

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Beton

Beton merupakan bahan gabungan yang terdiri dari agregat kasar dan halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai bahan pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan halus dan kadang-kadang ditambahkan bahan tambahan campuran (*admixture*) bila diperlukan. (Suseno, 2012). Berdasarkan SNI 03-2834-2000, beton didefinisikan sebagai campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah agar terbentuk massa padat. Beton dapat dikelompokkan berdasar kekuatan tekan karakteristik yang mana kekuatan beton sangat bergantung pada pembuatan beton sendiri. Faktor air semen, proporsi campuran, gradasi butiran agregat, serta pelaksanaan pekerjaan di lapangan juga sangat ditentukan oleh mutu dan kekuatan beton. (Subakti, 1994).

Beton terdiri dari 3 unsur utama, yaitu semen, agregat dan air. Semen jika bercampur dengan air akan terbentuk pasta semen. Agregat halus dan kasar akan diikat oleh pasta semen. Rongga diantara bahan-bahan kasar akan diisi oleh batuan yang lebih halus. Pada saat campuran keras akan terbentuk suatu bahan yang padat, keras dan tahan lama. (Suseno, 2012).

B. Umur Beton

Kekuatan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linier) sampai umur 28 hari tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971, disebutkan perbandingan kekuatan tekan (desak) beton pada berbagai umur beton seperti yang disajikan pada Tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur

| | | | | | | | |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Umur Beton (hari) | 3 | 7 | 14 | 21 | 28 | 90 | 365 |
| Semen <i>Portland</i> biasa | 0,40 | 0,65 | 0,88 | 0,95 | 1,00 | 1,20 | 1,35 |

Tabel 3.2 Perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur (Lanjutan)

| | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Semen <i>Portland</i> dengan kekuatan awal tinggi | 0,55 | 0,75 | 0,90 | 0,95 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|

Sumber : PBI-1971

C. Semen

Semen merupakan bahan yang bersifat hidrolis yang bila dicampur air akan berubah menjadi bahan yang bersifat perekat. Pada umumnya terdapat beberapa jenis semen dan tipe semen yang berada dipasaran, contoh semen hidrolik diantaranya yaitu semen *pozzolan*, semen *portland*, semen *portland pozzolan*, kapur hidrolik, semen terak, semen *portland* terak tanur tinggi, semen alam, semen alumina dan semen ekspansif (Mulyono, 2003). Beberapa jenis semen diatur dalam SNI, diantaranya SNI 15-2049-2004 mengenai semen *Portland* (OPC = *Ordinary Portland Cement*) yang dibedakan menjadi 5 tipe seperti yang diuraikan berikut ini.

1. Tipe I yaitu semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Tipe II yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya diperlukan kekuatan tinggi terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Tipe III semen *Portland* yang dalam penggunaannya diperlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah peningkatan terjadi.
4. Tipe IV yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya diperlukan kalor hidrasi rendah.
5. Tipe V yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya diperlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

D. Agregat

Menurut SK SNI T-15-1991-03 agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat agar terbentuk beton. Berdasarkan ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi :

1. agregat halus diameter 0,063-5 mm disebut pasir, yang dapat dibedakan lagi menjadi pasir halus (diameter 0,063-1 mm) dan pasir kasar (diameter 1-5 mm), dan
2. agregat kasar diameter > 5 mm, biasanya berukuran antara 5 hingga 40 mm disebut kerikil.

Berdasarkan SK SNI-S-04-1989-F, agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih berdasarkan persyaratan sebagai berikut ini.

1. Agregat halus
 - a. Butir-butirnya tajam dan keras dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$.
 - b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 10%, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 15%.
 - c. Tidak terisi lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%.
 - d. Tidak terisi zat organis terlalu banyak yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan diatas endapan agregat halus tidak boleh lebih gelap daripada warna standar/pembanding.
 - e. Modulus halus butir antara 1,5 – 3,80 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
 - f. Agregat halus dari laut/pantai, boleh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Tabel 3.3 Batas gradasi agregat halus (Tjokromuljo, 2004)

| Lubang (mm) | % Berat Butir Lolos Saringan | | | |
|-------------|------------------------------|----------|----------|----------|
| | Daerah 1 | Daerah 2 | Daerah 3 | Daerah 4 |
| 10 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4.8 | 90-100 | 90-100 | 90-100 | 95-100 |
| 2.4 | 60-95 | 75-100 | 85-100 | 95-100 |
| 1.2 | 30-70 | 55-90 | 75-100 | 90-100 |
| 0.6 | 15-34 | 35-59 | 60-79 | 80-100 |
| 0.3 | 5-20 | 8-30 | 12-40 | 15-50 |
| 0.15 | 0-10 | 0-10 | 0-10 | 0-15 |

2. Agregat kasar

- a. Butir-butirnya keras dan tidak berpori, indeks kekasaran $\leq 5\%$ (diuji dengan goresan batang tembaga) bila diuji dengan bejana *Rudeloff* atau *Loss Angels*.
- b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%.
- c. Tidak terisi lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 1%.
- d. Tidak boleh terdapat zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
- e. Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20%.
- f. Modulus halus butiran antara 6-7,10 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
- g. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari $1/5$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $1/3$ tebal pelat beton, $3/4$ jarak bersih antara tulangan atau bekas tulangan.

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Sifat-sifat ini harus diketahui dan dipelajari agar dapat diambil tindakan yang positif untuk masalah-masalah yang timbul (Mulyono, 2003).

1. Kadar Air

Pori-pori dalam butir agregat mungkin terisi air. Berdasarkan banyaknya kandungan air di dalam agregat maka kondisi agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat kandungan airnya (Tjokrodinuljo, 2010). Adapun tingkatan kandungan air pada agregat dijelaskan sebagai berikut ini.

- a. Kering tungku, yaitu agregat benar-benar dalam keadaan kering. Keadaan ini berdampak pada agregat sehingga dapat secara penuh menyerap air.
- b. Kering udara, butir-butir agregat terisi sedikit air (tidak penuh) di dalam porinya dan permukaan butirnya kering.

- c. Jenuh kering muka, butir-butir agregat terisi air sebanyak (tepat sama banyak) dengan volume porinya (pori-pori tepat terisi penuh air), namun permukaan butirnya kering.
- d. Basah, pori-pori agregat terisi penuh air dan permukaan butiran basah.

Berdasarkan SNI 03-1971-1990 tentang metode pengujian kadar air agregat, kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen. Hasil pengujian kadar air agregat dapat digunakan dalam pekerjaan perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton serta perencanaan campuran dan pengendalian mutu perkerasan jalan.

$$W_3 = W_2 - W_1 \dots \dots \dots (3.1)$$

$$W_5 = W_4 - W_1 \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{(W_3 - W_5)}{W_3} \times 100\% \dots \dots \dots (3.3)$$

dengan

W_1 = Berat wadah (gram)

W_2 = Berat benda uji + wadah (gram)

W_3 = Berat benda uji semula (gram)

W_4 = Berat benda uji kering + wadah (gram)

W_5 = Berat benda uji kering oven (gram)

2. Kadar Lumpur Agregat

Berdasarkan SNI 03-4142-1996 tentang metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no.200 (0,075 mm), tujuan metode ini adalah didapatkannya presentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan nomor 200 (0,75 mm). Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

$$W_3 = W_1 - W_2 \dots \dots \dots (3.4)$$

$$W_5 = W_4 - W_2 \dots \dots \dots (3.5)$$

$$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\% \dots \dots \dots (3.6)$$

dengan

W_1 = Berat kering benda uji dan wadah (gram)

W_2 = Berat wadah (gram)

W_3 = Berat kering benda uji awal (gram)

W_4 = Berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gram)

W_5 = Berat kering benda uji sesudah pencucian (gram)

W_6 = % bahan lolos saringan nomor 200 (0,075 mm)

Berdasarkan SK SNI S-04-1989 variasi kadar lumpur pada agregat sebagai berikut ini.

Tabel 3.4 Klasifikasi kadar lumpur pada agregat

| Agregat Halus (Pasir) | Agregat Kasar (Kerikil) |
|-----------------------|-------------------------|
| Bersih (0% - 3%) | Bersih (<1%) |
| Sedang (3% - 5%) | |
| Kotor (5% - 7%) | |

Sumber : SK SNI S-04-1989

3. Berat Jenis Agregat dan Penyerapan Air

Berat jenis adalah perbandingan berat volume agregat tanpa terisi rongga udara terhadap air pada volume yang sama sedangkan penyerapan air adalah persentase berat air yang diserap agregat, dihitung terhadap berat kering. Berdasarkan SNI 03-1969-1990 tentang metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, tujuan pengujian ini adalah didapatkannya angka berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar, serta angka penyerapan dari agregat. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam pekerjaan penyelidikan *quarry* agregat, perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton, perencanaan campuran dan pengendalian mutu perkerasan jalan. Beberapa rumus yang digunakan sebagai berikut ini.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \dots \dots \dots (3.9)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \dots \dots \dots (3.10)$$

dengan

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gram)

Sedangkan untuk agregat halus berdasarkan SNI 03-1970-1990 tentang metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus bertujuan untuk didapatkannya angka berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dan penyerapan air pada agregat halus. Hasil pengujian selanjutnya dapat digunakan dalam pekerjaan penyelidikan *quarry* agregat, perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton, perencanaan campuran dan pengendalian mutu perkerasan jalan. Dalam metode ini dilakukan perhitungan dengan rumus-rumus sebagai berikut ini.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B + 500 - Bt} \dots \dots \dots (3.11)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{500}{B + 500 - Bt} \dots \dots \dots (3.12)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \dots \dots \dots (3.13)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\% \dots \dots (3.14)$$

dengan

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

B = (Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = berat benda uji keadaan kering permukaan jenuh (gram)

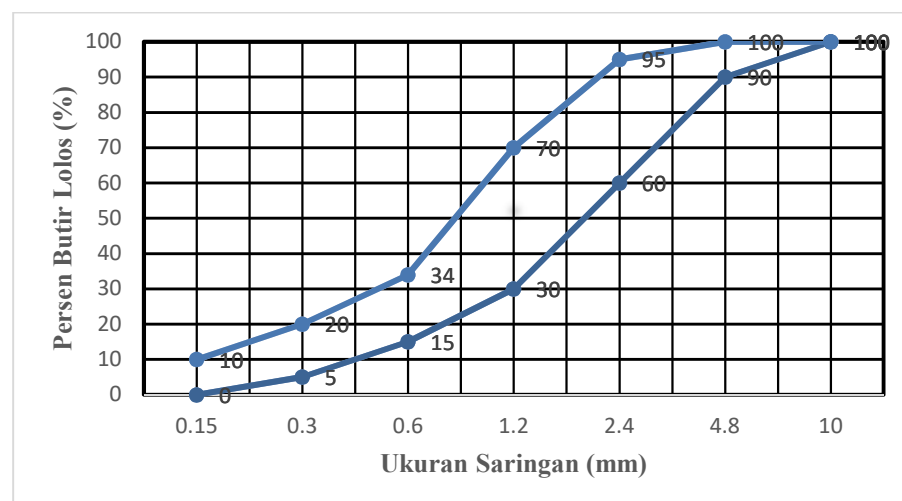
4. Gradasi butiran dan Modulus Halus Butir (MHB)

Berdasarkan SK SNI T-15-1990-03 diberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standar* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat daerah seperti disajikan dalam Tabel 3.5. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 3.1 sampai 3.4.

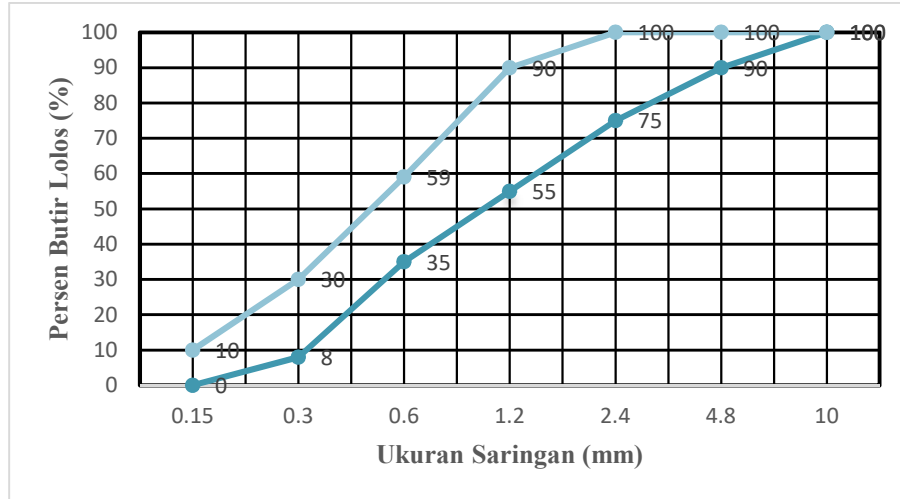
Tabel 3.5 Batas gradasi agregat halus (Mulyono, 2003)

| 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 | 90-100 |
| 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 | 5-20 | 12-40 | 15-50 |
| 0,15 | 0-10 | 0-10 | 0-10 | 0-15 |

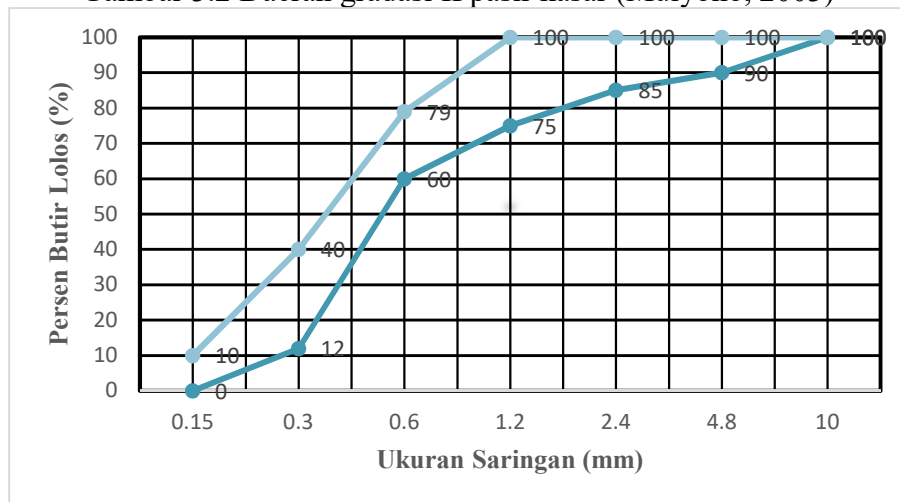
Keterangan : Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
 Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar
 Daerah Gradasi III = Pasir Halus
 Daerah Gradasi IV = Pasir Agak Halus



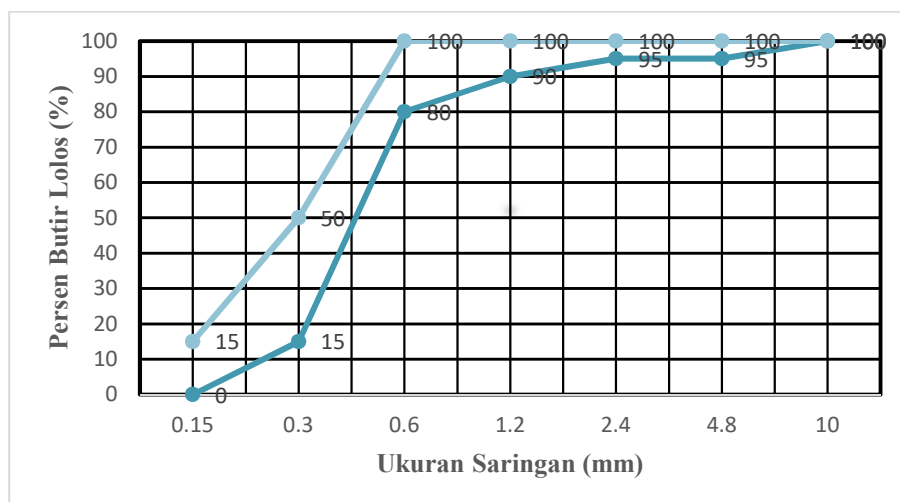
Gambar 3.1 Daerah gradasi I pasir kasar (Mulyono, 2003)



Gambar 3.2 Daerah gradasi II pasir kasar (Mulyono, 2003)



Gambar 3.3 Daerah gradasi III pasir kasar (Mulyono, 2003)



Gambar 3.4 Daerah gradasi IV pasir kasar (Mulyono, 2003)

Hasil dari pengujian gradasi diperoleh nilai Modulus Halus Butir (MHB) yang merupakan suatu indeks yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekasaran butir agregat. Makin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butiran agregatnya. Umumnya agregat halus bernilai MHB sekitar 1,50-3,8 dan kerikil mempunyai nilai MHB 5-8 (Mulyono, 2003).

Berdasarkan SNI 03-1968-1990 tentang metode pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar, tujuan pengujian ini adalah untuk didapatkannya distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus dan agregat kasar. Distribusi yang diperoleh dapat ditunjukkan dalam tabel atau grafik. Analisis saringan agregat adalah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Analisis hitungan untuk pengujian ini dengan rumus berikut ini.

$$\text{Persen berat tertahan} = \frac{\text{Berat tertahan}}{\text{Jumlah berat tertahan}} \times 100\% \dots \dots (3.15)$$

Untuk mencari Modulus Halus Butir (MHB) dengan rumus berikut ini.

$$MHB = \frac{\text{Jumlah berat tertahan kumulatif}}{\text{Jumlah berat tertahan (\%)}} \dots \dots \dots (3.16)$$

5. Berat Satuan Agregat

Berat satuan adalah berat agregat dalam satuan volume. Berat satuan normal yang berkisar antara 1,50-1,80 (Tjokromuljo, 2010). Berdasarkan SNI 03-4804-1998 tentang pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat, tujuan pengujian ini adalah untuk didapatkannya berat agregat dalam satu volume silinder benda uji berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berat isi atau berat satuan agregat dalam keadaan kering oven dihitung dengan rumus berikut ini.

$$M = \frac{G-T}{V} \dots \dots \dots (3.17)$$

dengan

M = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven (gram/cm³)

G = Berat agregat dalam silinder (gram)

T = Berat silinder (gram)

V = Volume silinder (cm^3)

6. Keausan Butir Agregat Kasar

Berdasarkan SNI 03-2417-1991 tentang metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles*, tujuan pengujian ini adalah untuk didapatkannya angka keausan agregat yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan no.12 (1,7 mm) terhadap berat semula dalam persen. Untuk menghitung nilai keausan agregat dapat dengan rumus berikut ini.

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots \dots \dots (3.18)$$

Kepadatan dan kekerasan agregat diperhatikan agar tercapai kekuatan beton yang baik. Kepadatan agregat yang besar berbanding lurus dengan kekuatan dan durabilitas beton (daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca). Massa agregat yang padat dihasilkan dari gradasi butiran yang baik. Syarat gradasi butiran yang baik yaitu terdapat cukup kekerasan, sifat kekal, tidak bersifat reaktif terhadap alkali dan tidak terisi lumpur.

E. Air

Air merupakan komponen penting dari campuran beton yang berperan penting sebagai pereaksi semen dan mendukung terbentuknya kekuatan pasta semen. Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi proses hidrasi pada semen hidrolik, yaitu reaksi kimia antara semen dan air. Semen dan air yang tercampur akan keras setelah kurun waktu tertentu.

Syarat-syarat air yang harus digunakan menurut (Subakti, 1995) adalah sebagai berikut ini.

1. Air yang digunakan harus bersih, tidak boleh terdapat minyak, asam, alkali, garam, juga zat organik dan bahan-bahan yang dapat merusak bahan yang lainnya.
2. Air yang digunakan tidak boleh terisi sejumlah ion klorida.
3. Air yang digunakan adalah air tawar yang dapat diminum.

F. Bahan Tambah

Bahan tambah adalah suatu bahan bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan. Sifat adukan atau sifat

beton dapat diubah dengan bahan tambah tertentu. Bahan tambah ada 2 jenis yaitu *additive* (bahan tambah yang bersifat mineral) dan *chemical admixture* (bahan tambah yang bersifat kimiawi).

Bahan tambah (*additive*) adalah zat yang ditambahkan pada saat proses pembuatan semen di pabrik. Bahan tambah *additive* yang ditambahkan pada beton bertujuan agar terjadi peningkatan kinerja kuat tekan beton. Beton yang tidak kohesif dan mudah *bleeding* terjadi karena beton kekurangan butiran halus dalam agregat, kondisi ini dapat diatasi dengan digunakannya bahan tambah *additive* yang berbentuk butiran padat halus. Penambahan *additive* dilakukan pada beton yang kekurangan agregat halus dan beton dengan kadar semen biasa tetapi perlu dipompa pada jarak yang jauh. Contoh *additive* diantaranya adalah pozzolan, *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*.

Dalam penelitian ini bahan *additive* yang digunakan berupa *silicafume*. *Silicafume* merupakan aditif yang sangat baik untuk digunakan dalam pembuatan beton mutu tinggi dan sangat tinggi, yang merupakan produk sampingan sebagai abu pembakaran dari proses pembuatan *silicon metal* atau *silicon alloy* dalam tungku pembakaran listrik. *Silicafume* (mikrosilika) ini juga bersifat *pozzolan* (bahan yang mempunyai kandungan utama senyawa silika/silika dioksida dan alumina), dengan kadar kandungan senyawa silika-dioksida (Si O_2) yang sangat tinggi (>90 %), dan ukuran butiran partikel yang sangat halus yaitu sekitar 1/100 ukuran rata-rata partikel semen. Dengan demikian penggunaan *silicafume* pada umumnya akan memberikan sumbangan yang lebih efektif pada kinerja beton, terutama untuk beton bermutu sangat tinggi (Pujianto, 2005). Adapun keuntungan penggunaan *additive* (Mulyono T, 2003) adalah *workability* beton yang lebih baik, panas hidrasi beton berkurang, biaya pekerjaan beton berkurang, daya tahan terhadap serangan sulfat yang lebih tinggi, usia beton lebih lama dan penyusutan yang lebih kecil.

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan atau material selain air, semen, dan agregat yang ditambahkan ke dalam beton selama pengadukan. Sifat karakteristik beton dapat dimodifikasi dengan *admixture*. Penambahan *chemical admixture* banyak dilakukan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan.

Superplasticizer atau *retarding water reducer* dalam penelitian ini merupakan bahan tambah yang berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan beton. Ketentuan dan syarat mutu bahan tambah *admixture* pada penelitian ini sesuai dengan ASTM C tipe E 494-81 “*Standard Specification For Chemical Admixture For Concrete*”.

Tujuan penggunaan bahan tambah untuk beton secara umum adalah diperolehnya sifat-sifat beton yang diinginkan, sesuai dengan tujuan atau keperluannya. Sifat-sifat yang dapat diperbaiki antara lain (Samekto & Rahmadiyanto, 2001) :

1. memperbaiki kelecakan beton segar,
2. mengatur faktor air semen pada beton segar,
3. mengurangi penggunaan semen,
4. mencegah terjadinya segregasi dan *bleeding*,
5. mengatur waktu pengikatan aduk beton,
6. meningkatkan kuat desak beton keras,
7. meningkatkan sifat kedap air pada beton keras, dan
8. meningkatkan sifat tahan lama pada beton keras (lebih awet) termasuk terhadap zat-zat kimia dan tahan terhadap gesekan.

G. *Workability*

Menurut Mulyono (2003) kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai *slump* yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. *Workability* dapat dipengaruhi oleh beberapa unsur antara lain seperti dijelaskan berikut ini.

1. Jumlah air pencampur, semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan.
2. Kandungan semen, jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannyapun akan lebih tinggi.
3. Gradasi campuran pasir-kerikil, jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.
4. Bentuk butiran agregat kasar, agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan

5. Butiran maksimum
6. Cara pemadatan dan alat pemadat.

Tingkat kemudahan pengerjaan dapat diketahui dari percobaan *slump*. Percobaan 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, 2003).

H. *Curing*

Curing atau perawatan beton adalah sebuah tindakan khusus yang diberikan kepada beton agar kekuatan beton tetap terjaga selama proses pengerasan. *Curing* secara umum dipahami sebagai perawatan beton yang bertujuan agar beton tetap terjaga kandungan airnya, atau sebagai tindakan menjaga kelembaban dan suhu beton, segera setelah proses *finishing* beton selesai dan waktu total *setting* tercapai. Tujuan pelaksanaan *curing* adalah agar reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambah dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai, dan menjaga agar tidak terjadi susut berlebih pada beton akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam sehingga dapat berakibat terjadinya retak. Acuan dalam pelaksanaan *curing* telah ditetapkan SNI 03-2847-2002 selama 7 (tujuh) hari untuk beton normal dan 3 (tiga) hari untuk beton dengan kuat tekan awal tinggi.

I. Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah perbandingan antara beban terhadap luas penampang beton (Susilorini & Suwarno, 2009). Berdasarkan SNI 03-1974-1990 kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang berakibat pada hancurnya benda uji beton bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Besar nilai kuat tekan didapatkan dari hasil bagi beban maksimum hasil uji tekan dengan luas penampang benda uji silinder seperti pada rumus dibawah ini.

$$\text{Kuat Tekan Beton} = \frac{P}{A} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) \dots\dots\dots(3.19)$$

Keterangan :

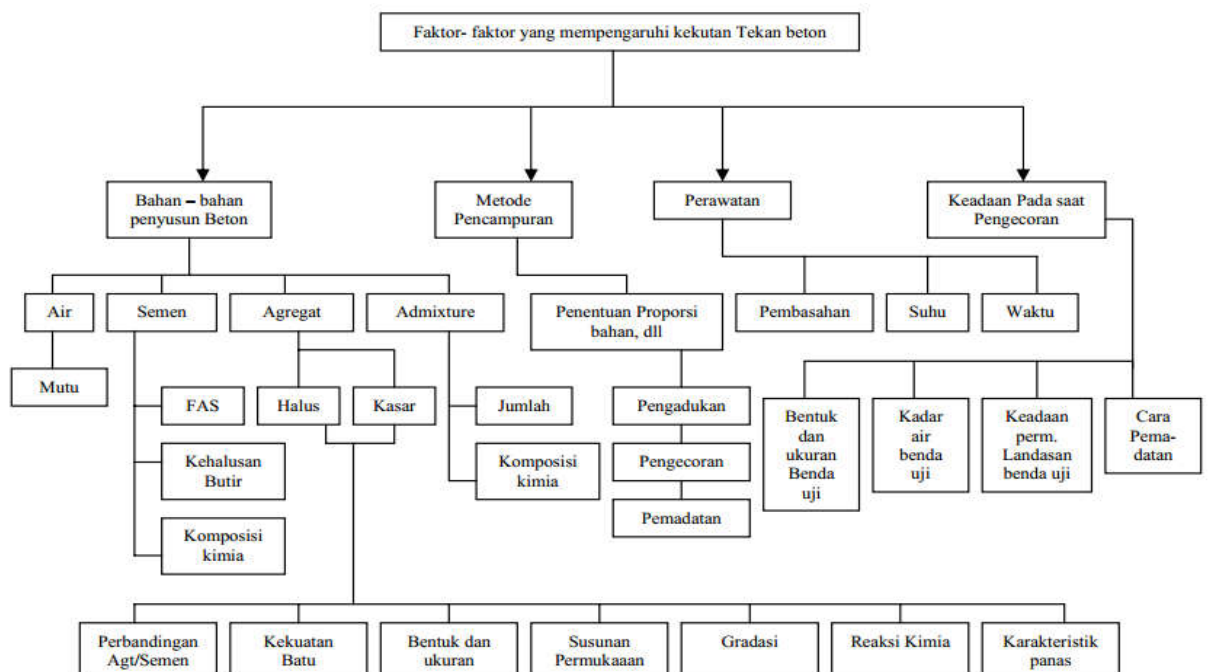
P = beban maksimum (Kg), dan
 A = luas penampang (Cm^2).

Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan maksimum f_c' dengan satuan kg/cm^3 atau MPa. Nilai kuat tekan beton umumnya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kuat tariknya, oleh sebab itu untuk mutu beton biasanya secara kasar hanya ditinjau kuat tekannya saja (Tjokromuljo, 2007). Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis sebagaimana terdapat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya (Tjokromuljo, 2007)

| Jenis Beton | Kuat Tekan |
|---|---------------|
| Beton Sederhana (<i>Plain Concrete</i>) | Sampai 10 MPa |
| Beton Normal | 15 - 30 MPa |
| Beton Pra Tegang | 30 - 40 MPa |
| Beton Kuat Tekan Tinggi | 40 – 80 MPa |
| Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi | >80 MPa |

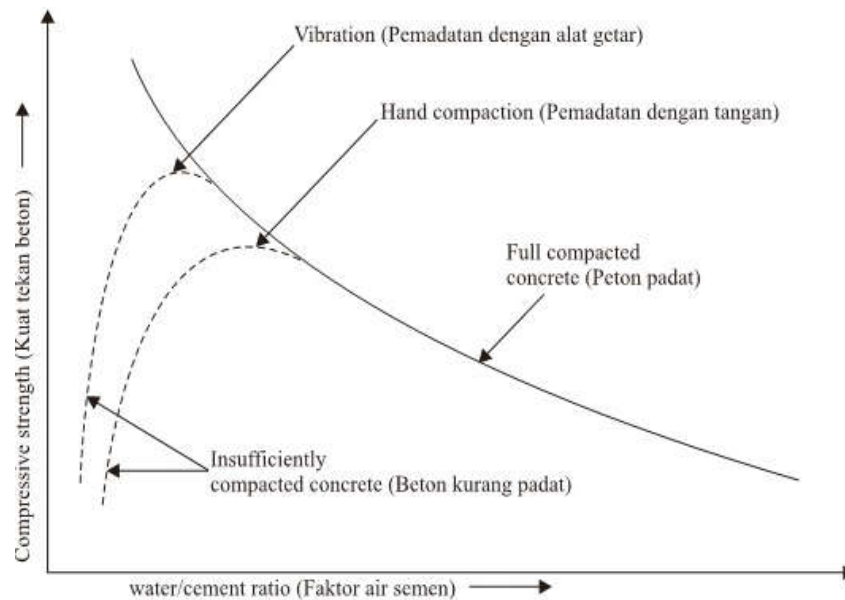
Menurut Mulyono (2003) mutu dari kekuatan beton dapat dipengaruhi oleh empat faktor utama yaitu proporsi bahan penyusun, metode perancangan, perawatan dan keadaan saat pengecoran dilaksanakan. Faktor yang lebih rinci dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Faktor-faktor pengaruh kekuatan beton (Mulyono, 2003)

J. Faktor Air Semen

Faktor Air Semen (FAS) atau w/c (*water/cement*) adalah angka yang perbandingan antara berat air dan berat semen. Pada beton mutu tinggi dan sangat tinggi, pengertian fas bisa diartikan sebagai *water to cementitious ratio*, yaitu rasio berat air terhadap berat total semen dan aditif *cementitious*, yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi (Pujianto, 2005). Beton mutu tinggi dapat dihasilkan dari faktor air semen yang rendah. Semakin rendah nilai FAS kekuatan beton akan semakin tinggi, tetapi pada nilai fas tertentu (sekitar 0,30) kekuatan beton yang dihasilkan lebih rendah karena kesulitan pemadatan. Agar masalah tersebut dapat diatasi maka digunakan alat getar (*vibrator*) atau dengan bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) (Tjokrodimuljo, 1992).



Gambar 3.6 Hubungan kuat tekan dengan FAS beton (Neville dan Brook, 1987)