

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Perkembangan dunia konstruksi di Indonesia saat ini sangat berdampak pada bertambahnya penggunaan beton sebagai material dalam perkuatan struktur. Selain itu teknologi pada beton juga selalu mengalami perkembangan yang lebih dinamis.

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 (Tri Mulyono, 2003) .

Pengaplikasian material beton untuk konstruksi jalan raya khususnya perkerasan kaku (*rigid pavement*) telah banyak dilakukan. Beton dari yang dihasilkan tersebut harus memenuhi kekuatan sesuai yang ditentukan dalam perencanaan. Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat. Kinerja beton ini harus disesuaikan dengan kategori bangunan yang dibuat, yang harus memenuhi kriteria konstruksi, kekuatan tekan dan keawetan. atau durabilitas. Secara umum beton dibedakan kedalam 2 kelompok, yaitu :

a. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton.

Kelas dan mutu beton ini, di bedakan menjadi 3 kelas, yaitu :

1. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan,

sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B₀.

2. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B₁, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B₁, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan.
3. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Adapun pembagian kelas jalan ini, dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	σ'_{bk} (kg/cm ²)	σ'_{bm} (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
					Ringan	Tanpa
I	B ₀	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B ₁	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

(Sumber: Mulyono. T, 2003)

b. Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu :

1. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara $1440\text{--}1850 \text{ kg/m}^3$, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

2. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara $2200 \text{ kg/m}^3\text{--}2400 \text{ kg/m}^3$ dengan kuat tekan sekitar 15–40 Mpa.

3. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

4. Beton massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

5. *Ferro-Cement*

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

6. Beton serat (*fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

2.2 Beton Segar

Beton segar adalah campuran beton setelah selesai diaduk hingga beberapa saat karakteristik dari beton tersebut belum berubah. Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton. Penambahan material lain maupun mengganti material yang sejenis atau berbeda akan membedakan jenis beton tersebut serta bisa menambah mutu dari beton itu sendiri.

Beton segar juga mempunyai sifat-sifat yang penting dan harus selalu diperhatikan yaitu :

a. Kemudahan pengerjaan (*workability*)

Kemudahan pengerjaan beton dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain: jumlah air pencampur, kandungan semen, gradasi campuran pasir-krikil, bentuk butiran agregat kasar, butir maksimum, cara pemadatan berserta alat pemadatannya.

b. *Segregation*

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh campuran kurus atau kurang semen, terlalu banyak air, besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm, dan permukaan butir agregat kasar yang semakin kasar akan mempermudah terjadinya segregasi.

c. *Bleeding*

Kecenderungan naiknya air kepermukaan beton yang baru dipadatkan disebut dengan bleeding. Air naik ini membawa semen dan butir agregat halus, yang

ada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (laitance). Hal yang mempengaruhi bleeding ada beberapa hal yaitu: susunan butir agregat, banyaknya air, kecepatan hidrasi, proses pemadatan.

2.2.1 Umur beton

Kekuatan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naiknya secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Untuk struktur yang menghendaki kekuatan awalnya tinggi, maka campuran akan dikombinasikan dengan semen khusus ataupun penggantian agregat serta menambahkan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I (OPC-I). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya terutama pada penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja pada tekanannya.

2.2.2 Kekuatan tekan beton

Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Perancangan beton harus memenuhi kriteria perancangan standar yang berlaku. Peraturan dan tata cara perancangan tersebut antara lain adalah ASTM, ACI, JIS, ataupun SNI. Perancangan tersebut juga dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang harus memenuhi kinerja utamanya yaitu kuat tekan sesuai rencana dan mudah untuk dikerjakan serta ekonomis dalam pembiayaannya. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton tersebut yaitu : proporsi bahan-bahan penyusunnya, metode perancangan, perawatan dan keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan yang terutama dipengaruhi oleh lingkungan setempat. Kekuatan tekan beton dapat dinotasikan sebagai berikut :

- $f'c$ = Kekuatan tekan beton yang disyaratkan (MPa)
- f_c = Kekuatan tarik dari hasil uji benda uji silinder beton (MPa)
- $f'cr$ = Kekuatan beton rata-rata yang dibutuhkan, sebagai dasar pemilihan pada perencanaan campuran beton (MPa)

- S = Standar deviasi (s) (MPa)

Nilai kuat tekan beton diperoleh dari rumus 2.1 yang dapat dilihat sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

$f'c$ = kuat tekan beton (kg/cm^2)

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (cm^2)

Data kuat tekan sebagai dasar perancangan, dapat menggunakan hasil uji kurang dari 28 hari berdasarkan data rekaman yang lalu untuk kondisi pekerjaan yang sama dengan karakteristik lingkungan dan kondisi yang sama. Jika menggunakan hal ini maka dalam perancangan harus disebutkan (dalam gambar atau dalam uraian lainnya), dan hasilnya dikonversikan untuk umur 28 hari yang dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Perkembangan kuat tekan beton untuk semen portlan type I

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28
Semen Portland Type I	0.46	0.7	0.88	0.96	1.00

(Sumber: PB, 1989)

Dalam perancangan komponen struktur beton diasumsikan hanya menerima beban tekan. Dengan demikian mutu beton selalu dikaitkan dengan kuat tekan beton itu sendiri. Penentuan kuat tekan beton dapat diperoleh melalui pengujian kuat tekan di laboratorium. Dan benda uji yang sering dipakai berupa benda uji berbentuk silinder dan benda uji berbentuk kubus.

Kuat tekan beton yang diperoleh dari benda uji silinder dengan kuat tekan beton yang diperoleh dari benda uji kubus. Hubungan antara kuat tekan silinder dengan kuat tekan kubus dapat dilihat pada tabel 2.3 dan 2.4 berikut.

Tabel 2.3 Hubungan antara kuat tekan silinder dan kuat tekan kubus, A.M Neville

Kuat tekan silinder (MPa)	7,0	15,5	20,0	24,5	27,0	34,5	37,0	41,5	45,0	51,5
Kuat tekan kubus (MPa)	9,21	20,1	24,7	28,2	29,7	37,1	39,4	43,7	46,9	53,7
Rasio Silinder/Kubus	0,76	0,77	0,81	0,87	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96

(Sumber: Properties of Concrete, 1981)

Tabel 2.4 Hubungan antara kuat tekan silinder dan kuat tekan kubus, ISO Standard

Kuat Tekan Silinder (MPa)	2,0	4,0	6,0	8,0	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50
Kuat Tekan Kubus (MPa)	2,5	5,0	7,5	10	12,5	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Ratio Silinder /Kubus	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,83	0,88	0,88	0,89	0,9	0,91

(Sumber: ISO Standar, 1977)

Di samping itu sering dipakai juga benda uji silinder yang memiliki ukuran yang berbeda dengan standar, namun perbandingan antara diameter dan tingginya tetap diusahakan 1:2. Benda uji dengan diameter lebih kecil biasanya digunakan untuk pengujian beton dengan kuat tekan yang sangat tinggi, supaya kapasitas alat uji yang dibutuhkan tidak terlalu besar. Korelasi kuat untuk masing-masing dimensi benda uji dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Korelasi kuat tekan benda uji

Ukuran Silinder (mm)	50 x 100	75 x 150	150 x 300	200 x 400	300 x 600	450 x 900	600 x 1200	900 x 1800
Kuat Tekan Relatif	1,09	1,06	1,00	0,96	0,91	0,86	0,84	0,82

(Sumber: Concrete Manual, 1963)

Untuk benda uji silinder dengan perbandingan tinggi terhadap diameter (L/D) yang berbeda harus dikoreksi sesuai tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Koreksi Perbandingan tinggi terhadap diameter untuk benda uji silinder

Rasio (L/D)	2,0	1,75	1,5	1,25	1,1	1	0,75	0,5
Faktor Koreksi Kekuatan	1,0	0,98	0,96	0,94	0,90	0,85	0,70	0,50
Kuat tekan relative terhadap silinder standar	1,0	1,02	1,04	1,06	1,11	1,18	1,43	2,00

(Sumber: ASTM C-42)

2.2.3 Faktor air semen (fas)

Secara umum diketahui semakin tinggi nilai faktor air semen, semakin rendah pula mutu kekuatan beton. Namun demikian nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti mempunyai kekuatan beton yang tinggi. Terdapat batasan-batasan dalam menentukan nilai faktor air semen, nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam hal pengerjaan dilapangan dan akhirnya menyebabkan mutu beton menjadi rendah. Umumnya nilai faktor air semen minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0.65. Rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar partikel dalam beton sangat tergantung pada faktor air semen yang digunakan dan kehalusan butir semennya. Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton dinyatakan dalam persamaan 2.2.

$$f'c = \frac{A}{B^{1.5x}} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

A dan B = Nilai konstanta

x = Faktor air semen (semula dalam proporsi volume)

2.3 Komposisi Beton

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat, dan air. Jika diperlukan bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton.

Komposisi beton yang akan dibuat pada penelitian ini terdiri dua jenis perlakuan dimana pertama dibuat perancangan beton normal dan kedua dibuat perancangan dengan pengantian agregat kasar dengan menggunakan cangkang kelapa sawit. Komposisi beton normal sendiri terdiri dari semen portland, batu pecah (*split*), pasir dan air sedangkan komposisi pengantinya terdiri dari semen portland, cangkang sawit, pasir dan air sebagai campuran yang akan direncanakan pada perancangan pembuatan beton.

2.3.1 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 merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik disektor konstruksi sipil. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan.

Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan almunium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Berat jenis yang dihasilkan berkisar antara 3.12 dan 3.16 dan berat volume sekitar 1500 kg/cm^3 . Bahan utama pembentuk semen portland adalah kapur (CaO), silica (SiO_3), alumina (Al_2O_3), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Utuk dapat mengontrol komposisinya, terkadang ditambah oksida besi, sedangkan gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen.



Gambar 2.1 Semen Portland

2.3.2 Batu pecah (*split*)

Batu pecah merupakan hasil pengolahan batu dengan *stone crusher*. Butiran yang dihasilkan berbentuk tajam sehingga dapat memperkuat mortar. Batu pecah ini paling sering digunakan dalam pekerjaan struktural. Ukuran yang dikenal dalam pekerjaan beton adalah ukuran 10/20 dan 20/30. Fungsi utama dari batu pecah sendiri adalah sebagai bahan penyusun pada campuran beton yang dicampur dengan pasir, semen dan air



Gambar 2.2 Batu pecah (*Split*)

2.3.3 Cangkang kelapa sawit

Secara umum limbah dari pabrik kelapa sawit terdiri atas tiga macam yaitu limbah cair, padat dan gas. Limbah cair pabrik kelapa sawit berasal dari unit proses pengukusan (sterilisasi), proses klarifikasi dan buangan dari hidrosiklon. Pada umumnya, limbah cair industri kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi sehingga potensial mencemari air tanah dan badan air. Sedangkan limbah padat pabrik kelapa sawit dikelompokkan menjadi dua yaitu limbah yang berasal dari proses pengolahan dan yang berasal dari basis pengolahan limbah cair. Limbah padat yang berasal dari proses pengolahan berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), cangkang atau tempurung, serabut atau serat, sludge atau lumpur, dan bungkil. TKKS dan lumpur yang tidak tertangani menyebabkan bau busuk, tempat bersarangnya serangga lalat dan potensial menghasilkan air lindi (*leachate*). Limbah padat yang berasal dari pengolahan limbah cair berupa lumpur aktif yang terbawa oleh hasil pengolahan air limbah (Wahyono, 2009).

Cangkang sawit merupakan bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit. Produk samping dari pengolahan kelapa sawit adalah

cangkang sawit yang asalnya dari tenpurung kelapa sawit. Cangkang sawit merupakan bahan yang sangat cocok dimanfaatkan dalam penambahan atau pengganti agregat kasar, dimana Indonesia saat ini merupakan salah satu negara terbesar di dunia yang memiliki kekayaan alami dari struktur perkebunan kelapa sawit. Hampir seluruh daerah di Indonesia memiliki lahan kelapa sawit yang luas dan tidak menutup kemungkinan limbah dari kelapa sawit itu sendiri akan melimpah pula.

Pada saat ini juga semakin tidak mudahnya dan semakin membutuhkan biaya yang besar dalam pengadaan bahan material yang memenuhi persyaratan, sehingga mulai timbul pemikiran untuk bahan alternatif sebagai pengganti material yang bisa digunakan. Salah satunya adalah limbah cangkang kelapa sawit. Limbah cangkang kelapa sawit ini mudah dan murah didapatkan dan merupakan limbah yang cukup besar sehingga dapat memberikan solusi yang tepat supaya bisa lebih dimanfaatkan secara lebih optimal. Cangkang sawit juga memiliki beberapa karakteristik yang dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Karakteristik cangkang kelapa sawit

Parameter	Hasil (%)
Kadar air (<i>moisture analysis</i>)	7,8
Kadar abu (<i>ash content</i>)	-
Kadar yang menguap (<i>volatile mater</i>)	2,2
Kadar aktif murni (<i>fixed carbon</i>)	69,5

(Sumber : Serwinda, Pengaruh penambahan cangkang sawit terhadap kuat tekan beton f'c 25 MPa)

Dalam penelitian ini bahan pengganti agregat yang digunakan adalah cangkang sawit, dimana cangkang sawit mempunyai kekerasan yang baik dan tidak mudah rusak didalam beton. Penggunaan cangkang sawit ini dalam campuran beton tidak perlu menambahkan bahan *additive* atau semen portland yang sesuai dengan unsur-unsur reaktif alkali, karena cangkang sawit tidak mengandung unsur-unsur reaktif alkali yang berbahaya terhadap beton. Pada gambar 2.1 dan 2.2 dapat dilihat contoh dari cangkang sawit yang dipakai.



Gambar 2.3 Bagian-bagian kelapa sawit



Gambar 2.4 Cangkang sawit yang dipakai sebagai penganti agregat kasar

2.3.4 Pasir

Pasir yang digunakan dalam campuran beton jika dilihat dari sumbernya dapat berasal dari sungai ataupun galian tambang (*quarry*). Agregat berasal dari tanah galian, yaitu tanah yang dibuka lapisan penutupnya (*pre-striping*), biasanya berbentuk tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Pasir kasar alami biasanya dapat memenuhi syarat gradasi zona I dari *British Standard* (B.S), tetapi mineral halusnya berukuran lebih kecil dari 0,3 mm tidak cukup banyak. Pasir yang masuk pada zona II dan zona III dapat juga ditemukan dalam pasir alami, tetapi biasanya banyak mengandung *silt* dan tanah liat.

Pengaruh material terhadap kekuatan beton bila beton dibuat dengan campuran agregat yang terdiri dari 60% agregat kuat dan 40% agregat lemah. Perbandingan kekuatan agregat juga menentukan kekuatan tekan beton yang akan dibuat.



Gambar 2.5 Agregat halus (Pasir)

2.3.5 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Perbandingan air dengan semen merupakan suatu hal yang amat penting, yang biasanya disebut faktor air semen (FAS). Air yang berlebihan dapat menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton itu sendiri.

Air digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik, atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan.

Persyaratan faktor air semen dapat dilihat pada tabel 2.8, bila beton akan berhubungan dengan air payau, dan air laut.

Tabel 2.8 Ketentuan minimum untuk beton kedap air

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan Berhubungan dengan	Faktor Air Semen Maksimum	Kadar Semen Minimum, kg/m ³	
			40 mm*	20 mm*
Beton Bertulang	Air Tawar	0.50	260	290
	Air Payau/Air Laut	0,45	320	360
Beton Pra Tekan	Air Tawar	0.50	300	300
	Air Payau/Air Laut	0.45	320	360

(Sumber: Mulyono Tri, 2003)

2.4 Perlakuan Tekanan Awal (*Initial Pressure*)

Untuk dapat mendapatkan mutu beton yang baik harus diperhatikan adalah kepadatan beton itu sendiri. Dimana faktor-faktor kepadatan beton tersebut sangat mempengaruhi mutu beton yang ditargetkan.

2.4.1 Faktor yang mempengaruhi kepadatan beton

Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan beton antara lain:

a. Gradasi agregat

Gradasi agregat ialah distribusi dari ukuran agregat. Distribusi ini bervariasi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continous grade*), dan gradasi seragam (*uniform grade*). Untuk mengetahui gradasi tersebut dilakukan pengujian melalui analisa ayak.

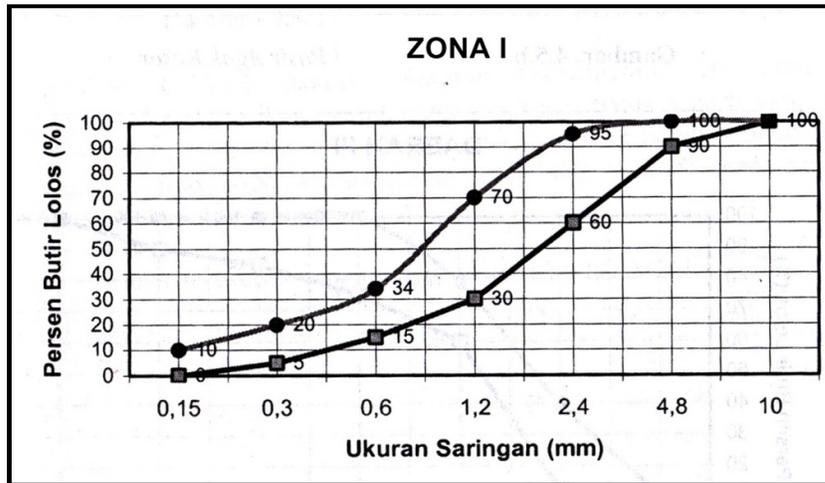
Gradasi agregat mempengaruhi kepadatan beton serta kuat tekan beton. Agregat kasar yang tidak pecah/krikil alami biasanya licin dan bulat akan menghasilkan beton dengan kuat tekan yang rendah dibandingkan dengan beton yang memakai batu pecah.

Menurut SK. SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standar* di Inggris. Dimana agregat halus dikelompokkan menjadi 4 zona seperti terlihat pada tabel 2.9 yang dijelaskan pada gambar 2.6 sampai 2.9, serta gradasi agregat kasar yang baik sebaiknya masuk dalam batas yang tercantum dalam tabel 2.10 seperti sebagai berikut:

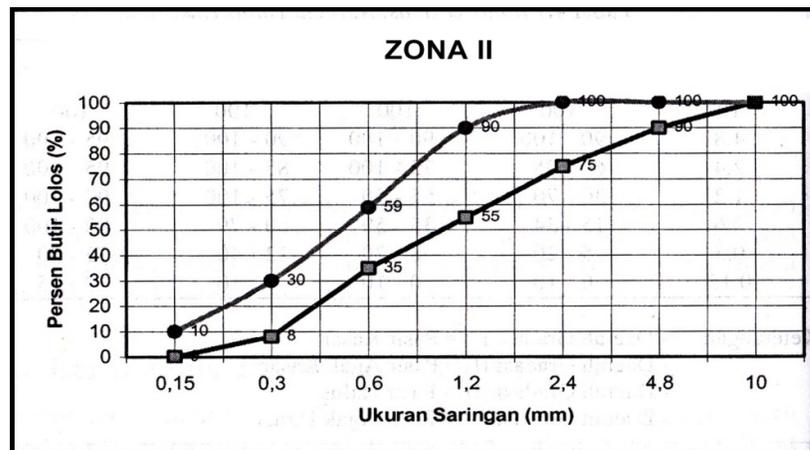
Tabel 2.9 Batas gradasi agregat halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	I	II	III	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	0-10	0-10

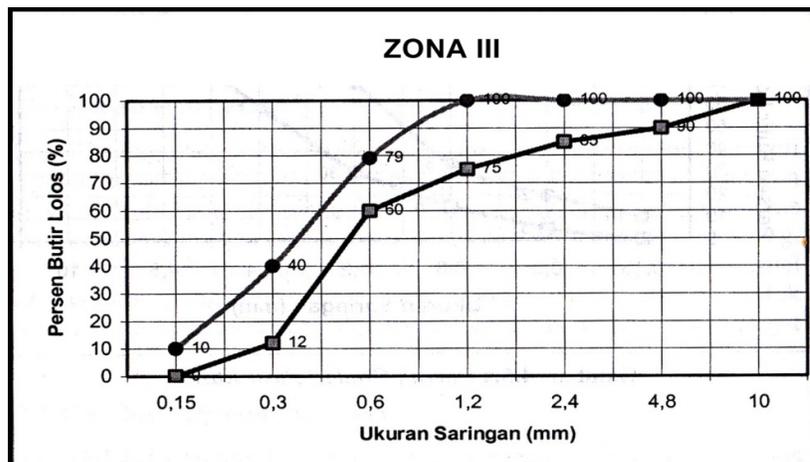
(Sumber: Mulyono Tri, 2003)



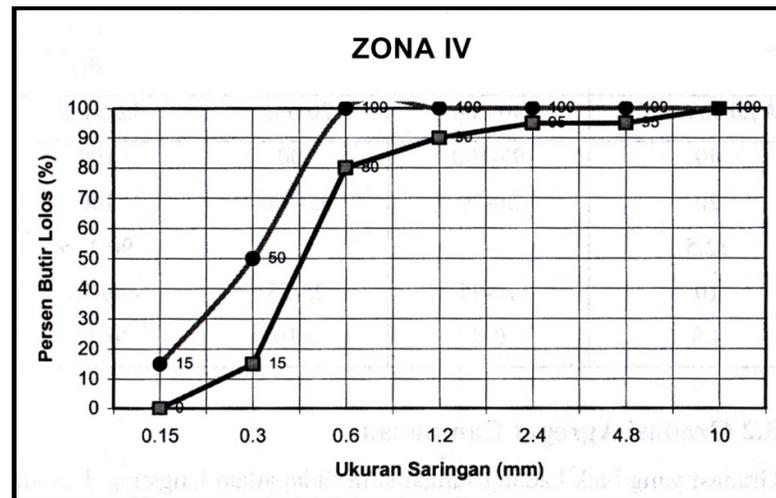
Gambar 2.6 Zona gradasi pasir kasar



Gambar 2.7 Zona gradasi pasir agak kasar



Gambar 2.8 Zona gradasi pasir Halus



Gambar 2.9 Zona gradasi pasir agak halus

Tabel 2.10 Syarat agregat kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen butir lewat ayakan, besar butir maksimum		
	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: Mulyono Tri, 2003)

b. Proporsi campuran

Proporsi campuran adalah proporsi volume dari bermacam-macam bahan pilihan dari campuran beton yang memakai batu pecah. Rencana kekuatan beton didasarkan pada hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen. Pemilihan proporsi campuran beton harus memenuhi syarat atau ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

1. Untuk beton dengan kuat tekan f'_c lebih dari 20 MPa, proporsi campuran percobaan harus didasarkan pada campuran berat (*weight batching*).
2. Untuk beton dengan kuat tekan f'_c hingga 20 MPa, proporsi campuran percobaan boleh didasarkan pada campuran volume (*volume batching*).

c. Kadar air

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat. Kadar air sendiri dapat dibedakan menjadi empat jenis sebagai berikut:

- Kadar air kering tungku;
- Kadar air kering udara;
- Kadar air jenuh kering permukaan;
- Kondisi basah.

Dari keempat kondisi tersebut hanya dua kondisi yang sering dipakai yaitu kering tungku dan kondisi SSD. Kadar air biasanya dinyatakan dalam persen dan dapat dihitung dengan rumus 2.3 dibawah ini:

$$KA = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

KA = Kadar air (%)

W1 = Berat agregat sebelum di oven

W2 = Berat agregat dalam kondisi SSD

Pemadatan beton dapat dilakukan menggunakan tongkat baja dengan menusukan pada beton, menggunakan vibrator, dan dapat juga menggunakan mesin getar dan gaya sentrifugal, juga memberikan tekanan awal pada beton umur muda (segar). Tujuan pemadatan pada beton yang segar adalah sebagai berikut:

- Untuk mengurangi rongga-rongga udara dalam beton;
- Untuk mendapatkan kepadatan beton secara optimal.

Rongga udara tersebut dapat dikurangi dengan melakukan penekanan awal (*Initial pressure*) sebelum beton mengeras. Tekanan awal yang diberikan pada beton segar pada prinsipnya sama seperti proses konsolidasi pada tana. Dimana konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh berpermeabilitas rendah akibat pembebanan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan saat melakukan proses pemadatan beton sebagai berikut:

- Pemadatan dilakukan sebelum waktu setting, biasanya antara 1 sampai 2 jam bergantung apakah ada pemakaian *admixture*;

- Alat pemadat tidak boleh mengetarkan pembesian, karena akan menghilangkan melempaskan kuat lekat antara besi dengan beton yang baru dicor dan memasuki tahap waktu *setting*;
- Pemadatan tidak boleh terlalu lama untuk menghindari *bleeding*, yaitu naiknya air atau pasta semen ke atas permukaan beton dan meninggalkan agregat dibagian bawah.

2.4.2 Pelakuan tekanan awal

Tujuan dari pemberian pelakuan tekanan awal pada beton segar ialah untuk mendapatkan kepadatan beton yang maksimal dan besarnya penurunan pada beton. Tekanan awal dilakukan pada beton segar dimaksudkan agar bisa memperkecil rongga-rongga udara didalam beton agar bisa meningkatkan kekuatan beton itu sendiri.

2.5 Prosedur Pengujian di Laboratorium

2.5.1 Pengujian berat jenis dan analisa saringan agregat

Dalam pengujian ini terdapat beberapa prosedur kerja yang harus diikuti sesuai langkah-langkah kerja sesuai dengan acuan yang dipakai, sehingga pengujian yang dilakukan menghasilkan nilai yang sebenarnya. Adapun pengujian ini meliputi sebagai berikut :

a. Pengujian berat jenis agregat halus

Pengujian agregat halus dilakukan untuk mengetahui berat jenis agregat halus yang digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Pengujian ini dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

1. Berat Jenis Kering (*Bulk Dry Specific Gravity*)

$$= \frac{B_2}{(B_3+500)-B_1} \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan/SSD (*Bulk SSD specific graffity*)

$$= \frac{500}{(B_3+500)-B_1} \dots\dots\dots (2.5)$$

3. Penyerapan
 4.
$$= \frac{500-B_2}{B_2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

B_1 = Berat air + pignometer + pasir SSD

B_2 = Berat pasir kering

B_3 = Berat air + gelas ukur

5. Kadar air agregat

$$KA = \frac{W1-W2}{W2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

6. Kadar lumpur

$$= \frac{W1-W3}{W3} \times 100\% \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana :

$W1$ = Berat agregat

$W2$ = Berat kering oven

$W3$ = Berat agregat setelah direndam

b. Pengujian berat jenis agregat kasar

1. Berat jenis kering (*Bulk Specific Gravity*)

$$= \frac{Bk}{w2+Bj-w1} \dots\dots\dots (2.9)$$

2. Berat jenis kering permukaan jenuh air (*Saturated Surface Dry*)

$$= \frac{Bj}{w2+Bj-W1} \dots\dots\dots (2.10)$$

3. Penyerapan

$$= \frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana :

Bk = berat jenis uji kering oven

Bj = berat jenis uji kering permukaan jenuh air

$w1$ = berat bejana berisi benda uji + air

$w2$ = berat bejana berisi air

c. Pengujian analisa saringan agregat

Modulus halus butir (*Finnes Modulus*) ialah suatu indek yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekerasan butir-butir agregat. Makin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar ukuran butir-butir agregatnya. Adapun pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{MHB} = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Agregat Tertinggal}}{100} \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana :

MHB = Modulus halus butir

2.5.2 Pengujian bobot isi agregat

Standar metode pengujian ini untuk menghitung berat isi dalam kondisi padat atau gembur dan rongga udara dalam agregat. Ukuran butir agregat kasar adalah 5mm–40mm, agregat halus terbesar 5mm. pengujian dalam kondisi padat dilakukan dengan cara tusuk. Dalam kondisi gembur dengan cara sekop atau sendok. Bobot isi kering udara agregat dihitung dalam kondisi kering oven dan kering permukaan. Pada kondisi padat dan gembur memiliki berat isi yang berbeda karena pada berat isi gembur masih terdapat rongga–rongga udara, berbeda dengan berat isi padat yang dipadatkan dengan cara ditusuk sehingga berat isi padat lebih berat daripada berat isi gembur karena berat isi padat tidak memiliki rongga udara. Berat isi pada agregat sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti berat jenis, gradasi agregat, bentuk agregat, diameter maksimum agregat. Dalam SII No. 52–1980, berat isi untuk agregat beton disyaratkan harus lebih dari 1.2–1,5 gr/cm^3 . Adapun dalam pengujian ini digunakan rumus :

a. Bobot isi gembur

- Volume = (berat tabung + air) – (berat tabung)..... (2.13)

- Gembur = $\frac{\text{berat tabung + agregat gembur}}{\text{volume}}$ (2.14)

b. Bobot isi padat

- Volume = (berat tabung + air) – (berat tabung)..... (2.15)

- Gembur = $\frac{\text{berat tabung} + \text{agregat padat}}{\text{volume}}$ (2.16)

2.5.3 Pengujian kekerasan agregat kasar

Beton yang dibuat harus menggunakan bahan agregat normal tanpa bahan tambahan. Dengan ketentuan demikian perlu dilakukan terlebih dahulu percobaan kekerasan agregat kasar untuk mengetahui agregat tersebut bisa atau tidaknya digunakan untuk membuat beton dengan berat isi 2200 – 2500 kg/m³ (beton normal). Untuk memeriksa agregat kasar, kerikil alam dan batu pecah dilakukan sama seperti pengujian pada pasir ditambah dengan pemeriksaan kekerasan dan ketahanan aus. Pengujian kekerasan agregat ini dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Benda uji yang lolos lubang ayakan } 2,36 \text{ m} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \text{ (2.17)}$$

dimana :

A = berat benda uji

B = berat benda uji yang tertahan diayakan

2.5.4 Pengujian berat jenis semen

Berat jenis semen adalah perbandingan antara berat semen kering dengan perubahan dari volume minyak tanah setelah dicampur dengan semen pada suhu kamar. Berat jenis semen Portland yang memenuhi syarat berdasarkan SII 0013 – 18 berkisar antara 3,0–3,2 sedangkan dipasaran berkisar 3,2 bila berat jenis semen yang diuji berada dalam standar ini menunjukkan bahwa semen masih dalam keadaan baru, bila semen berada dibawah standar berarti semen :

- Telah mengalami pelepasan panas;
- Semen terlalu lama disimpan;
- Bahwa ukuran semen telah mengalami perubahan berat jenis semen diuji dengan cara yang sama.

Pengujian berat jenis semen dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{berat semen}}{(V_2 - V_1) d} \text{ (2.18)}$$

dimana :

V_1 = pembacaan pertama pada skala botol

V_2 = pembacaan kedua pada skala botol

$(V_2 - V_1)$ = isi cairan yang dipindahkan oleh semen dengan berat tertentu

d = berat isi air pada suhu 4°C

2.5.5 Perancangan campuran beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton merupakan pemilihan dari bahan-bahan beton yang memadai, serta menentukan proposi masing-masing bahan untuk menghasilkan beton yang ekonomis dengan kualitas yang baik. Syarat-syarat beton keras ditentukan oleh jenis struktur dan teknik pengecoran (perletakan, pengangkatan dan pemadatan). Berikut dapat dilihat kerangka perhitungan untuk perencanaan campuran beton sebagai berikut:

a. Kuat tekan beton

1. Standar deviasi

Kuat tekan rata-rata yang dihitung dari standar deviasi. Standar deviasi yang didapat dapat dilihat pada persamaan 2.19.

$$s = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_1 - \bar{x})^2}}{n-1} \dots\dots\dots (2.19)$$

dimana :

s = Standar deviasi

x_1 = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

\bar{x} = Kuat tekan beton rata-rata

n = Jumlah nilai hasil uji

Hasil yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut :

- Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan $f'c$ yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai f_{cr} yang ditentukan

2. Nilai tambah

Nilai tambah dihitung dengan persamaan 2.20 dibawah ini :

$$M = 1,64 \times S_r \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana :

M = Nilai tambah

1,64 = Tetapan statik yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%

3. Kuat tekan rata-rata

Kuat tekan rata-rata dihitung menggunakan persamaan 2.21 dan 2.22 berikut :

$$f'_{cr} = f'c + M \dots\dots\dots (2.21)$$

$$f_{cr} = f'c + 1,64 S_r \dots\dots\dots (2.22)$$

Tabel 2.11 Faktor pengali untuk standar deviasi bila data kurang dari 30

Jumlah Pengujian	Faktor pengali standar Deviasi
Kurang dari 15	Pakai persamaan 2.2
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

b. Pemilihan faktor air semen

Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan didasarkan pada :

1. Hubungan kuat tekan dan faktor air semen sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan tabel 2.11 dan gambar 2.10 atau 2.11.
2. Untuk lingkungan khusus, faktor air semen didapat maksimum harus memenuhi ketentuan SK.SNI untuk beton tahan sulfat dan beton kedap air.

c. Nilai slump

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, didapatkan dan diratakan.

d. Besar butir agregat maksimum

Besar butir agregat maksimum tidak boleh melebihi sebagai berikut :

- Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan;
- Sepertiga dari tebal pelat;
- Tiga perempat dari jarak bersih maksimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

e. Kadar air bebas

Kadar air bebas dapat ditentukan sebagai berikut :

- Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada tabel 2.12 dan gambar 2.10 atau 2.11.
- Agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut persamaan 2.23 berikut :

$$\frac{2}{3} w_h + \frac{1}{3} w_k \dots\dots\dots (2.23)$$

dimana :

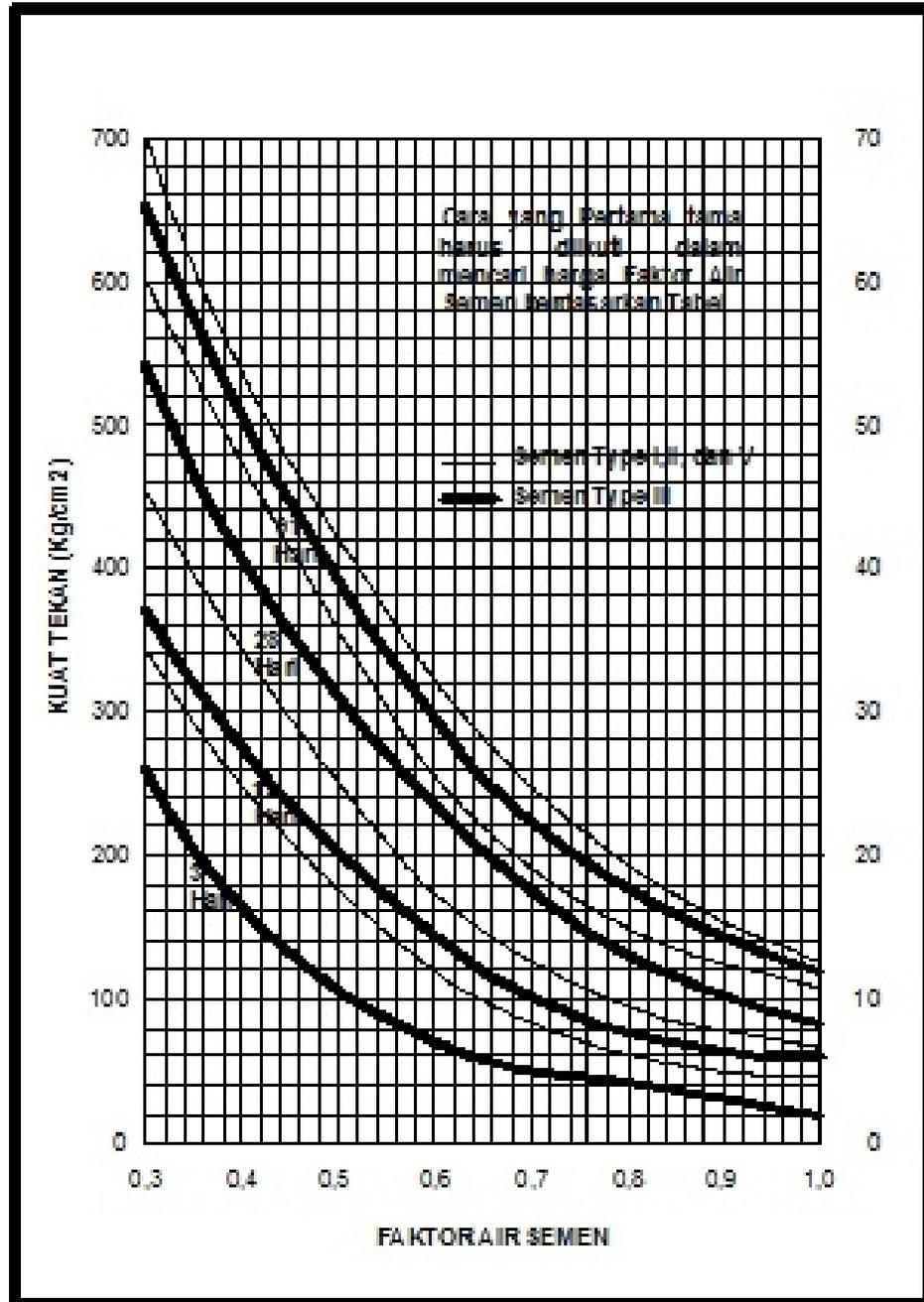
wh = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus

wk = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

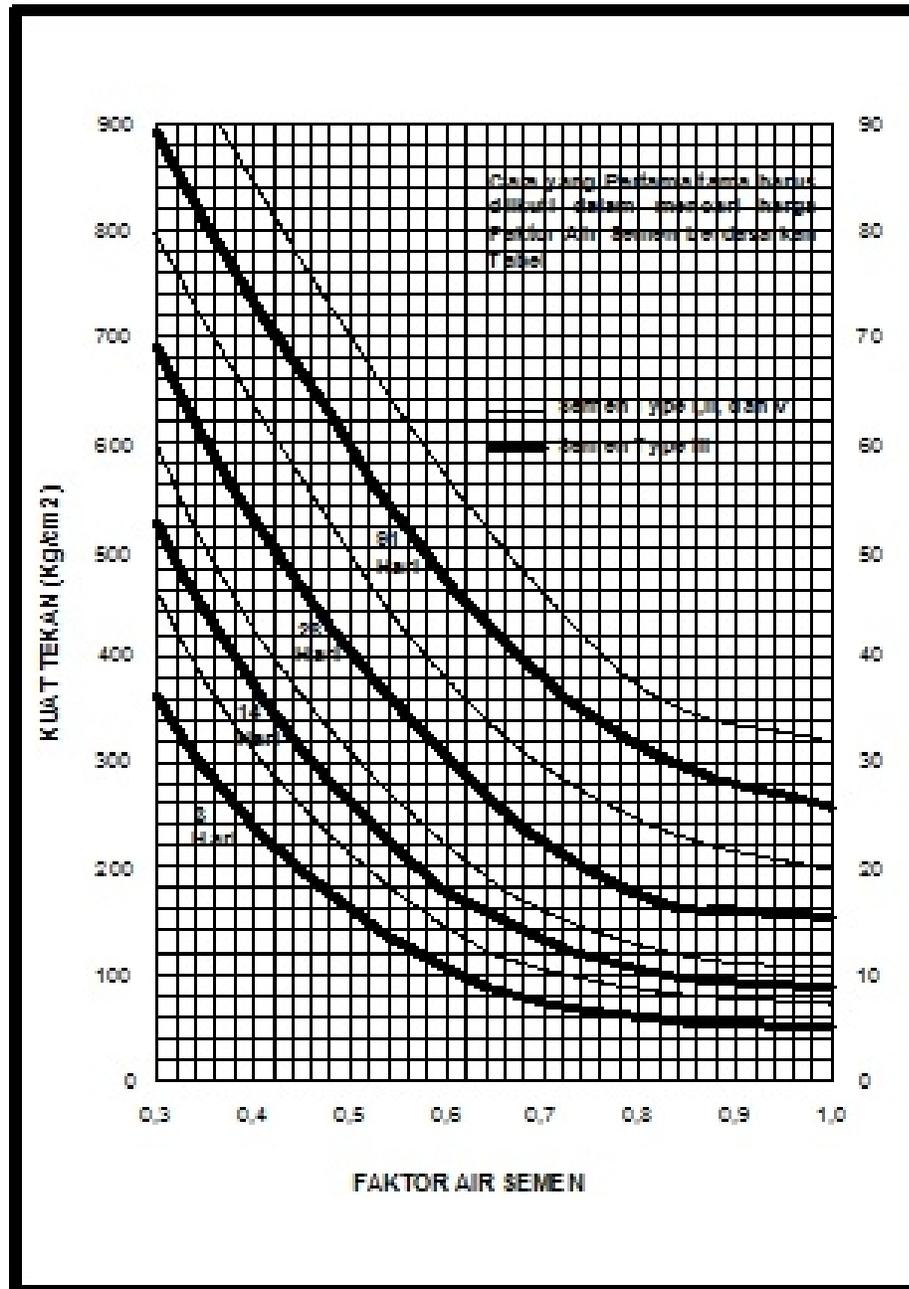
Tabel 2.12 Perkiraan kekuatan tekan beton dengan fas dan agregat kasar

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk Uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu dipecahkan	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu dipecahkan	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu dipecahkan	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu dipecahkan	30	40	53	60	

(Sumber : SNI 03-2834-2000, Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal)



Gambar 2.10 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)



Gambar 2.11 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk kubus 150 mm x 150 mm x 150 mm)

f. Berat jenis relatif agregat

Berat jenis relatif agregat ditentukan sebagai berikut :

1. Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini :

- Agregat tak pecah : 2,5
- Agregat dipecah : 2,6 atau 2,7

2. Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan persamaan 2.24 sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis agregat gabungan} = (\% \text{ Agg. Halus} \times \text{BJ Agg. Halus}) + (\% \text{ Agg. Kasar} \times \text{BJ Agg. Kasar}) \dots\dots\dots (2.24)$$

g. Proposi campuran beton

Proposi campuran beton (semen, air, agregat halus dan agregat kasar) harus dihitung dalam kg/m^3 adukan.

h. Koreksi proporsi campuran

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD) permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut persamaan 2.25, 2.26, dan 2.27 sebagai berikut:

$$\text{Air} = B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100 \dots\dots\dots (2.25)$$

$$\text{Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times C/100 \dots\dots\dots (2.26)$$

$$\text{Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times D/100 \dots\dots\dots (2.27)$$

2.6 Uji Validitas Data

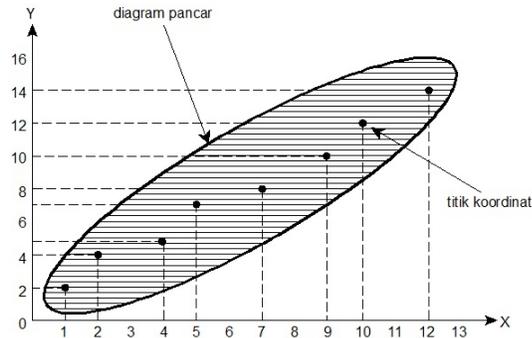
Dalam penelitian, data mempunyai kedudukan yang paling tinggi, karena data merupakan penggambaran variabel yang diteliti dan berfungsi sebagai alat pembuktian hipotesis. Benar tidaknya data, sangat menentukan bermutu tidaknya hasil penelitian. Sedang benar tidaknya data, tergantung dari baik tidaknya instrumen pengumpulan data. Pengujian instrumen biasanya terdiri dari uji validitas dan reliabilitas.

Validitas adalah tingkat keandalan dan kesahihan alat ukur yang digunakan. Instrumen dikatakan valid berarti menunjukkan alat ukur yang dipergunakan untuk mendapatkan data itu valid atau dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur. Dengan demikian, instrumen yang valid merupakan instrumen yang benar-benar tepat untuk mengukur apa yang hendak diukur. Sedangkan Uji reliabilitas berguna untuk menetapkan apakah instrumen yang dalam hal ini kuesioner dapat digunakan lebih dari satu kali, paling tidak oleh responden yang sama akan menghasilkan data yang konsisten. Dengan kata lain, reliabilitas instrumen mencirikan tingkat konsistensi.

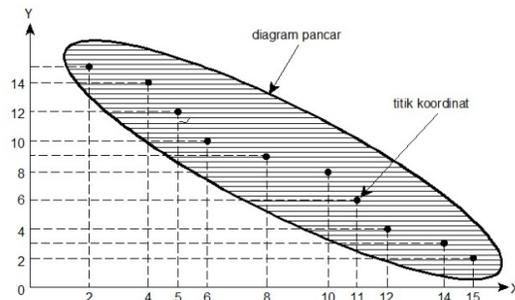
2.6.1 Metode korelasi

Analisis korelasi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan kuatnya atau derajat hubungan linier antara dua variabel atau lebih. Semakin nyata hubungan linier (garis lurus), maka semakin kuat atau tinggi hubungan garis lurus antara kedua variabel atau lebih. Hubungan garis lurus ini dinamakan koefisien korelasi. Korelasi menyatakan hubungan antara dua variabel tanpa memperhatikan variabel mana yang menjadi perubah. Karena itu hubungan korelasi belum dapat dikatakan sebagai hubungan sebab akibat. Untuk Interpretasi koefisien nilai r pada korelasi dapat dilihat pada tabel 2.13.

Hubungan dua variabel ada yang positif dan negatif. Hubungan X dan Y dikatakan positif apabila kenaikan (penurunan) X pada umumnya diikuti oleh kenaikan (penurunan) Y . Sebaliknya dikatakan negatif bila kenaikan (penurunan) X pada umumnya diikuti oleh penurunan (kenaikan) Y . hubungan positif dan negatif dapat dilihat pada gambar 2.12 dan 2.13 berikut.

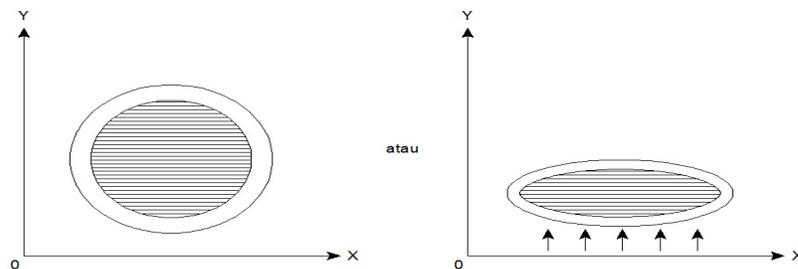


Gambar 2.12 X dan Y mempunyai hubungan positif



Gambar 2.13 X dan Y mempunyai hubungan yang negatif

Seperti yang terlihat pada gambar 2.12 dan 2.13 diatas apabila antara variabel X dan Y terdapat hubungan, maka bentuk diagram pancarnya adalah mulus/teratur, dimana menunjukkan gerakan diagram pancar dari kiri bawah ke kanan atas (hubungan positif), sedangkan bila gerakan diagramnya bergerak dari kiri atas ke kanan bawah (hubungan negatif). Apabila bentuk diagram pancarnya tidak teratur, artinya kenaikan/penurunan X tidak diikuti oleh naik turunnya Y, maka dapat dikatakan X dan Y tidak berkorelasi. Dengan kata lain, jika naik turunnya variabel X tidak mempengaruhi Y dikatakan X dan Y tidak ada hubungan atau hubungannya lemah. Hubungan X dan Y tidak mempunyai hubungan dapat dilihat pada gambar 2.14 berikut



Gambar 2.14 X dan Y tidak mempunyai hubungan atau hubungannya lemah sekali

Kuat tidaknya hubungan antara x dan Y apabila dapat dinyatakan dengan fungsi linier, diukur dengan suatu nilai yang disebut koefisien korelasi. Nilai koefisien korelasi ini paling sedikit -1 dan paling besar 1. Jadi jika r = koefisien korelasi, maka nilai r dinyatakan $-1 \leq r \leq 1$, dimana jika r = 1 hubungan X dan Y sempurna dan positif (mendekati 1, yaitu hubungannya sangat kuat dan positif), sedangkan jika nilai r = -1 hubungan X dan Y sempurna dan negatif (mendekati -1, yaitu hubungan sangat kuat dan negatif). Jika hubungan X dan Y = 0 dapat dikatakan hubungannya lemah sekali dan tidak ada hubungan.

Tabel 2.13 Interpretasi koefisien korelasi nilai r

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,800 – 1,000	Sangat kuat
0,600 – 0,799	Kuat
0,400 – 0,599	Cukup kuat
0,200 – 0,399	Lemah
0,000 – 0,199	Sangat lemah

(Sumber: Statistika teori dan aplikasi Jilid 1, 2009)

Metode perhitungan korelasi dapat dilihat pada persamaan korelasi *product moment* berikut.

$$r = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x) \cdot (\Sigma y)}{\sqrt{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2} \sqrt{n(\Sigma y^2) - (\Sigma y)^2}} \dots\dots\dots (2.28)$$

dimana :

r_{xy} = Hubungan Variabel X dan Y

X = Nilai Variabel X

Y = Nilai Variabel Y

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh koefisien variable X terhadap naik turunnya nilai Y dapat digunakan persamaan koefisien penentuan berikut.

$$KP = r^2 \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana :

KP = Koefisien penentuan

r = koefisien korelasi

2.6.2 Metode regresi

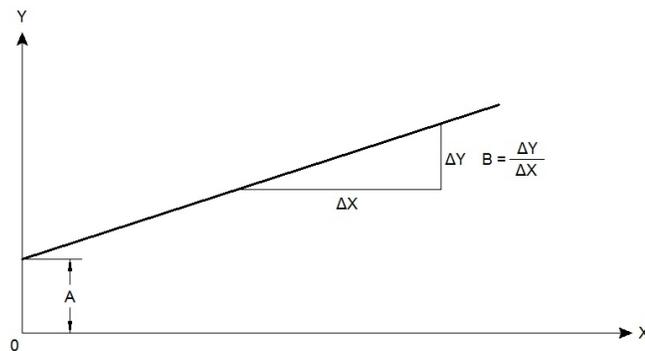
Regresi adalah pengukur hubungan dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan atau fungsi. Untuk menentukan bentuk hubungan (regresi) diperlukan pemisahan yang tegas antara variabel bebas yang sering diberi simbol X dan variabel tak bebas dengan simbol Y. Untuk memperkirakan hubungan antara dua variabel tidak mungkin tanpa membuat asumsi terlebih dahulu mengenai bentuk hubungan yang dinyatakan dalam fungsi tertentu. Fungsi linier sering digunakan sebagai pendekatan (*approximation*) atas hubungan yang bukan linier (non linier). Bentuk persamaan dari fungsi linier dapat dilihat pada persamaan 2.30 berikut.

$$Y = A + BX \dots\dots\dots (2.30)$$

dimana :

A dan B = konstanta atau parameter yang nilainya harus diestimasi

Fungsi linier $Y = A + BX$ diatas apabila digambarkan akan tampak seperti pada gambar 2.15 berikut.



Gambar 2.15 Fungsi linier $Y = A + BX$

Keterangan :

A = jarak titik asal 0 dengan perpotongan antara sumbu tegak Y dan garis fungsi linier atau besarnya nilai Y kalau $X = 0$, (*intercept coefficient*).

B = koefisien arah = koefisien regresi = besarnya pengaruh X terhadap Y, apabila X nilai 1 unit, (*slope coefficient*).

ΔX = pertambahan X

ΔY = pertambahan Y