

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Berdasarkan SNI 2847:2013 definisi beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f'_c) pada usia 28 hari.

Secara umum adapun kelebihan dan kelemahan penggunaan beton (Tjokrodimulyo, 2007) adalah sebagai berikut.

Kelebihan beton adalah sebagai berikut.

1. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
2. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan.
3. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan ke dalam retakan beton dalam proses perbaikan.
4. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
5. Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih murah.

Kekurangan beton adalah sebagai berikut.

1. Beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberikan baja tulangan sebagai penahan gaya teriknya.

2. Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi untuk mengatasi retakan-retakan akibat terjadinya perubahan suhu.
3. Untuk mendapatkan beton kedap air secara sempurna, harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti.
4. Beton bersifat getas (tidak daktail) sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa.

3.2 Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03) didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan menggunakan bahan tambah *mineral additive* ataupun *chemical additive*. Pada tahun 1950an, beton dikategorikan mempunyai mutu tinggi jika kekuatan tekannya 30 MPa. Tahun 1960-1970an, kriteria naik menjadi 40 MPa. Saat ini beton dikatakan sebagai beton mutu tinggi jika kekuatan tekannya diatas 50 MPa (Supartono, 1998)

3.3 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton pada umumnya adalah campuran antara semen, pasir, krikil, dan air. Namun dapat juga diberi bahan tambah berupa *mineral*

additive ataupun *chemical additive* untuk meningkatkan performa beton itu sendiri.

Bahan – bahan penyusun beton adalah sebagai berikut.

3.3.1 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan kurang lebih 25% dari berat semen. Namun, dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang kurang dari 0,35 sulit dilaksanakan. Kelebihan air yang ada digunakan sebagai pelumas. Penambahan air untuk pelumas tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan berkurang. Selain itu, akan menimbulkan *bleeding*. Hasil *bleeding* ini berupa lapisan tipis yang mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton. Fungsi air di dalam campuran beton adalah sebagai berikut.

1. Sebagai pelicin bagi agregat halus dan agregat kasar.
2. Bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta semen.
3. Penting untuk mencairkan bahan / material semen ke seluruh permukaan agregat.
4. Membasahi agregat untuk melindungi agregat dari penyerapan air vital yang diperlukan pada reaksi kimia.
5. Memungkinkan campuran beton mengalir ke dalam cetakan.

Penggunaan banyaknya air dapat dinyatakan dalam suatu berat atau satuan volume. Dalam praktek yang normal, air biasa diukur dengan satuan volume yaitu liter. Kuantitas (jumlah) air yang akan digunakan untuk beton dengan mutu tertentu harus dihitung setelah melalui kelembaban (kadar air) dari agregat halus dan

agregat kasar. Kadar air dari agregat akan mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk campuran beton. Sebaliknya, kadang-kadang agregat dapat menyerap air dari campuran beton. Dalam hal ini, perlu ditemukan cara untuk mengatasi penyerapan tersebut yaitu dengan meningkatkan jumlah air yang perlu ditambahkan dalam campuran beton. Asal air yang dapat digunakan untuk campuran beton akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Air yang diserap dalam agregat, yang membuat agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry = SSD*).
2. Air yang ditambah selama proses pencampuran (*mixing*). Jumlahnya dikoreksi dengan air permukaan pada agregat dan atau tanpa air yang diserap dalam agregat, tergantung pada pengambilan dasar perhitungan dalam perbandingan air / semen (*fas*).
3. Air permukaan pada agregat. Jumlahnya bervariasi serta mempengaruhi jumlah air total untuk campuran beton.

3.3.2 Semen

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker*, terutama yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982). Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk adukan yang disebut pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambahkan pasir menjadi mortar semen dan jika ditambahkan lagi dengan kerikil atau batu pecah disebut beton. Dalam campuran beton, semen bersama air adalah sebagai kelompok yang aktif. Kelompok aktif ini berfungsi sebagai perekat atau pengikat, sedangkan kelompok pasif yaitu pasir dan

kerikil berfungsi sebagai pengisi. Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi masa yang kompak atau padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Dalam campuran beton, semen menempati kira-kira 10% dari volume beton. Karena merupakan bahan aktif maka penggunaannya harus dikontrol dengan baik. Di dalam semen terkandung bahan atau senyawa kimia yang mengandung kapur, silikat, alumina dan oksida besi yang semuanya menjadi unsur-unsur pokok.

Bahan dasar untuk pembuatan semen Portland terdiri atas batu kapur (*limestone*), tanah liat atau lempung (*clay*), pasir silika, pasir besi dan gipsum. Adapun kandungan bahan kimia dalam semen dapat dilihat dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kandungan bahan-bahan kimia dalam Bahan Baku Semen.

	CaO (%)	SiO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)
Batu kapur	52,77	1,02	0,92	0,70	1,33
Tanah liat	9,27	46,99	16,46	6,62	2,44
Pasir silica	1,41	90,51	3,26	1,65	2,98
Pasir besi	1,03	12,38	3,49	76,21	0,34

(Kusuma, 1993)

Setelah semen bercampur dengan air terjadi dua macam proses yaitu proses pengikatan (*setting process*) dan proses pengerasan (*hardening process*). Proses pengikatan berawal beberapa menit setelah pencampuran yang disebut *initial set* (pengikatan awal) dan berakhir setelah beberapa jam disebut *final set* (akhir pengikatan). Waktu pengikatan adalah jangka waktu dari mulai mengikatnya semen setelah berhubungan dengan air sampai adukan semen menunjukkan kekentalan yang tidak memungkinkan lagi untuk dikerjakan lebih lanjut. Proses pengerasan sudah mulai sejak semen berhubungan dengan air. Proses kimia dalam pengerasan terdiri dari hidrasi atau hidratasi dan hidrolisa. Hidrasi adalah pembentukan

senyawa-senyawa baru dengan air. Hidrolisa adalah perubahan dari suatu komponen menjadi komponen-komponen lain akibat pengaruh kimia dan air. Pada proses hidrasi terjadi pembebasan panas yang disebut panas hidrasi. Untuk hidrasi dari semen diperlukan air hanya kira-kira 20% dari berat semen itu. Tetapi, air kelebihan juga diperlukan untuk memberikan semacam pelincir pada butir-butir semen, sehingga adukan mudah diolah dan dikerjakan. Air kelebihan ini mutlak harus ada, kemudian akan menguap dan meninggalkan pori-pori di dalam semen yang sedang mengeras, dan memudahkan pembentukan retak-retak akibat susut, tetapi jumlah air kelebihan ini harus dibatasi. Proses pengerasan semen Portland merupakan suatu proses kompleks menuju ke pembentukan komponen-komponen baru di dalam batu semen yang semula tidak ada di dalam *klinker*. Reaksi hidrasi yang dihasilkan semen pada umumnya adalah :



3.3.3 Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasikan 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 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.

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, yaitu jika memakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12% dan jika memakai 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 AbramsHarder. Untuk itu, bila direndam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap daripada warna larutan perbandingan.
6. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan 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.
7. 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 zona 1, 2, 3, dan 4 (SKBI/BS.882) dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.

- a. Sisa di atas ayakan 4,8 mm harus maksimum 2% berat.
 - b. Sisa di atas ayakan 1,2 mm harus maksimum 10% berat.
 - c. Sisa di atas ayakan 0,3 mm harus maksimum 15% berat.
8. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir dengan alkali harus negatif.
 9. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.
 10. Agregat halus yang digunakan untuk maksud spesi plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan di atas.

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 hal-hal sebagai berikut.

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 hal-hal sebagai berikut.

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.

3.3.4 Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan maupun berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm (tertahan pada saringan no. 4).

Kerikil sebagai hasil disintegrasi batuan karena diambil langsung dari alam (sungai) maka, mempunyai bentuk permukaan yang bulat tak beraturan, rata dan licin akibat gerakan-gerakan atau pengausan oleh air sehingga dapat mengurangi daya lekat dengan butiran agregat itu sendiri. Sedangkan, batu pecah yang diperoleh dari alat pemecah batu mempunyai bentuk permukaan yang tidak rata, tidak beraturan, bersudut tajam dan lebih kasar sehingga dapat menambah daya rekat

antara mortar dengan butiran agregat tersebut. Dengan demikian, dapat memperkecil segregasi dan beton yang dihasilkan lebih kuat.

Menurut Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (SK SNI S-04-1989-F), syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat kasar adalah sebagai berikut.

1. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Kadar bagian yang lemah bila diuji dengan goresan batang tembaga, maksimum 5%. Tabel 3.2 menunjukkan pengujian kekerasan agregat kasar.

Tabel 3.2 Pengujian kekerasan Agregat Kasar

Kelas dan Mutu Beton	Kekerasan dengan Bejana Tekan Rudeloff Bagian Hancur Menembus Ayakan 2 mm Maksimum %		Kekerasan dengan Bejana Geser Los Angeles, Bagian Hancur Menembus Ayakan 1,7 mm Maksimum %
	Fraksi Butir 19 – 30 mm	Fraksi Butir 9,5 – 19 mm	
B ₀ serta mutu B ₁	22 – 30	24 – 32	40 – 50
Beton mutu K ₁₂₅ , K ₁₇₅ , dan K ₂₂₅	14 – 22	16 – 24	27 – 40
Mutu Beton di atas K ₂₂₅ atau Beton Pratekan	Kurang dari 14	Kurang dari 16	Kurang dari 27

(Spesifikasi bahan bangunan bagian SKSNI S-04-1989-F)

2. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih dan panjang hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih dan panjang tersebut tidak melampaui 20% dari jumlah agregat seluruhnya.
3. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.

4. Sifat kekal apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat, yaitu jika memakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12% dan jika memakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%.
5. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
6. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka, agregat kasar harus dicuci.
7. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 6 – 7,10 dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.
 - a. Sisa di atas ayakan 38mm, harus 0% berat.
 - b. Sisa di atas ayakan 4,8mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
 - c. Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
8. Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal pelat atau tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diizinkan apabila menurut penilaian pengawas ahli cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa sehingga menjamin tidak terjadi *segregasi*.

3.4 **Bahan Tambah**

Untuk keperluan tertentu beton memerlukan bahan tambah berupa bahan-bahan *mineral additive* ataupun *chemical additive* untuk meningkatkan performa beton itu sendiri. Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.4.1 **Glenium ACE 8590**

Penambahan Glenium ACE 8590 pada dosis 0,5 % - 1,5 % kuat tekan beton mengalami kenaikan terutama di umur awal beton, dan memiliki kenaikan kuat tekan secara maksimal di umur 28 hari. Keuntungan memakai Glenium ACE 8590 adalah sebagai berikut.

- a. *High water reduction*.
- b. Ketahanan beton yang baik.
- c. Meningkatkan kualitas beton.
- d. Penampilan permukaan baik.
- e. *Workability* membaik.

Master Glenium ACE 8590 ini terutama cocok untuk konstruksi yang membutuhkan *workability* yang baik dan juga memiliki kekuatan beton yang tinggi diawal dan di akhir pada umur 28 hari. Contoh aplikasi Master Glenium ACE 8590 adalah sebagai berikut ini.

- a. Untuk memproduksi beton pracetak misalnya girder jembatan dan tiang pancang.
- b. Untuk membuat beton pada saat cuaca panas.
- c. Untuk *insitu casting*.

d. Untuk pengecoran beton dengan bentuk bekesting susah dijangkau oleh *vibrator*.

3.4.2 *Fly Ash*

Fly ash adalah sisa hasil proses pembakaran batu bara yang keluar dari tungku pembakaran (umumnya berasal dari pabrik). Menurut PP No. 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Limbah *fly ash* dapat mengakibatkan dampak lingkungan yang cukup membahayakan terutama polusi udara terhadap kehidupannya sekitarnya. Oleh sebab itu diupayakan agar *fly ash* dapat menjadi bahan yang berguna, salah satu bentuk pemanfaatannya adalah sebagai bahan campuran beton.

Ukuran partikel *fly ash* bervariasi mulai yang lebih kecil dari 1 μm (micrometer) sampai yang lebih besar dari 100 μm (beberapa literatur menyebutkan ukuran 0,5 μm - 300 μm), dengan sebagian besar partikel berukuran kurang dari 20 μm . Karena ukuran yang kecil, *fly ash* mampu mengisi rongga di dalam beton lebih maksimal dari pada beton yang tidak mengandung *fly ash*, semakin rapat dan semakin sedikit pori beton yang dihasilkan maka semakin baik juga mutu beton yang dihasilkan.

Menurut ASTM C.618 *fly ash* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu abu terbang yang normal yang dihasilkan dari pembakaran batubara antrasit atau batubara bitomius (kelas F) dan abu terbang kelas C yang dihasilkan dari batubara jenis *lignite* atau *sub-bituminous*. Abu terbang kelas F yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau bitumen

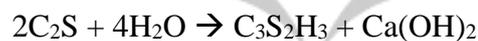
batubara (*bituminous*). Secara umum *fly ash* kelas F mempunyai kadar unsur sebagai berikut.

- a. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%.
- b. Kadar CaO < 10% (ASTM 20%)
- c. Kadar karbon (C) berkisar antara 5% -10%

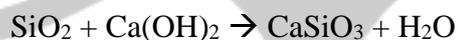
Fly ash kelas F disebut juga *low calcium fly ash*, yang tidak mempunyai sifat *cementitious* dan hanya bersifat *pozolanic* reaksi hidrasi. Sementara itu, abu terbang kelas C kemungkinan mengandung zat kimia SiO_2 sampai dengan 70%. Secara umum *fly ash* kelas C mempunyai kadar unsur sebagai berikut.

- a. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%.
- b. Kadar CaO > 10% (ASTM 20%)
- c. Kadar karbon (C) sekitar 2%

Reaksi hidrasi yang dihasilkan semen pada umumnya adalah:



Dengan menambahkan *fly ash* kedalam semen maka terjadi perubahan reaksi pada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menjadi:



Fly ash kelas C disebut juga *high calcium fly ash* karena kandungan CaO yang cukup tinggi, *fly ash* tipe C mempunyai sifat *cementitious* selain juga sifat *pozolan*. Oleh karena *fly ash* tipe C mengandung kadar CaO yang cukup tinggi dan mempunyai sifat *cementitious*. jika terkena air atau kelembaban, akan berhidrasi dan mengeras dalam waktu sekitar 45 menit.

3.5 Modulus Elastisitas Beton

Tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan itu (Murdock dan Brock, 1999). Sesuai dengan SNI-03-2847-2002 untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas beton secara teoritis di gunakan rumus – rumus sebagai berikut.

$$E_c = w_c^{1,5} (0,043) \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan : w_c = berat beton (kg/m^3)
 f'_c = mutu beton (MPa)
 E_c = modulus elastisitas (MPa)

Dan untuk beton dengan berat normal yang berkisar 2320 kg/m^3 :

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(3.2)$$

Berdasarkan penelitian oleh Wang, C. K. and Salmon, C.G., (1990), untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas beton digunakan rumus :

$$E_c = \frac{0,4 \times f_{maks}}{\epsilon p} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan : E_c = modulus elastisitas beton tekan (Mpa)
 f_{maks} = tegangan beton maksimum (Mpa)
 ϵp = regangan beton

3.6 Kuat Tekan Beton

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, 2004).

Persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan beton adalah:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan : f'_c = kuat tekan beton (MPa)
 A = luas bidang desak benda uji (mm²)
 P = beban tekan (N)

3.7 Daya Resap Air Beton

Menurut SNI 03-2914-1992, sifat beton kedap air harus memenuhi persyaratan berikut ini.

1. Beton kedap air normal bila diuji dengan cara perendaman dengan air selama 10+0,5 menit, resapan maksimum adalah 2,5% terhadap berat beton kering oven. Selama perendaman 24 jam, resapan maksimum adalah 6,5% terhadap beton ringan kering oven.
2. Beton kedap air agresif bila diuji dengan tekanan air, maka tembusnya air ke dalam beton tidak melampaui batas berikut ini.
 - a. Agresif sedang : 50 mm
 - b. Agresif kuat : 30 mm

Pada penelitian ini digunakan silinder diameter 70 mm dan tinggi 140 mm untuk melakukan pengujian penyerapan air. Adapun rumus yang dapat digunakan untuk menghitung serapan air :

$$S = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan : w_1 = berat beton kering oven (kg)
 w_2 = berat beton kering permukaan (SSD) (kg)
 S = daya serap air (%)

3.8 Sifat-Sifat Beton

Beton memiliki beberapa sifat saat sebelum mengeras, saat pengecoran, maupun setelah pengecoran. Adapun sifat-sifat beton adalah sebagai berikut.

3.8.1 *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 sebagai berikut.

1. *Mobility* adalah kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan.
2. *Stability* adalah kemampuan adukan beton untuk selalu tetap homogen, selalu mengikat, dan tidak mengalami pemisahan butiran (*segregasi* dan *bleeding*).
3. *Compactibility* adalah kemudahan adukan beton untuk dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat berkurang.

4. *Finishibility* adalah kemudahan adukan beton untuk mencapai tahap akhir yaitu mengeras dengan kondisi yang baik.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat workability antara lain sebagai berikut.

1. Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Semakin banyak air yang digunakan, maka beton segar semakin mudah dikerjakan.
2. Penambahan semen ke dalam campuran juga akan memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
4. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
5. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan.
6. 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, K., 2007).

3.8.2 *Segregasi*

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. Penyebab *segregasi* adalah sebagai berikut.

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 dengan cara sebagai berikut.

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

3.8.3 *Bleeding*

Bleeding merupakan peristiwa naiknya air ke permukaan pada beton yang baru dicor karena bahan-bahan pada mengendap dan bahan-bahan susun kurang mampu memegang air campuran secara terbagi merata seluruh campuran. Akibat dari peristiwa ini adalah sebagai berikut.

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 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* adalah sebagai berikut.

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 % 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).

3.8.4 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, 2004).

Kuat desak beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur (Tjokrodinuljo, K., 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 relative 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 3.3.

Tabel 3.3 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur

Umur Beton	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20