# 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 dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm, sedangkan kerikil sebagai hasil disintegrasi batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm.

Kuat tekan beton merupakan parameter utama yang harus diketahui dan dapat memberikan gambaran tentang hampir semua sifat-sifat mekanisnya yang lain dari beton. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah sebagai berikut ini.

1. Nilai faktor air semen. Jika terlalu banyak air yang digunakan, maka kuat tekan beton yang dihasilkan akan menurun.
2. Rasio agregat dan semen.
3. Umur beton. Semakin bertambah umur beton, maka semakin besar kuat tekan yang dihasilkan.
4. Perawatan beton (*curing*).
5. Jenis semen.
6. Penggunaan jumlah semen.
7. Kualitas agregat.

## 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 memiliki sifat mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. Semen

sendiri dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu semen non hidrolik dan semen hidrolik.

Semen non hidrolik adalah semen yang tidak dapat mengeras dengan air, akan tetapi perlu udara untuk dapat mengeras, contoh utama dari jenis semen non-hidrolik adalah kapur. Sedangkan untuk semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air, semen hidrolik antara lain meliputi, tetapi tidak terbatas pada bahan-bahan sebagai berikut : Kapur hidrolik, semen teras, semen terak, semen alam, 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 penggunaanya, antara lain sebagai berikut ini.

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 penggunaanya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

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

$2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \rightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O+3Ca(OH)_2$

$2(2CaO.SiO_2) + 4H_2O \rightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2$

$3CaO.Al_2O_3+3CaSO_4.2H_2O+26H_2O \rightarrow 3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.32H_2O$

$3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.32H_2O+2(3CaO.Al_2O_3)+4H_2O\rightarrow 3(3CaO.Al_2O_3.CaSO_4.12H_2O)$

$3CaO.Al_2O_3 +12H_2O+Ca(OH)_2 \rightarrow 3CaO.Al_2O_3.Ca(OH)_2.12H_2O$

$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3 + 10H_2O + 2Ca(OH)_2 \rightarrow 6CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3.12H_2O$

Pada reaksi hidrasi semen, $C_3S$ dan $C_2S$ bereaksi dengan air membentuk Trikalsium silikat hidrat yang di sebut dengan gel tobermorite atau gel kalsium silikat hidrat (CSH *gel*) dan $Ca(OH)_2$. 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.

Di dalam penelitian ini, digunakan 3 merk semen berbeda yaitu semen merk Holcim, Tiga Roda dan Gresik. Berikut adalah sejarah singkat tentang 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.

b. Tiga Roda

Semen Tiga Roda merupakan produk semen yang diproduksi oleh PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk (Indocement). Dengan mengedepankan kualitas terbaik dan inovasi yang berbaur dengan alam, Semen Tiga Roda diproduksi guna memenuhi kebutuhan pembangunan di dalam dan luar negeri.

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.

c. 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%.

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat sendiri menempati 70% volume beton. Dari ukuran butiran agregat dibedakan menjadi dua yaitu ukuran butir besar atau disebut agregat kasar dan ukuran butir kecil atau disebut agregat halus (Tjokrodimuljo, 2007). Berikut adalah persyaratan untuk agregat halus dan agregat kasar sebagai bahan bangunan.

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat dengan besar butir maksimum 4,75 mm. Agregat halus juga disebut dengan pasir. Adapun syarat-syarat halus yang baik digunakan untuk bahan campuran beton, antara lain sebagai berikut :

1) agregat halus tidak boleh mengandung kadar lumpur lebih dari 5%,
2) agregat halus tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan di atas endapan tidak boleh gelap dari warna standar atau pembanding,
3) agregat halus memiliki modulus butir halus antara 1,50-3,80,
4) agregat halus tidak boleh reaktif terhadap alkali,
5) kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika di pakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 10%.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 4,75 mm. Agregat kasar juga disebut kerikil, batu pecah, ataupun *split*. Adapun syarat-syarat halus yang baik digunkan untuk bahan campuran beton antara lain, sebagai berikut :

1) agregat kasar tidak boleh mengandung kadar lumpur maksimum 1%,
2) agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali,
3) agregat kasar memliki ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 tebal pelat beton, ¾ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan,
4) agregat kasar tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%,

5) agregat kasar memiliki kekekalan maksimum 12% bagian yanghancur jika diuji dengan natrium sulfat dan jika diuji dengan magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%.

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

| 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 |

*Sumber : Mulyono, 2004.*

Dengan :

Daerah gradasi 1 = Pasir kasar

Daerah gradasi 2 = Pasir agak kasar

Daerah gradasi 3 = Pasir agak halus

Daerah gradasi 4 = Pasir 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.

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

$$W = \frac{K-C}{C-P}\, x\ 100\% \qquad (3.\ 1)$$

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 3.3 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 ini.

$Bj = \frac{w_b}{w_a}$…….,……....(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.

$KA = \frac{w_1 - w_2}{w_2}$……...…….....(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.

$B_{sat} = \frac{w_b}{V_t}$…….…….....(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 butrian 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 3.4 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-F*

6) Pengujian keausan

Pemeriksaan keausan agregat adalah untuk mengetahui angka keasuan 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 ketahan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi Los Angeles. Persyaratan untuk kekuatan agregat normal dapat dilihat pada Tabel 3.4 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 (fc'=10 MPa) sampai (fc'=20 MPa) | 22 | 24 | 40 |
| Kelas III mutu di atas K-225 (fc'=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 ini.

a. Air harus bersih
b. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tesuspensi ini tidak boleh dari 2 gram per liter.

c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
d. Tidak mengandung *khlorida* (CI) lebih dari 0,5 gram/liter. Khusus untuk beton pra-tegang kandungan *khlorida* tidak boleh dari 0,05 gram per liter.
e. Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai $SO_3$) lebih dari 1 gram/liter.

## C. Bahan Tambah

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

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 di maksud berupa bahan kimia (*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*.

Tujuan dari spesifikasi ini adalah unuk 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 ini.

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 mendasar di atas, dilakukan perencanaan pembuatan beton dengan campuran *fly ash*. Pada penelitian ini, digunakan bahan tambahan *fly ash* sebanyak 10% sehingga akan menghasilkan beton dengan kuat tekan yang tinggi. Berikut ini adalah penjelasan tentang bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini.

*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 sebagai berikut ini.

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.

Penggunaaan *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 Laut

Bangunan air adalah bangunan yang digunakan untuk memanfaatkan dan mengendalikan air di sungai maupun danau. Bentuk dan ukuran bangunan tergantung kebutuhan, kapasitas maksimum sungai, dana pembangunan dan sifat hidrolik sungai. Kebanyakan konstruksi bangunan air bersifat lebih masif dan tidak memerlukan segi keindahan dibanding dengan bangunan-bangunan gedung atau jembatan, dan perencanaan bangunannya secara detail tidak terlalu halus. Untuk bangunan yang terdapat pada daerah sekitar laut dilakukan perawatan (*curing*) dengan air laut.

Perawatan beton adalah menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak dipadatkan sampai proses hidrasi cukup sempurna. Pada *curing* yang akan dilakukan, Air laut sendiri mengandung 3,5% zat garam, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel tak terlarut. Zat garam utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida sebanyak 55%, natrium 31%, sulfat 8%, magnesium 4%, kalsium 1%, potassium 1% dan sisanya terdiri dari bikarbonat, bromide, asam borak, strontium dan florida kurang dari 1%.

## E. Karakteristik Beton

Karaktersitik 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.

   $$P_A = \frac{B_b - B_a}{B_a} \times 100 \quad \text{.....(3.5)}$$

   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 tekan yang dihasilkan. Semakin tinggi kuat tekan 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.

$fc' = \frac{P}{A}$……...…….....(3.6)

dengan :

fc’ = kuat tekan silinder beton (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

A = luas bidang tekan ($mm^2$)