bahwa semakin banyak campuran abu batu maka semakin menurun pula kuat tekannya. Setiap kenaikan 20% proporsi campuran abu batu terhadap berat pasir menghasilkan penurunan kekuatan. Untuk 0% abu batu menghasilkan $F_{cr} = 20,67$ Mpa; 20% abu batu menghasilkan $F_{cr} = 19,44$ Mpa; 40% abu batu menghasilkan $F_{cr} = 18,14$ Mpa; 60% abu batu menghasilkan $F_{cr} = 17,03$ Mpa; 80% abu batu menghasilkan $F_{cr} = 15,94$ Mpa; 100% abu batu menghasilkan $F_{cr} = 15,01$ Mpa. Dari penelitian yang dilakukan penambahan abu batu lebih dari 20% tidak mencapai kuat tekan beton yang disyaratkan karena dengan menggunakan campuran 20% abu batu, kuat tekan beton hanya mencapai 19,44 Mpa.

B. Umum

Dalam konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari

beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air. Biasanya dipercayai bahwa beton mengering setelah pencampuran dan peletakan. Sebenarnya, beton tidak menjadi padat karena air menguap, tetapi semen berhidrasi, mengesem komponen lainnya bersama dan akhirnya membentuk material seperti-batu. Beton digunakan untuk membuat perkerasan jalan, struktur bangunan, fondasi, jalan, jembatan penyeberangan, struktur parkir, dasar untuk pagar/gerbang, dan semen dalam bata atau tembok blok. Nama lama untuk beton adalah batu cair. (Mulyono, 2005)

Pengertian beton sendiri adalah merupakan campuran yang homogen antara semen, air dan agregat. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Selain karena kemudahan dalam mendapatkan material penyusunnya, hal itu juga disebabkan oleh penggunaan tenaga yang cukup besar sehingga dapat mengurangi masalah penyediaan lapangan kerja. hal yang menjadi pertimbangan pada proses produksinya berupa kekuatan tekan yang tinggi dan kemudahan pengerjaannya, serta kelangsungan proses pengadaan beton. (Mulyono, 2003).

C. Sifat - Sifat Umum Beton

1. Kekuatan

Beton bersifat getas, sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya bila kuat tekannya tinggi, umumnya sifat-sifat yang lain juga baik. Berdasarkan kuat tekan beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis yang terdapat pada Tabel 2.1 (Tjokrodymuljo, 2012).

Tabel 2.1 Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya

Jenis beton	Kuat tekan
Beton sederhana	sampai 10 Mpa
Beton normal	15 - 30 Mpa
Beton pra tegang	30 - 40 Mpa
Beton kuat tekan tinggi	40 - 80 Mpa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 Mpa

Sumber : Tjokrodymuljo, 2012

Beton sederhana dipakai untuk pembuatan bagian-bagian non-struktur, misalnya perkerasan lantai, dinding bukan penahan beban, dan sebagainya.

Beton jenis ini kuat tekannya dibawah 10 Mpa, sedangkan beton normal dipakai untuk struktur beton bertulang, bagian-bagian struktur penahan beban, misalnya kolom, balok, dinding yang menahan beban, dan sebagainya. Kuat tekan beton normal berkisar antara 15 Mpa - 30 Mpa.

Khusus untuk struktur beton yang berada di daerah gempa, kuat tekannya minimum 20 Mpa.

2. Berat jenis

Beton normal yang dibuat dengan agregat normal (pasir dan kerikil normal 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 berkurang dari 2,0. Jenis-jenis beton menurut berat jenisnya dan macam-macam pemakaiannya dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Berat Jenis Beton Menurut Jenisnya

Jenis beton	Berat jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1,00	non struktural
Beton ringan	1,00 - 2,00	struktur ringan
Beton normal	2,30 - 2,40	struktur
Beton berat	> 3,00	perisai sinar X

Sumber : Tjokrodymuljo, 2012

3. Modulus elastis

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

- a. E_c = Modulus elastisitas beton, Mpa
- b. W_c = Berat jenis beton
- c. f'_c = kuat tekan beton, Mpa

4. Kerapatan air

Pada bangunan tertentu beton diharapkan dapat rapat air (kedap air) agar tidak bocor, misalnya plat atap, dinding *basement* dan sebagainya. Selain itu juga untuk mencegah terjadinya karat pada baja tulangan, diperlukan beton yang rapat air, Beton rapat air (kedap air) ialah beton yang sangat padat sehingga air tidak dapat meresap ke dalamnya atau rembes melalui pori-pori dalam beton.

Pembuatan beton kedap air (Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air, SNI-03-2941-1992) dapat diusahakan dengan cara :

- a. Menambah butiran pasir halus (yaitu semen dan pasir yang lebih kecil dari 0,30 mm) sampai sekitar 400 - 520 kg per meter kubik beton.
- b. Menambah jumlah semen sampai sekitar 280 - 380 kg per meter kubik beton.
- c. Faktor air semen maksimum 0,45-0,50 (tergantung kedap air tawar, atau kedap air payau / air laut).
- d. Memakai jenis semen portland tertentu (tergantung kedap air tawar, atau kedap air payau / air laut).

5. Susutan pengerasan

Volume beton setelah keras sedikit lebih kecil daripada volume beton sewaktu masih lunak (beton segar), karena pada waktu mengeras mengalami sedikit susut karena peristiwa penguapan air. Bagian yang susut adalah pastanya, karena agregat tidak berubah volume. Oleh karena itu, semakin banyak pastanya semakin besar susutan betonnya. Sedangkan pasta itu sendiri, semakin besar faktor air-semen semakin besar susutannya. Susutan beton sekitar 2.10^{-3} dan pastanya sekitar 6.10^{-3} .

6. Ketahanan terhadap ausan, cuaca, dan zat kimia

Pada bangunan tertentu beton khusus diharapkan dapat tahan terhadap ausan, abrasi, atau erosi, misalnya pada lapisan perkerasan jalan raya, landasan pesawat udara, permukaan bendung, dinding dan dasar saluran air, dasar terjunan air, dan sebagainya.

D. Semen Portland

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150,1985, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81 atau standar uji bahan bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut (PB.1989:3.2-8). (Mulyono, 2005)

Menurut Mulyono, 2005 dalam buku Teknologi Beton sifat semen Portland dapat dibedakan menjadi dua yaitu sifat fisika dan sifat kimia.

1) Sifat fisika semen Portland meliputi :

- a. Kehalusan butir
- b. Waktu pengikatan
- c. Kekekalan
- d. Kekuatan tekan
- e. Peningkatan semu
- f. Panas hidrasi
- g. Hilang pijar

2) Sifat kimia semen Portland meliputi :

- a. Kesegaran semen
- b. Sisa yang tidak larut (*Insoluble Residue*)
- c. Komposisi syarat yang diberikan

Semen Portland di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis antara lain :

- 1) Semen Portland tipe I untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain.
- 2) Semen Portland tipe II yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- 3) Semen Portland tipe III yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan-persyaratan kekuatan awal tinggi.
- 4) Semen Portland tipe IV yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
- 5) Semen Portland tipe V yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

E. Agregat

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. berdasarkan pengalaman, komposisi agregat tersebut berkisar 60% - 70% dari berat campuran beton. (Mulyono ,2005) Secara umum agregat dibedakan menjadi dua yaitu agregat kasar dan agregat halus.

1) Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan

mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Fungsi dari agregat kasar adalah sebagai pengisi campuran adukan beton selain agregat halus. (SNI 03 – 2847 – 2002)

2) Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 0.5 mm. (SNI 03 – 2847 – 2002).

F. Air

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air hanya diperlukan 25% dari berat semen saja. Selain itu, air juga digunakan untuk perawatan beton dengan cara pembasahan setelah dicor. (Tjokrodinuljo, 1996).

Persyaratan air yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Air tidak boleh mengandung lumpur (benda-benda melayang lain) lebih dari 2 gram/liter.
2. Air tidak boleh mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Air tidak boleh mengandung *Chlorida* (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.

4. Air tidak boleh mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

G. Bahan Tambah

Penambahan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau mortar sebaiknya tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan yang lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti atau substitusi dari dalam campuran beton itu sendiri sehingga kecenderungan perubahan komposisi dalam berat atau volume tidak terasa secara langsung dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah. (Mulyono, 2005)

Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu batu sebagai pengganti sebagian agregat halus. Abu batu bisa didapat pada penggilingan batu, karena banyak terdapat abu batu pada penggilingan batu tersebut.

Abu batu adalah hasil dari pengolahan batu pecah dengan menggunakan stone crusher Abu batu saat ini merupakan bahan hasil sampingan dalam industri pemecahan batu yang jumlahnya tidak sedikit. Saat ini abu batu tidak begitu laku untuk dijual karena pemakaian dalam industri konstruksi sangat sedikit mengingat penggunaan pasir sebagai agregat halus masih digunakan untuk campuran beton. Untuk itu dilakukan pengujian komposisi beton normal dengan pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan abu batu sebagai pengganti pasir untuk campuran beton.

H. Beton Mutu K-225 (f'c 19,3 Mpa)

Menurut Pedoman Beton 1989, beton didefinisikan sebagai campuran semen Portland atau sembarang semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan.

Beton juga mempunyai beberapa jenis mutu, salah satunya adalah beton mutu K-225. Mutu beton K-225 adalah pada huruf “K” berarti “karakteristik/kualitas” dan angka dua ratus dua puluh lima “225” menunjukkan kekuatan tekanan beban pada beton sebesar 225 kg per m³, biasanya kuat tekan ini diperoleh setelah betonnya mengering selama 28 hari dari proses pengecoran, sedangkan F'c 19.3 Mpa adalah menyatakan kekuatan tekan minimum adalah 19.3 Mpa pada umur 28 hari dengan menggunakan silinder sebagai alat pencetaknya diameter 15 cm, tinggi 30 cm. beton ini biasanya digunakan untuk pekerjaan struktur seperti lantai, jalan, pondasi, sloof, kolom.

Tabel 2.3 Daftar Mutu Beton SNI

Mutu Beton	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (liter)	W/C ratio
7,4 Mpa (K-100)	247	869	999	215	0,87
9,8 Mpa (K-125)	276	828	1012	215	0,78
12,2 Mpa (K-150)	299	799	1017	215	0,72
14,5 Mpa (K-175)	326	760	1029	215	0,66
16,9 Mpa (K-200)	352	731	1031	215	0,61
19,3 Mpa (K-225)	371	698	1047	215	0,58
21,7 Mpa (K-250)	384	692	1039	215	0,56
24,0 Mpa (K-275)	406	684	1026	215	0,53

26,4 Mpa (K-300)	413	681	1021	215	0,52
28,8 Mpa (K-325)	439	670	1006	215	0,49
31,2 Mpa (K-350)	448	667	1000	215	0,48

Sumber : SNI DT – 91 – 0008 – 2007

I. *Mix Design*

Perencanaan ini sebenarnya diambil dari perencanaan adukan beton cara Inggris (“*The British Mix Design Method*”) yang tercantum dalam “*Design of Normal Concrete Mixes*” yang telah menggantikan cara Road Note nomor 4 sejak tahun 1975. Perencanaan adukan cara Inggris ini di Indonesia dengan cara DOE (“*Departemen of Enviroment*”). Perencanaan menggunakan cara Inggris ini banyak menggunakan table.

Langkah-langkah pokok cara ini adalah :

1. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c') pada umur 28 hari. Kuat tekan yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur di kondisi setempat. Di Indonesia, yang dimaksud dengan kuat tekan beton yang disyaratkan ialah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih dari nilai itu hanya 5% saja.

2. Penempatan deviasi (sd)

Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan beton. Makin banyak mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standar. Penetapan deviasi standar (sd) ini berdasarkan pada hasil pengalaman praktek pada waktu lalu, untuk pembuatan mutu beton yang sama dan dengan menggunakan bahan dasar yang sama pula.

- a. Jika pelaksanaan tidak mempunyai data pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 buah benda uji , maka nilai deviasi standar diambil dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan dibawah ini.

Tabel 2.4 nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

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 : (Tjokrodimuljo, 1995)

- a. Jika pelaksanaan mempunyai data pengalaman pembuatan beton serupa minimum 30 buah silinder dengan di uji kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka jumlah koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor penggali.
- b. Tabel 2.5 faktor penggali deviasi standar

Jumlah data	30	25	20	15	<15
Faktor penggali	1	1,03	2,08	1,16	-

Sumber : (Tjokrodimuljo, 1995)

- c. Perhitungan nilai tambah (margin), (M)

$$M = K \times Sd$$

Dimana : M = nilai tambah, Mpa

$$K = 1,64$$

Sd = Deviasi standar, Mpa

Rumus diatas berlaku jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton yang diuji kuat tekannya pada umur 28 hari, jika tidak

mempunyai pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 benda uji, maka nilai N langsung diambil 12 Mpa.

d. Penetapan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

$$f_{c'r} = f_{c'} + M$$

Dengan : $f_{c'r}$ = kuat tekan rata-rata, Mpa

$f_{c'}$ = kuat tekan yang disyaratkan, Mpa

M = nilai tambah, Mpa

e. Penetapan jenis semen Portland

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

f. Penetapan jenis agregat

Jenis kerikil dan pasir ditetapkan, apakah berupa agregat alami atau agregat jenis batu pecah.

g. Tetapkan faktor air semen dengan salah satu cara sebagai berikut :

Menurut peraturan SK – SNI – T – 15 – 1990 – 03 kekerasan pasir dan kerikil dibagi menjadi 4 kelompok menurut gradasinya yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Adapun jenis agregat kasar dibedakan menjadi 2 yaitu kerikil alami dan batu pecah.

Agregat yang baik butirannya saja, kuat, dan tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm yaitu $\leq 5\%$ bagi pembuatan beton sampai 10 Mpa, dan untuk diatas 10 Mpa atau mutu yang lebih tinggi yaitu tidak mengandung zat ororganik, kotoran yang lewat ayakan $\leq 2,5\%$, terjadi variasi butiran atau gradasi yang bersifat kekal, tidak hancur dan tidak reaktif terhadap alkali. Agregat kasar butir yang pipih dan panjang harus kurang dari 20% berat.

h. Menetapkan faktor air semen

Cara menetapkan faktor air semen terendah dengan 3 cara, antara lain sebagai berikut :

Tabel 2.6 Kuat Tekan Beton (Mpa) Dengan Faktor Air Semen 0,50

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Umur 3 hari	Umur 7 hari	Umur 28 hari	Umur 91 hari
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 : (SNI 03-2834-2000)

Tabel 2.7 Persyaratan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis pembetonan	FAS maksimum
Beton didalam ruangan bangunan :	
a. Keadaan keliling non-korosif.	0,6
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi.	0,52
Beton diluar ruangan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	0,55
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	0,6
Beton yang masuk kedalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti.	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah.	Table
Beton yang selalu berhubungan dengan air, air tawar/payau/laut.	Table

Sumber : (SNI 03-2834-2000)

i. Penetapan faktor air semen maksimum

Agar beton yang diperoleh tidak cepat rusak maka perlu ditetapkan faktor air semen maksimum direncanakan pada tabel 2.5. jika faktor air semen maksimum ini lebih rendah pada faktor air semen pada langkah 7, maka faktor air semen maksimum ini dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

j. Penetapan nilai slump

Penetapan nilai slump ini 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 dengan alat getar dapat dilakukan dengan nilai slump

yang lebih kecil. Nilai slump yang diinginkan dapat diperoleh dengan tabel berikut.

Tabel 2.8 Penetapan Nilai Slump (cm)

Pemakaian beton	maks	min
Dinding, plat pondasi, dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : (Pd T-07-2005-B)

k. Penetapan besar butir agregat maksimum

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari ketentuan berikut :

- 1) Tiga perempat kali jarak bersih minimum antara baja tulangan, atau berkas baja tulangan, tendon prategang atau selongsong.
 - 2) Sepertiga kali tebal plat.
 - 3) Seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan.
- l. Penetapan jumlah air yang dipakai per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan.

Seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.9 Penetapan Jumlah Air Yang Dipakai Per Meter Kubik Beton

Ukuran maks. Kerikil (mm)	Jenis batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-80
10	Alami	150	180	205	225
	Pecah	135	160	180	195
20	Alami	170	190	210	255
	Pecah	115	140	160	175
40	Alami	155	175	190	205
	Pecah				

Sumber : (SNI 03-2834-2000)

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

$$A = 0,67 Ah + 0,33 Ak \dots\dots\dots(2,3)$$

Dimana :

A = Jumlah air yang dibutuhkan (liter/m³)

Ah = Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya (liter)

Ak = Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya (liter)

m. Hitung berat semen yang diperlukan

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah 11) dengan faktor air semen yang diperoleh pada langkah 8.

n. Kebutuhan semen minimum yang ditetapkan dengan tabel. Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau, air laut.

Tabel 2.10 Kebutuhan Semen Minimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis pembetonan	Semen minimum (kg/m ³) beton
Beton didalam ruangan :	
a) Keadaan keliling non-korosif	275
b) Keadaan keliling korosif, disebabkan kondensasi atau korosif	325
Beton di luar bangunan :	
a) Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari	325
b) Terlindung dari hujan dan terik matahari	275
Beton yang masuk kedalam tanah :	
a) Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325
b) Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Tabel
Beton yang selalu berhubungan dengan air, air tawar/payau/laut	Tabel

Sumber : (SNI 03-2834-2000)

o. Penyesuaian kebutuhan semen

Apabila kebutuhan semen diperoleh dari no. 12 ternyata lebih sedikit dari kebutuhan minimum no. 13 maka kebutuhan semen harus dipakai yang minimum nilainya lebih besar.

p. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen

Jika jumlah semen ada perubahan akibat langkah 14 maka nilai factor air semen berubah. Dalam hal ini dapat dilakukan dengan 2 cara :

- 1) Pertama, faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.

2) Kedua, jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan factor air semen.

q. Penentuan daerah gradasi agregat halus

Berdasarkan gradasinya (hasil analisis ayakan) agregat halus yang akan dipakai diklasifikasikan menjadi 4 daerah. Penentuan daerah gradasi tersebut didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan dalam tabel dibawah ini. Dengan tabel tersebut agregat halus dapat dimasukkan menjadi salah satu dari 4 daerah, yaitu daerah 1, 2, 3, dan 4.

Tabel 2.11 Batas Gradasi Pasir

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	1	2	3	4
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	0-10	0-15

Sumber : (SNI 03-2834-2000)

r. Perbandingan agregat halus dan agregat kasar

Nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran.

Penentuan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus.

J. Kuat Tekan Beton

Untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras yang disyaratkan, dilakukan pengujian kuat tekan beton. Prosedur pengujian kuat tekan mengacu pada *Standart Test Methode for Compressive of Cylindrical Concrete*. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Benda uji ditimbang dan dicatat beratnya.
2. Benda uji diletakan pada mesin penekan dan posisinya diatur agar supaya tepat berada ditengah-tengah plat penekan.
3. Pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan secara *continue* dengan mesin hidrolik sampai benda uji mengalami kehancuran.
4. Beban maksimum akan langsung tersimpan secara otomatis.

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