

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusun yang terdiri dari bahan semen sebagai bahan ikatnya, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah lainnya. Beton didefinisikan sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya (Nawy, 1990). Murdock dan Brook (1986) secara jelas menyebutkan bahwa beton adalah suatu bahan bangunan dan bahan konstruksi, yang sifat-sifatnya dapat ditentukan lebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih. Bahan-bahan pilihan itu adalah ikatan keras, yang ditimbulkan oleh reaksi kimia antar semen dan air, serta agregat, dimana semen yang mengeras itu ber-adhesi dengan baik maupun kurang baik. Agregat boleh berupa kerikil, batu pecah, sisa bahan mentah tambang, agregat ringan buatan, pasir, atau bahan sejenis lainnya.

Kekuatan, keawetan, dan sifat beton tergantung dari nilai perbandingan bahan dasar beton, sifat bahan dasarnya, cara pengadukan, pengerjaan, penuangan, pemadatan serta perawatan selama proses pengerasan. Untuk membuat beton yang baik maka harus diperhitungkan cara mendapatkan adukan beton segar yang baik dan beton keras yang dihasilkan juga baik.

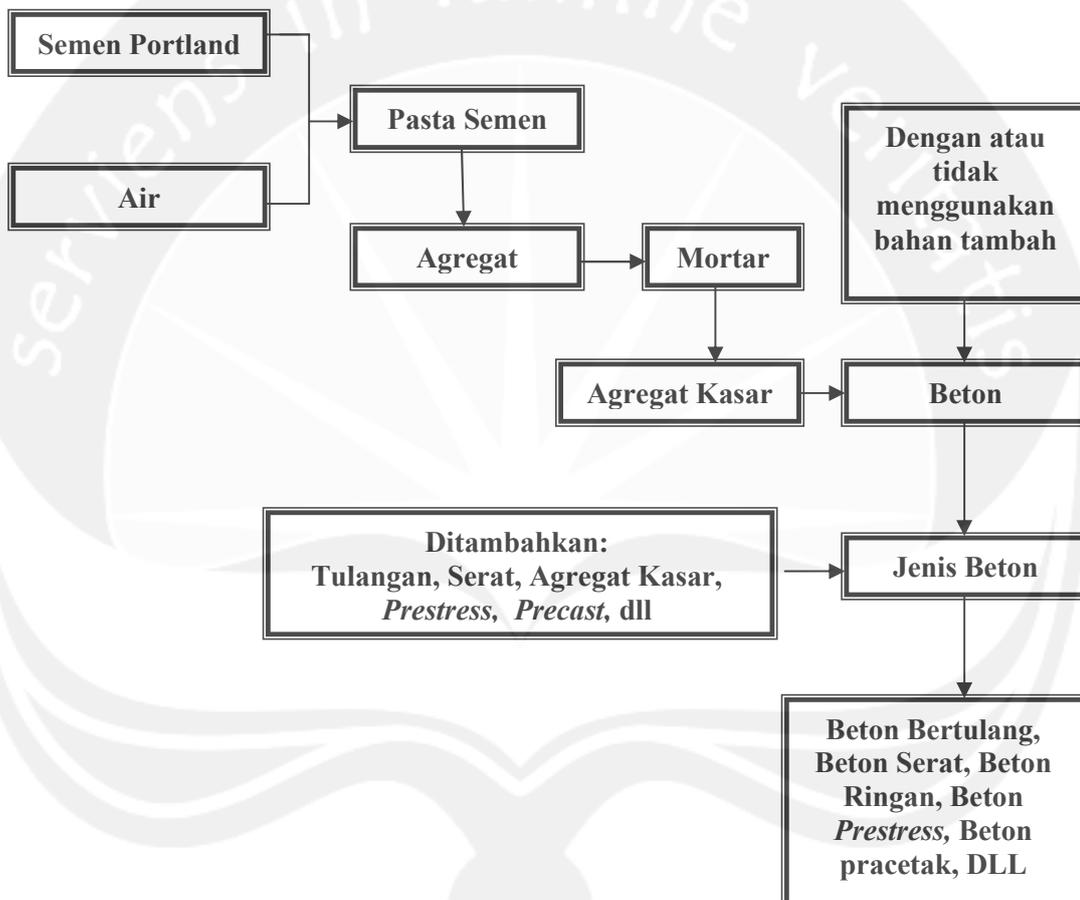
Pencapaian kuat beton yang baik perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya karena umumnya semakin keras dan padat massa penyusunnya makin tinggi kekuatan dan *durability*-nya.

Untuk memperoleh kekuatan desak beton yang tinggi ada beberapa faktor yang harus diperhatikan selain faktor air semen dan kepadatan semen. Menurut Mulyono (2004) faktor-faktor tersebut diantaranya:

- a. kualitas semen,
- b. proporsi semen terhadap air dalam campuran,
- c. kekuatan dan kebersihan agregat,
- d. interaksi adhesi antara pasta semen dengan agregat,
- e. pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton,
- f. penempatan yang benar, penyelesaian dan kompaksi beton segar,
- g. perawatan pada temperatur yang tidak lebih rendah dari 50°F pada saat beton hendak mencapai kekuatan,
- h. kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos.

3.2. Proses Terjadinya Beton

Proses terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dan semen (Mulyono, 2004). selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton. Adapun proses terbentuknya beton dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Proses Terjadinya Beton

3.3. Bahan-Bahan Penyusun Beton

3.3.1. *Semen Portland*

Semen Portland (Portland cement) merupakan bahan ikat yang sangat penting dalam konstruksi beton, yang bersifat hidrolis, yaitu akan mengalami

proses pengerasan jika dicampur air yang digunakan untuk mengikat bahan material menjadi satu kesatuan yang kuat. Suatu semen jika diaduk dengan semen air akan menjadi adukan pasta semen, Sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah dengan kerikil menjadi beton (Tjokrodimujo, 1992).

Semen *Portland* berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan bangunan yang lain (batu bata, batu kali, pasir). Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat.

Kandungan bahan kimia dalam semen dapat dilihat dalam Tabel 3.1 (Tjokrodimujo, 1992).

Tabel 3.1 Kandungan Bahan-Bahan Kimia dalam Bahan Baku Semen

Oksida	%
Kapur, CaO	60-65
Silika, SiO ₂	17-25
Alumina, Al ₂ O ₃	3-8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5-6
Magnesia, MgO	0,5-4
Sulfur, SO ₃	1-2
Soda/potash, Na ₂ O + K ₂ O	0,5-1

Semen *portland* dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu (Tjokrodimujo, 1992):

- Tipe I : untuk konstruksi biasa dimana sifat yang khusus tidak diperlukan.
- Tipe IA : semen *air entraining* yang penggunaannya sama dengan tipe I.
- Tipe II : untuk konstruksi biasa dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfat atau panas dari hidrasi yang sedang.
- Tipe IIA : semen *air entraining* yang penggunaannya sama dengan tipe II.
- Tipe III : untuk konstruksi dimana kekuatan permulaan yang tinggi diinginkan.

Tipe IIIA : semen *air entraining* yang penggunaannya sama dengan tipe III.

Tipe IV : untuk konstruksi dimana panas yang rendah dari hidrasi diinginkan.

Tipe V : untuk konstruksi dimana daya tahan tinggi terhadap sulfat diinginkan.

3.3.2. Air

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia, dengan semen untuk pembentukan pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam penerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini (Tjokrodimuljo, 1992).

1. Tidak mengandung organik (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.

2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dll) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3.3.3. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1992). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar (Nawy, 1990). Dua jenis agregat adalah:

1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah)
2. Agregat halus (pasir)

3.3.4. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil yang dihasilkan secara alami atau berupa batu yang dipecah dan bergradasi antara 5-40 mm. Syarat-syarat agregat kasar:

1. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.
2. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.

4. Agregat kasar tidak boleh mengandung Lumpur lebih dari 1 %. Apabila kadar Lumpur melampaui 1 % maka agregat kasar harus dicuci.

Jenis agregat kasar yang umum digunakan (Nawy, 1990):

1. Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen, atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.
2. Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah dibandingkan batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.
3. Agregat kasar buatan: Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti *blast-furnace* dan lain-lain.
4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat: Dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom sekarang ini, juga untuk pelindung dari radiasi nuklir sebagai akibat dari semakin banyaknya pembangkit atom dan stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang dapat melindungi dari sinar x, sinar gamma, dan neutron. Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat kasar yang dikalsifikasikan di sini misalnya baja pecah, barit, dan limonit.

3.3.5. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintregasi alami batuan ataupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 3/16 inci atau 5 mm (lolos saringan no. 4).

Pada umumnya agregat halus yang dipergunakan sebagai bahan dasar pembentuk beton adalah pasir alam, sedangkan pasir yang dibuat dari pecahan batu umumnya tidak cocok untuk pembuatan beton karena biasanya mengandung partikel yang terlalu halus yang terbawa pada saat pembuatannya.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat halus menurut spesifikasi bahan bangunan bagian A (SK SNI S-04-1989-F) adalah sebagai berikut ini.

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan $\pm 2,2$.
2. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
3. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
 - Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12 %
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10 %
4. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih besar dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,060 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5 %, maka agregat halus harus dicuci.

5. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari *Abrams-Harder*. Untuk itu, bila direndam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap daripada warna larutan pembanding. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan desak adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.
6. Susunan besar butir agregat halus harus memenuhi modulus kehalusan antara 1,5 – 3,8 dan harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu dalam daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3, dan 4 dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
 - Sisa di atas ayakan 4,8 mm, harus maksimum 2 % berat
 - Sisa di atas ayakan 1,2 mm, harus maksimum 10 % berat
 - Sisa di atas ayakan 0,3 mm, harus maksimum 15 % berat
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir dengan alkali harus negatif.
8. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

9. Agregat halus yang digunakan untuk maksud spesi plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan di atas (pasir pasang)

Susunan besar butir agregat halus lebih penting daripada susunan besar butir agregat kasar, karena agregat halus bersama dengan semen dan air membentuk mortar yang akan melekatkan dan mengisi rongga-rongga antar butiran agregat kasar sehingga beton yang dihasilkan permukaannya menjadi rata.

Pemakaian agregat halus yang terlalu sedikit akan mengakibatkan:

1. Terjadi segregasi, karena agregat kasar dengan mudah saling memisahkan diri akibat mortar yang tidak dapat mengisi rongga-rongga antara butiran agregat kasar dengan baik.
2. Campuran akan kekurangan pasir, yang disebut *under sanded*.
3. Adukan beton akan menjadi sulit untuk dikerjakan sehingga dapat menimbulkan sarang kerikil.
4. *Finishing* akan menghasilkan beton dengan permukaan kasar.
5. Beton yang dihasilkan menjadi tidak awet.

Jika pemakaian agregat halus terlalu banyak maka akan mengakibatkan:

1. Campuran menjadi tidak ekonomis.
2. Diperlukan banyak semen untuk mencapai kekuatan yang sama yang dihasilkan oleh campuran dengan perbandingan optimum antara agregat halus dan agregat kasar.
3. Campuran akan kelebihan pasir, yang disebut *over sanded*.
4. Beton yang dihasilkan menunjukkan gejala rangkak dan susut yang lebih besar.

3.3.6. Abu Bonggol Jagung

Bonggol jagung yang merupakan salah satu produk samping dari proses penggilingan jagung, selama ini hanya menjadi limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal. Bonggol jagung lebih sering hanya digunakan sebagai bahan pembakar bata merah atau dibuang begitu saja. Limbah bonggol jagung memiliki unsur yang bermanfaat untuk peningkatan mutu beton, karena mempunyai kandungan silika yang cukup tinggi yaitu 66,38 (Raheem, 2009). Dengan begitu kita tidak perlu mengeluarkan biaya besar untuk memperoleh bahan, dan kita juga memanfaatkan sampah menjadi bahan yang lebih berguna selain menjadi sampah, dan tentu saja dengan tidak mengurangi kuat desak yang diijinkan sebagai bahan bangunan. Kandungan abu bonggol jagung sesuai dengan Tabel 3.2 (Raheem, 2009).

Tabel 3.2 Persentase Kandungan Kimia Abu Bonggol Jagung

Kandungan kimia	Persentase Kandungan			
	<i>Sample 1</i>	<i>Sample 2</i>	<i>Sample 3</i>	Rata-rata
SiO ₂	67.33	65.39	66.41	66.38
Al ₂ O ₃	7.34	9.14	5.97	7.48
Fe ₂ O ₃	3.74	5.61	3.97	4.44
CaO	10.29	12.89	11.53	11.57
MgO	1.82	2.33	2.02	2.06
SO ₃	1.11	1.10	1.01	1.07

Menurut syarat dari ASTM dan SNI SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ harus lebih dari 70%, sedangkan dari data di atas kandungan abu bonggol jagung SiO₂ + Al₂O₃ +

Fe₂O₃ mencapai 78,3%, ini menunjukkan abu bonggol jagung memenuhi standart ASTM dan SNI sebagai *pozzolan*.

3.4. Sifat-Sifat Beton

3.4.1. Kemudahan Pengerjaan (*workability*)

Salah satu sifat beton sebelum mengeras (beton segar) adalah kemudahan pengerjaan (*workability*). *Workability* adalah tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan tanpa homogenitas beton berkurang dan beton tidak mengalami *bleeding* (pemisahan) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan.

Workability akan lebih jelas pengertiannya dengan adanya sifat-sifat berikut:

- *Mobility* adalah kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan.
- *Stability* adalah kemampuan adukan beton untuk selalu tetap homogen, selalu mengikat (koheren), dan tidak mengalami pemisahan butiran (*segregasi* dan *bleeding*).
- *Compactibility* adalah kemudahan adukan beton untuk dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat berkurang.
- *Finishibility* adalah kemudahan adukan beton untuk mencapai tahap akhir yaitu mengeras dengan kondisi yang baik.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat *workability* antara lain:

- Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Semakin banyak air yang digunakan, maka beton segar semakin mudah dikerjakan.

- Penambahan semen ke dalam campuran juga akan memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai *fas* tetap.
- Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
- Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
- Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan.
- Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan (Tjokrodimuljo, 1996).

3.4.2. *Segregation* (pemisahan kerikil)

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi (Mulyono, 2004). Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil pada beton akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal yaitu:

1. Campuran kurus dan kurang semen.
2. Terlalu banyak air.
3. Ukuran maksimum agregat lebih dari 40 mm.

4. Permukaan butir agregat kasar yang terlalu kasar.

Kecenderungan terjadinya segregasi ini dapat dicegah jika:

1. Tinggi jatuh diperpendek.
2. Penggunaan air sesuai dengan syarat.
3. Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan.
4. Ukuran agregat sesuai dengan syarat.
5. Pemasangan baik.

3.4.3. *Bleeding*

Bleeding adalah pengeluaran air dari adukan beton yang disebabkan oleh pelepasan air dari pasta semen. Sesaat setelah dicetak, air yang terkandung di dalam beton segar cenderung untuk naik ke permukaan.

Akibat dari peristiwa ini:

1. Bagian atas lapis terlalu basah, yang akan menghasilkan beton berpori dan lemah.
2. Air naik membawa serta bagian-bagian *inert* dan semen yang membentuk lapis buih semen (*laitance*) pada muka lapis (merintang lekatan pada lapis kemudian, maka harus dihilangkan).
3. Air dapat berkumpul dalam-dalam krikil-krikil dan baja tulangan horizontal, hingga menimbulkan rongga-rongga besar.

Cara mengurangi *bleeding* digunakan:

1. Jumlah air campuran yang tidak melebihi kebutuhan untuk mencapai *Workability*.

2. Campuran dengan semen lebih banyak.
3. Jenis semen yang butir-butirnya lebih halus.
4. Bahan batuan bergradasi lebih baik.
5. Pasir alam yang agak bulat-bulat dengan persentase butir halus lebih besar.
6. Zat tambah guna perbaikan gradasi bahan batuan (kadang-kadang digunakan bubuk Al, yang menyebabkan pengembangan sedikit pastinya, guna mengimbangi susut oleh pengeluaran air).

3.5 Faktor Air Semen (FAS)

FAS sebagai *water to cementious ratio* dapat didefinisikan rasio berat air terhadap berat stotal semen (Mulyono, 2004). Telah diketahui secara umum bahwa semakin besar nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Dengan demikian, untuk menghasilkan sebuah beton mutu tinggi FAS dalam beton haruslah rendah. Akan tetapi hal ini menyebabkan kesusahan dalam pengerjaannya. Umumnya nilai FAS minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan nilai maksimumnya 0,65. Tujuan pengurangan FAS ini adalah untuk mengurangi hingga seminimal mungkin porositas beton sehingga akan dihasilkan beton mutu tinggi. Adapun hubungan FAS dan kuat desak beton menurut ACI 211.1-1991 tersaji dalam Tabel 3.3 berikut ini,

Tabel 3.3 Hubungan FAS dan Kuat Desak Beton

Kuat Desak Beton 28 Hari (Mpa)	Rasio Air-Semen (fas) Dalam berat	
	Beton Tanpa AEA	Beton Dengan AEA
40	0.24	-
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

3.6 Slump Test

Nilai *slump* juga dipakai sebagai salah satu penentu kekuatan beton. Nilai *slump* yang terlalu besar menghasilkan beton yang kurang baik, nilai *slump* yang terlalu kecil menghasilkan beton yang sukar dikerjakan. Maksud pemeriksaan nilai *slump* adalah untuk mengukur konsistensi campuran adukan beton secara pendekatan (tidak tepat).

Pengujian *slump* ini dilakukan dengan alat berbentuk kerucut terpancung, yang diameter atasnya 10 cm dan diameter bawahnya 20 cm dan tinggi 30 cm,

dilengkapi dengan kuping untuk mengangkat beton segar dan tongkat pemadat diameter 16 mm sepanjang minimal 60 cm (Mulyono, 2004).

Besarnya nilai *slump* bergantung pada:

- Jenis dan banyaknya semen portland.
- Jumlah air campuran.
- Gradasi bahan batuan.

3.7 Umur Beton

Kekuatan desak beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan desak beton pada kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan desak rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I (OPC-1). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja desaknya (Mulyono, 2005).

Kuat desak beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur (Tjokrodimuljo. 2007),. Yang dimaksud umur disini adalah dihitung sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat desak beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu akan semakin lambat dan laju kenaikan itu akan menjadi relatif

sangat kecil setelah berumur 28 hari. Sebagai standar kuat desak beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) adalah kuat desak beton pada umur 28 hari.

Laju kenaikan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis semen portland, suhu keliling beton, faktor air-semen dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat desak beton. Hubungan antara umur dan kuat desak beton dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Rasio kuat desak beton pada berbagai umur

Umur beton	3	7	14	21	28	90	365
Semen portland biasa	0.4	0.65	0.88	0.95	1	1.2	1.35
Semen portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0.55	0.75	0.9	0.95	1	1.15	1.2

Sumber: PBI 1971, NI-2, dalam Tjokrodinuljo, 2007

3.8 Kuat Desak Beton

Kekuatan desak adalah kemampuan beton untuk menerima gaya desak persatuan luas. Kuat desak beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Nilai kuat desak beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi = 300 mm, diameter = 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat desak masing-masing benda uji ditentukan

oleh tegangan desak tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban desak selama percobaan (Dipohusodo, 1996).



Gambar 3.2. Benda Uji Silinder

Rumus yang digunakan pada persamaan (3-1) untuk mendapatkan nilai kuat desak beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut (Antono, 1995):

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad \dots (3-1)$$

Dimana f_c' = kuat desak (MPa)

P = beban desak (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

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

1996). Oleh karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah:

- a. permukaan dan bentuk agregat,
- b. gradasi agregat, dan
- c. ukuran maksimum agregat.

3.9 Modulus Elastisitas Beton

Tolok ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari desakan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang, sebagai akibat dari desakan yang diberikan itu (Murdock dan Brook, 1986). Berbeda dengan baja, maka modulus elastisitas beton adalah berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji (Wang dan Salmon, 1986).

Sesuai dengan SK SNI T-15-1990-03 Pasal 3.1.5, digunakan rumus nilai modulus elastisitas beton pada persamaan 3.2 sebagai berikut,

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1.5} \times \sqrt{f_c'} \quad \dots (3-2)$$

Keterangan:

E_c = modulus elastisitas beton desak (MPa)

W_c = berat isi beton (kg/m^3)

f_c' = kuat desak beton (MPa)

Rumus empiris tersebut hanya berlaku untuk beton yang berkisar antara 1500-2500 kgf/m³.

Untuk beton kepadatan normal dengan berat isi $\pm 23 \text{ kN/m}^3$ dapat digunakan nilai pada persamaan 3.3 seperti berikut (Dipohusodo, 1996):

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \quad \dots (3-3)$$

Keterangan: E_c = modulus elastisitas beton desak (MPa)

f_c' = kuat desak beton (MPa)

Perhitungan modulus elastisitas beton secara umum dapat dituliskan pada persamaan 3.4, 3.5 dan 3.6 sebagai berikut (Antono, 1995):

$$E = \frac{f}{\varepsilon} \quad \dots (3-4)$$

$$f = \frac{P}{A_o} \quad \dots (3-5)$$

$$\varepsilon = \frac{l - l_o}{l_o} = \frac{\Delta l}{l_o} \quad \dots (3-6)$$

Keterangan: E = modulus elastisitas beton desak (MPa)

f = tegangan (MPa)

ε = regangan

P = beban desak (kg)

A_o = luas tampang beton (cm²)

l = panjang (yang memendek) waktu ada tegangan (cm)

l_0 = panjang awal benda uji (cm)

Δl = perubahan panjang benda uji (cm)

Berdasarkan hukum *Hooke*, nilai modulus elastisitas dapat dicari menggunakan rumus seperti pada persamaan 3.7 sebagai berikut:

$$\sigma = E \cdot \epsilon \quad \dots (3-7)$$

Keterangan: σ = tegangan (MPa)

E = modulus elastisitas (MPa)

ϵ = regangan