

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Pengertian Beton

Menurut SNI-03-2847-2002, beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Pasir alam sebagai hasil disintegrasi “alami” batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu yang mempunyai ukuran butir sebesar 5,0 mm, sedangkan kerikil sebagai hasil disintegrasi “alami” dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dimana mempunyai ukuran antara 5 mm sampai dengan 40 mm.

B. Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton terdiri dari semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan air.

1. Semen

Semen adalah bahan perekat yang mempunyai sifat mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kuat. Semen dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu semen hidrolis dan semen non-hidrolis.

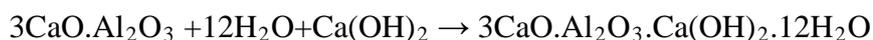
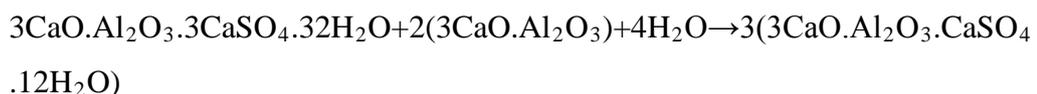
Semen non-hidrolis adalah semen yang tidak dapat mengeras di dalam air, namun semen tersebut memerlukan bantuan udara untuk dapat mengeras, contoh utama dari semen non-hidrolis adalah kapur. Sedangkan untuk semen hidrolis memiliki kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air, contoh dari semen hidrolis tersebut antara lain meliputi, namun tidak terbatas pada bahan-bahan sebagai berikut : kapur hidrolis, semen terak, semen teras, semen alam, dan semen *portland*.

Berdasarkan SNI 15-2049-2004, semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen, terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Berdasarkan SK SNI 15-2049-2004, semen *Portland* dibagi menjadi 5 (lima jenis) berdasarkan jenis dan penggunaannya, antara lain :

- a. Jenis I yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Jenis II yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- e. Jenis V yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Proses hidrasi yang terjadi pada semen *portland* dapat dinyatakan dalam persamaan kimia sebagai berikut :



Pada reaksi hidrasi semen, C_3S dan C_2S bereaksi dengan air membentuk Trikalsium silikat hidrat yang disebut dengan gel tobermorite atau gel kalsium silikat hidrat (*CSH gel*) dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Reaksi hidrasi C_3A dengan adanya kalsium sulfat membentuk kalsium trisulfoaluminat hidrat (disebut dengan *Aft* atau *ettringite*), atau kalsium monosulfoaluminat hidrat (disebut dengan *AFm* atau *monosulfate*). Tanpa adanya kalsium sulfat, C_3A bereaksi dengan air dan kalsium hidrosida membentuk tetrakalsium aluminat hidrat dan C_4AF bereaksi dengan air membentuk kalsium aluminoferrit hidrat.

Dalam penelitian ini, digunakan 3 merk semen yang berbeda yaitu semen merk Holcim, semen Gresik, dan semen Tiga Roda. Berikut adalah sejarah singkat mengenai semen yang digunakan :

a. Holcim

Sebagai bagian dari Lafarge Holcim Group yang beroperasi di lebih dari 90 negara di seluruh dunia dengan pengalaman lebih dari 180 tahun, Holcim Indonesia memiliki komitmen untuk menjadi perusahaan yang terdepan dengan kinerja terbaik dalam industri bahan bangunan di Indonesia. Holcim Indonesia melangkah untuk memenuhi kebutuhan pembangunan di Indonesia dengan kapasitas produksi 15 juta ton semen per tahun.

Kehadiran Holcim di Indonesia ditandai dengan beroperasinya empat pabrik di Lhoknga–Aceh, Narogong–Jawa Barat, Cilacap–Jawa Tengah dan Tuban–Jawa Timur. Kegiatan produksi Holcim juga ditunjang dengan adanya fasilitas penggilingan & terminal distribusi yang tersebar hingga ke Kalimantan dan Sumatra, serta sistem manajemen penjualan yang prima dan inovasi produk yang selalu dapat menjadi solusi kebutuhan. Berikut ini adalah gambar dari semen Holcim :



Gambar 3.1 Semen Holcim

b. Gresik

Perusahaan diresmikan di Gresik pada tanggal 7 Agustus 1957 oleh Presiden RI pertama dengan kapasitas terpasang 250.000 ton semen per tahun, dan di tahun 2014 kapasitas terpasang mencapai 31,8 juta ton/tahun.

Pada tanggal 8 Juli 1991 saham Perseroan tercatat di Bursa Efek Jakarta dan Bursa Efek Surabaya (kini menjadi Bursa Efek Indonesia) serta merupakan BUMN pertama yang *go public* dengan menjual 40 juta lembar saham kepada masyarakat. Komposisi pemegang saham pada saat itu: Negara RI 73% dan masyarakat 27%.

Pada bulan September 1995, Perseroan melakukan Penawaran Umum Terbatas I (*Right Issue I*), yang mengubah komposisi kepemilikan saham menjadi Negara RI 65% dan masyarakat 35%. Pada tanggal 15 September 1995 PT Semen Gresik berkonsolidasi dengan PT Semen Padang dan PT Semen Tonasa. Total kapasitas terpasang Perseroan saat itu sebesar 8,5 juta ton semen per tahun.

Pada tanggal 17 September 1998, Negara RI melepas kepemilikan sahamnya di Perseroan sebesar 14% melalui penawaran terbuka yang dimenangkan oleh Cemex S. A. de C. V., perusahaan semen global yang berpusat di Meksiko. Komposisi kepemilikan saham berubah menjadi Negara RI 51%, masyarakat 35%, dan Cemex 14%. Kemudian tanggal 30 September 1999 komposisi kepemilikan saham berubah menjadi: Pemerintah Republik Indonesia 51,0%, masyarakat 23,4% dan Cemex 25,5%.

Pada tanggal 27 Juli 2006 terjadi transaksi penjualan saham Cemex Asia Holdings Ltd. Kepada Blue Valley Holdings PTE Ltd. sehingga komposisi kepemilikan saham berubah menjadi Negara RI 51,0% Blue Valley Holdings PTE Ltd. 24,9%, dan masyarakat 24,0%. Pada akhir Maret 2010, Blue Valley Holdings PTE Ltd, menjual seluruh sahamnya melalui *private placement*, sehingga komposisi pemegang saham Perseroan berubah menjadi Pemerintah 51,0% dan publik 48,9%. Berikut ini adalah gambar dari semen Gresik:



Gambar 3.2 Semen Gresik

c. Tiga Roda

Semen Tiga Roda merupakan produk semen yang diproduksi oleh PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk (“Indocement”). Dengan mengedepankan kualitas terbaik dan inovasi yang berbaaur dengan alam, Semen Tiga Roda diproduksi guna memenuhi kebutuhan pembangunan di dalam dan luar negeri. Produksi Semen Tiga Roda bermula sejak Indocement mengoperasikan pabrik pertamanya secara resmi pada Agustus 1975. Perseroan atas nama Indocement secara resmi didirikan pada 16 Januari 1985 melalui penggabungan enam perusahaan semen yang pada saat itu memiliki delapan pabrik.

Seiring berjalannya pembangunan dan bertambahnya kebutuhan, Indocement terus menambah jumlah pabriknya hingga dua belas pabrik. Pada 22 Februari 2013, Perseroan telah memulai perluasan Kompleks Pabrik Citeureup dengan penambahan lini produksi yang disebut Pabrik ke-14. Dengan penambahan Pabrik ke-14 maka jumlah pabrik Indocement saat ini adalah 13 pabrik. Sebagian besar pabrik berada di Pulau Jawa, 10 diantaranya berlokasi di Citeureup, Bogor, Jawa Barat, yang menjadikannya salah satu kompleks pabrik semen terintegrasi terbesar di dunia. Sementara dua pabrik lainnya ada di Palimanan, Cirebon, Jawa Barat, dan satu lagi di Tarjun, Kotabaru, Kalimantan Selatan. Indocement mencatatkan sahamnya pertama kali di Bursa Efek Indonesia (BEI) pada 5 Desember 1989 dengan kode saham “INTP”. Sejak 2001, Heidelberg Cement Group, yang berbasis di Jerman, menjadi

pemilik mayoritas saham Perseroan. Heidelberg Cement adalah pemimpin pasar global dalam bisnis agregat dan merupakan pemain terkemuka di bidang semen, beton siap-pakai (RMC), dan kegiatan hilir lainnya, menjadikannya salah satu produsen bahan bangunan terbesar di dunia. Dengan merek dagang “Tiga Roda”, Indocement menjual sekitar 18,7 juta ton semen di 2014, yang menjadikannya perusahaan entitas tunggal penjual semen terbanyak di Indonesia. Produk semen Perseroan adalah *Portland Composite Cement (PCC)*, *Portland Cement (PC Tipe I, II, dan V)*, *Oil Well Cement (OWC)*, Semen Putih, and TR-30 Acian Putih. Melalui inovasinya, Indocement menjadi satu-satunya produsen Semen Putih di Indonesia. Dibawah ini adalah Macam-macam produk semen tiga roda (sumber : www.sementigaroda.com diakses tanggal 7 April 2017) :

1. *Portland Composite Cement (PCC)*

PCC (Portland Composite Cement) digunakan untuk bangunan-bangunan pada umumnya, sama dengan penggunaan Semen Portland Jenis I dengan kuat tekan yang sama.

2. *Ordinary Portland Cement (OPC) Jenis I*

Semen *Portland* Jenis I merupakan jenis semen yang cocok untuk berbagai macam aplikasi beton dimana syarat-syarat khusus tidak diperlukan.

3. *Ordinary Portland Cement (OPC) Jenis II*

Semen *Portland* Jenis II merupakan jenis semen yang cocok untuk berbagai macam aplikasi beton dimana diperlukan daya tahan yang baik terhadap kadar sulfat sedang.

4. *Ordinary Portland Cement (OPC) Jenis V*

Semen *Portland* Jenis V merupakan jenis semen yang cocok untuk berbagai macam aplikasi beton dimana diperlukan daya tahan yang baik terhadap kadar sulfat yang tinggi.

5. Semen Sumur Minyak / *Oil Well Cement* (OWC)

Oil Well Cement (OWC) digunakan untuk penyekat pada pengeboran sumur minyak. Oleh karenanya semen jenis ini juga disebut semen sumur minyak.

6. Semen Putih / *White Cement*

White Cement (Semen Putih) merupakan jenis semen bermutu tinggi. Semen Putih terutama digunakan untuk keperluan pekerjaan-pekerjaan arsitektur, precast dan beton yang diperkuat dengan fiber, panel, permukaan teraso, stucco, cat semen, nat ubin atau keramik serta struktur yang bersifat dekoratif.

Di pasaran Semen Tiga Roda dengan kemasan 40 kg dijual dengan harga Rp. 50,000.00. – Rp. 53,000.00. Berikut ini adalah gambar dari semen Tiga Roda:



Gambar 3.3 Semen Tiga Roda

2. Agregat

Agregat pada beton adalah sebagai bahan pengisi, walaupun hanya sebagai bahan pengisi akan tetapi agregat sangat berpengaruh pada sifat-sifat beton sehingga pemilihan agregat sangat penting peranannya dalam pembuatan beton. Agregat memiliki presentase sebesar 70% dari volume beton. Untuk beton normal, agregat yang digunakan adalah agregat halus dan agregat kasar.

Menurut SK SNI S-0401989-F, agregat untuk bahan bangunan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut:

a. Agregat halus

- 1) Butir-butirnya tajam dan keras, dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$
- 2) Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Ketika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian hancur maksimum 12%, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%
- 3) Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%
- 4) Tidak mengandung zat organis terlalu banyak, yang dilakukan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan diatas endapan agregat halus tidak boleh gelap dari warna standar
- 5) Modulus butir antara 1,50-3,80 dan warna variasi butiran sesuai standar gradasi
- 6) Agregat halus berasal dari laut atau pantai boleh digunakan sesuai dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui
- 7) Khusus untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus reaktif terhadap alkali

b. Agregat Kasar

Agregat kasar memiliki besar butir lebih dari 4,75 mm yang sering disebut juga kerikil, batu pecah, maupun split. Syarat-syarat yang harus diperhatikan ketika memilih agregat kasar untuk dijadikan sebagai bahan penyusun beton adalah sebagai berikut:

- 1) Tidak mengandung lumpur lebih dari 1%
- 2) Tidak mengandung zat-zat reaktif terhadap alkali
- 3) Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20%
- 4) Kekal, tidak pecah maupun hancur yang disebabkan pengaruh cuaca. Ketika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat

bagian yang hancur maksimal 12%, jika diuji dengan larutan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%

- 5) Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari: $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antar bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal plat beton, $\frac{3}{4}$ antar tulangan atau berkas tulangan

c. Pemeriksaan Sifat Agregat

Pada pengujian ini dilakukan pemeriksaan sifat agregat yang bertujuan mengetahui sifat atau karakteristik agregat yang diperoleh. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1) Analisis gradasi butiran

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butir dari suatu agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran butir yang sama (seragam) maka volume porinya besar dan kemampatannya rendah. Sebaliknya, apabila ukuran butirnya bervariasi maka volume porinya rendah dan kemampatannya tinggi. Sehingga, hal tersebut perlu diadakan pemeriksaan gradasi agregat dalam pembuatan beton. Pasir dikelompokkan berdasarkan gradasi kekasaran butirannya menjadi beberapa daerah seperti Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Gradasi kekasaran pasir (*Sumber : Mulyono, 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	70-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

Daerah gradasi 1 = Pasir kasar

Daerah gradasi 2 = Pasir agak kasar

Daerah gradasi 3 = Pasir halus

Daerah gradasi 4 = Pasir agak halus

Modulus halus butir adalah suatu indeks yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Semakin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Secara matematis nilai modulus halus butir dan modulus butir campuran dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$MHB = \frac{\Sigma \% \text{ berat tertahan kumulatif}}{\Sigma \% \text{ berat tertahan}}$$

$$W = \frac{K-C}{C-P} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

dengan :

MHB = modulus halus butir

W = persentase berat agregat halus terhadap berat agregat kasar

K = modulus halus butir agregat kasar

P = modulus halus butir agregat halus

C = modulus halus butir agregat campuran

2) Berat jenis dan penyerapan air

Berat jenis adalah perbandingan berat tersebut terhadap volume benda itu sendiri. Sedangkan penyerapan berarti tingkat atau kemampuan untuk menyerap air. Nilai yang disarankan untuk berat jenis lebih dari 2,50 dan penyerapan kurang dari 3%. Berat jenis agregat dikelompokkan berdasarkan klasifikasi seperti Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Klasifikasi berat jenis agregat

Agregat Halus (Pasir)	Agregat kasar (Kerikil)
Ringan (<2,0)	Ringan (<2,0)
Normal (2,5-2,7)	Normal (2,5-2,7)
Berat(>2,8)	Berat(>2,8)

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

Secara matematis nilai berat jenis dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$B_j = \frac{w_b}{w_a} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan :

B_j = berat jenis

W_a = berat air dengan volume air sama dengan volume butir agregat (gram)

W_b = berat butir agregat (gram)

3) Pengujian kadar air

Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang tergantung dalam agregat dengan agregat dalam keadaan kering. Jumlah air yang terkandung di dalam agregat perlu diketahui, karena akan mempengaruhi jumlah air yang diperlukan didalam campuran beton. Agregat yang banyak mengandung air, akan membuat FAS yang ada didalam campuran beton semakin banyak. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$KA = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dengan :

KA = kadar air (%)

W_1 = berat basah (gram)

W_2 = berat kering oven (gram)

4) Pengujian berat satuan

Berat satuan agregat adalah rasio antara berat agregat dan isi/volume. Berat isi agregat diperlukan dalam perhitungan bahan campuran beton. Perhitungan berat satuan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$B_{sat} = \frac{w_b}{V_t} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dengan :

B_{sat} = berat satuan (kg/cm^3)

W_b = berat butir-butir agregat dalam bejana (kg)

$$V_t = V_b + V_p$$

V_t = volume total bejana (m^3)

V_b = volume butiran agregat dalam bejana (m^3)

V_p = Volume pori terbuka antar butir-butir agregat dalam bejana

5) Pemeriksaan kadar lumpur

Lumpur adalah gumpalan atau lapisan yang menutupi permukaan agregat dan lolos ayakan No.200. kandungan lumpur pada permukaan butiran agregat akan mempengaruhi kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga mengurangi kekuatan dan ketahanan beton. Klasifikasi kadar lumpur agregat halus dan kasar dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 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-F

6) Pengujian keausan

Pemeriksaan keausan agregat adalah untuk mengetahui angka keausan suatu agregat, yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan yang aus lolos saringan No. 12 terhadap berat mula-mula dalam persen (%) dan juga sebagai acuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi Los Angeles. Persyaratan untuk kekuatan agregat normal adalah sebagai berikut.

Tabel 3.4 Persyaratan kekuatan agregat kasar untuk beton normal

Kelas dan Mutu Beton	Bejana Rudeloff maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 2mm (%)		Mesin Los Angeles maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 1,7 mm (%)
	Ukuran butir 19-30 (mm)	Ukuran butir 9,5-19 (mm)	
Kelas I mutu B0 dan B1	30	32	50
Kelas II mutu K-125 ($f_c' = 10$ MPa) sampai ($f_c' = 20$ MPa)	22	24	40
Kelas III mutu di atas K-225 ($f_c' = 20$ MPa)	14	16	27

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

3. Air

Air merupakan salah satu bahan yang paling penting dalam pembuatan beton karena dapat menentukan mutu dalam campuran. Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras. (Tjokrodimuljo, 2007). Air yang diperlukan hanya sekitar 25-30% dari berat semen.

Menurut SNI S-04-1989-F, Air sebagai bahan campur beton untuk bangunan sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut.

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO_3) lebih dari 1 gram/liter.
- d. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersebut tidak boleh lebih dari 2 gram/liter.

C. Bahan Tambah

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*) dan bahan tambah bersifat kimiawi (*chemical admixture*) atau bahan lainnya.

Bahan tambah beton (*additive*) adalah bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton dan biasanya dapat digunakan untuk menggantikan sebagian bahan semen, seperti *pozzolan*, *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*.

Bahan tambah beton (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau beton itu sendiri. Bahan tambah yang dimaksud berupa bahan kimia (*chemical admixture*) atau bahan lainnya.

Tujuan dari spesifikasi ini adalah untuk memberikan persyaratan mutu bahan tambahan, yang digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton, sehingga di dapatkan sifat-sifat khusus dari beton tersebut yaitu kemudahan pengejaran, waktu pengikatan, pengerasan, kekedapan, keawetan. Tipe dan definisi bahan tambah adalah sebagai berikut.

1. Bahan tambahan tipe A adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan
2. Bahan tambahan tipe B adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk memperlambat waktu pengikatan beton
3. Bahan tambahan tipe C adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mempercepat waktu pengikatan dan menambah kekuatan awal beton
4. Bahan tambahan tipe D adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton
5. Bahan tambahan tipe E adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah diterapkan dan juga untuk mempercepat waktu pengikatan serta menambah kekuatan awal beton

6. Bahan tambahan tipe F adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah diterapkan
7. Bahan tambahan tipe G adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton
8. Beton pembanding adalah beton dengan proporsi campuran yang sama tanpa menggunakan bahan tambahan.

Dari penjelasan yang mendasari diatas, dilakukan perencanaan pembuatan beton dengan bahan tambah *Fly ash*. Pada penelitian ini dilakukan penambahan *Fly ash* sebesar 10% sehingga dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan tinggi.

Fly ash adalah sisa-sisa pembakaran batu bara yang merupakan salah satu bahan tambah (*additive*) yang cukup populer saat ini untuk digunakan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton bahan untuk stabilisasi tanah ekspansif. Beberapa sifat atau karakter dari *fly ash* yang diharapkan untuk dimanfaatkan dan memberikan kelebihan bagi campuran beton, adalah :

1. *Spherical Shape* (bentuk partikel yang hamper bulat sempurna), yang menghasilkan *ball bearing effect* untuk “melumasi” adukan pasta dan mortar semen sehingga mempunyai kemampuan alir (*flowability*) dan *workability* yang lebih baik
2. Ukuran partikel yang sangat halus, yang membuat *fly ash* mampu mengisi celah kecil dalam komposisi adukan beton, sehingga meningkatkan kepadatan beton sehingga lebih *impermeable* (kedap air), lebih tahan terhadap abrasi dan memperkecil susut beton.
3. Dalam kadar tertentu dan lingkungan yang mendukung (kelembapan cukup dan suhu normal), kandungan senyawa silika akan mengikat senyawa sisa hasil hidrasi semen (kalsium hidroksida) yang tidak mempunyai kemampuan mengikat, menjadi senyawa baru yang mempunyai sifat mengikat sehingga dalam taraf tertentu akan meningkatkan kekuatan beton yang dihasilkan.

4. Dalam kadar tertentu, membantu meningkatkan ketahanan terhadap sulfat dan garam alkali.
5. Mengurangi reaktifitas silika-alkali.
6. Mengurangi potensi bleeding dan segregasi.
7. Memperpanjang waktu setting sehingga memberikan waktu lebih banyak untuk pengerjaan beton segar.
8. Mengurangi panas hidrasi, sehingga diharapkan mengurangi kemungkinan terjadinya retak selama proses setting dan hardening beton.
9. Membuat biaya produksi beton menjadi lebih murah, karena secara ekonomis fly ash lebih murah dari semen.

Penggunaan *fly ash* dilakukan dengan cara mengganti semen yang telah dihitung sesuai dengan perhitungan *mix design* kemudian dicampur ke dalam *mixer concrete*. *Fly ash* juga dapat digabungkan dengan bahan tambah lain untuk mendapatkan kekuatan tekan yang maksimum.

D. Perawatan Beton dengan Air Tawar

Bangunan air adalah bangunan yang digunakan untuk mengendalikan air di sungai maupun danau. Bentuk dan ukuran bangunan air tergantung kebutuhan, kapasitas maksimum, dana pembangunan dan sifat hidrolik sungai atau danau. Konstruksi bangunan air tidak memerlukan segi keindahan dan bersifat masif dibanding dengan bangunan gedung atau jembatan.

Pelaksanaan curing/perawatan beton bertujuan untuk memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan atau pengganti supaya dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai, dan menjaga supaya tidak terjadi susut yang berlebihan pada beton akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam sehingga dapat menyebabkan retak pada beton tersebut.

E. Karakteristik Beton

Karakteristik beton sendiri akan mempengaruhi besarnya kuat tekan yang akan dihasilkan. Di dalam penelitian ini, pengujian karakteristik beton meliputi penyerapan dan kuat tekan.

1. Penyerapan

Penyerapan air pada beton merupakan salah satu pengaruh dalam menghasilkan kuat tekan beton yang baik. Semakin banyak penyerpan yang dihasilkan, maka kuat tekan beton yang dihasilkan akan menurun. Penyerapan dapat dihitung dengan persamaan 3.5 berikut.

$$P_A = \frac{B_b - B_a}{B_a} \times 100 \dots \dots \dots (3.5)$$

Dengan:

P_A = Penyerapan air (%)

B_a = Berat awal beton (kg)

B_b = Berat setelah perendaman (kg)

2. Kuat Tekan

Beton dengan kinerja baik dapat dilihat dari kuat tekton yang dihasilkan. Semakin tinggi kuat tekton yang dihasilkan, maka beton tersebut memiliki mutu beton yang baik. Faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah proporsi campuran, pengadukan pada saat pembuatan, pembuatan, pemadatan dan perawatan beton itu sendiri. Kuat tekan silinder beton dapat dihitung dengan persamaan 3.6 berikut.

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3.6)$$

dengan :

f_c' = kuat tekan silinder beton (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

A = luas bidang tekan (mm^2)

F. Hal-hal yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton

Kinerja dalam sebuah beton dapat dibuktikan dengan nilai kuat tekan beton. kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima beban persatuan luas (Mulyono, 2004). Beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, antara lain (Tjokrodimuljo, 2007):

a. Umur Beton

Kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur beton.

Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan

semakin lambat. Laju kenaikan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: faktor air semen, suhu sekeliling beton, semen portland dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton.

Tabel 3.5 Rasio kuat tekan beton berbagai umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen <i>portland biasa</i>	0,40	0,6 5	0,8 8	0,9 5	1,00	1,20	1,35
Semen <i>portland</i> dengan mutu tinggi	0,55	0,7 5	0,9 0	0,9 5	1,00	1,15	1,20

Sumber : Tjokrodinuljo, 2007:73

b. Faktor Air Semen

Faktor Air Semen (FAS) ialah perbandingan berat antar air dan semen portland didalam campuran adukan beton. Semakin tinggi nilai FAS maka kuat tekan beton akan semakin tinggi pula, nilai FAS juga sangat berpengaruh pada jumlah semen yang dibutuhkan pada suatu campuran beton

c. Kepadatan Beton

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang. Beton yang kurang padat berarti berisi rongga sehingga kuat tekannya berkurang.

d. Jumlah Pasta Semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butir-butir agregat terisi penuh dengan pasta semen, serta seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen. Jika pasta semen sedikit maka tidak cukup untuk mengisi pori-pori antar butir agregat dan tidak seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen, sehingga rekatan antar butir kurang kuat dan berakibat kuat tekan beton rendah. Akan tetapi, jika jumlah pasta semen terlalu banyak maka kuat tekan beton lebih didominasi oleh oleh pasta semen, bukan agregat. Karena pada umumnya kuat tekan

pasta semen lebih rendah daripada agregat, maka jika terlalu banyak pasta semen kuat tekan beton menjadi lebih rendah.

e. Jenis Semen

Semen portland untuk pembuatan beton terdiri beberapa jenis. Masing-masing jenis semen portland mempunyai sifat tertentu, misalnya cepat mengeras dan sebagainya, sehingga mempengaruhi juga terhadap kuat tekan betonnya.

f. Sifat Agregat

Agregat terdiri atas agregat halus dan agregat kasar. Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain (Tjokrodimuljo, 2007):

1. Kekerasan permukaan

Karena permukaan agregat yang kasar dan tidak licin membuat retakan antara permukaan agregat dan pasta semen lebih kuat daripada permukaan agregat yang halus dan licin.

2. Bentuk agregat

Karena bentuk agregat yang bersudut misalnya pada batu pecah, membuat butir-butir agregat itu sendiri saling mengunci dan digeserkan berbeda dengan batu kerikil yang bulat. Oleh karena itu beton yang dibuat dari batu pecah lebih kuat daripada beton yang dibuat dari kerikil.

3. Kuat tekan agregat

Karena sekitar 70 % volume beton terisi oleh agregat, sehingga kuat tekan beton didominasi oleh kuat tekan agregat. Jika agregat yang dipakai mempunyai kuat tekan yang rendah akan diperoleh beton yang kuat tekannya rendah pula.