

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Beton

Beton adalah suatu campuran semen, pasir, dan kerikil yang ditambahkan air secukupnya untuk membentuk aksi kimia semen dengan sempurna dan mampu dituang menjadi bentuk permukaan luar yang halus setelah kering. Karena kualitas kekuatan dan tahan api serta mudahnya dicampur dan dicetak menjadi bentuk yang diinginkan harus dimiliki oleh beton, dalam setengah abad yang silam beton telah menjadi salah satu bahan struktur yang sangat penting. Di samping itu, bahan tambahan yang dapat dijumpai dengan mudah di segala tempat pada permukaan bumi dalam jumlah yang sangat besar dan dengan biaya rendah. Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 65% - 75%.

Ada banyak keunggulan yang dimiliki oleh beton, diantaranya adalah ketersediaan (*availability*) material dasar sehingga biayanya relatif murah. Selain itu, beton juga mudah untuk digunakan (*versatility*) dan dikerjakan untuk berbagai jenis konstruksi, serta mudah beradaptasi (*adaptability*) dengan lingkungan di sekitarnya. (*durability*) dari beton juga tinggi, tahan karat, tahan api sehingga sehingga memperkecil kebutuhan pemeliharaan.

Perkembangan dalam bidang pembangunan yang cukup pesat menimbulkan berbagai inovasi dalam perkembangan teknologi semen dan beton. Ditemukannya berbagai tipe semen mengawali kemajuan perkembangan teknologi semen dan beton. Kemudian ditemukan penggunaan bahan tambah baik bahan tambah mineral maupun bahan tambah alami yang dapat meningkatkan mutu beton dan mempermudah pengerjaan di lapangan.

Semen tersebut akan bereaksi dengan air menjadi gel yang dalam beberapa hari menjadi keras dan saling melekat. Agregat tidak mengalami proses kimia, melainkan hanya sebagai bahan pengisi mineral, yaitu bahan yang dilekatkan, yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan.

Kandungan agregat dalam campuran beton umumnya sangat tinggi. Komposisi agregat tersebut berkisar 65-75% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat inipun menjadi

penting. Agregat yang digunakan dalam campuran beton secara umum dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

Air yang dapat digunakan untuk pembuatan beton harus air yang tidak mengandung zat yang dapat menghalangi proses pengikatan antar semen dan agregat. Kandungan zat yang dapat menghalangi proses pengikatan antara semen dan agregat. Kandungan zat yang dapat memberikan pengaruh yang kurang baik terhadap kualitas beton antara lain: lempung, asam, alkali beberapa jenis garam yang lainnya, dan air limbah zat organik. Adapun unsur - unsur yang terdapat dalam air adalah :

1. Kandungan Benda Padat

Pada air didalamnya terdapat zat padat terlarut bila jumlahnya kurang dari 6% berat air dan pada umumnya cukup aman untuk digunakan untuk pembuatan beton, Sedangkan pada air sumur didalamnya mengandung jumlah padatan 5 % hal ini disebabkan karena air yang berasal dari alam belum tercemar sehingga konsentrasi lebih kecil. Untuk air laut berbeda karena pada air laut mengandung garam sehingga dapat dikatakan bahwa air yang diperoleh dari alam yang belum tercemar dapat digunakan sebagai air pencampur.

2. Ion- ion yang ditemukan

Air yang berasal dari alam yang didalamnya belum tercemar oleh limbah industri, awalnya mengandung ion positif (kation) dan ion negatif (anion) yang berasal dari lautan organik. Misalnya: Golongan kation yaitu Kalsium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Natrium (Na^+). Dll, sedangkan golongan anion yaitu Sulfat (SO_4^-), klorida (Cl^-), Nitrat (NO_3^-) dll.

2.2. Semen

Beton umumnya tersusun dari empat bahan penyusun utama yaitu semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memegang peranan penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral. Agregat dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan.

Semen Portland (PC) dibuat dari semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terbuat dari batu kapur (CaCO_3) yang jumlahnya amat banyak serta tanah liat dan bahan dasar berkadar besi, terutama dari silikatsilikat kalsium yang bersifat hidraulis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat.

Semen merupakan bahan pengikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar dan jika telah mengeras akan menjadi beton keras.

Semen merupakan jenis pengikat hidrolis yang artinya dapat mengeras bila bereaksi dengan air. Pada dasarnya semen portland terdiri dari 4 unsur yang paling penting, yaitu:

- a. Trikalsium silikat (C_3S) atau ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), sifatnya hampir sama dengan sifat semen yaitu jika ditambahkan air akan menjadi kaku dan dalam beberapa jam saja pasta akan mengeras. C_3S menunjang kekuatan awal semen dan menimbulkan panas hidrasi kurang lebih 58 kalori/gram setelah 3 hari.
- b. Dikalsium silikat (C_2S) atau ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$). Pada saat penambahan air setelah reaksi yang menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan panas 12 kalori/gram setelah 3 hari. Pasta akan mengeras, perkembangan kekuatannya stabil dan lambat pada beberapa minggu kemudian mencapai kekuatan tekan akhir hampir sama dengan C_3S .
- c. Trikalsium aluminat (C_3A) atau ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$). Unsur ini apabila bereaksi dengan air akan menimbulkan panas hidrasi tinggi yaitu 212 kalori/gram setelah 3 hari. Perkembangan kekuatan terjadi satu sampai dua hari tetapi sangat rendah.
- d. Tetrakalsium aluminoforit (C_4AF) atau ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$). Unsur ini saat bereaksi dengan air berlangsung sangat cepat dan pasta terbentuk dalam beberapa menit, menimbulkan panas hidrasi 68 kalori/gram. Warna abu-abu pada semen disebabkan oleh unsur ini.

Dari senyawa tersebut, C_3S dan C_2S bersifat sebagai perekat dan memberi kekuatan pada semen bila bereaksi dengan air.

Semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Penambahan air ini menyebabkan komponen kapur dilepaskan dari senyawanya, banyaknya kapur yang dilepaskan sekitar 20% dari berat semen. Ukuran partikel semen mempunyai pengaruh yang besar terhadap kelajuan reaksi antara semen dan air. Bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari batu kapur, silika (SiO_2) dari lempung, Alumina (Al_2O_3) dari lempung, sedikit persentase Magnesia (MgO) dan terkadang terdapat Alkali. Oksida besi terkadang ditambahkan untuk mengontrol komposisinya.

Di Indonesia semen yang umum digunakan dalam konstruksi adalah jenis Semen Portland yang memenuhi syarat SII.0013-81 atau Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland dibagi menjadi lima jenis antara lain :

- a. Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
- b. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Kadar C_3S sedang sama besar dengan kadar C_3A yaitu maksimal 8 % alkali rendah.
- c. Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah terjadi pengikatan. Kadar C_3S -nya sangat tinggi dan butirannya sangat halus.
- d. Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah, sehingga kadar C_3S dan C_3A rendah.
- e. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

2.3. Agregat Kasar

Agregat kasar beton dapat berupa kerikil hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butiran 5 mm. Jenis agregat ini permukaannya kasar dan banyak memerlukan air untuk penggunaan dalam beton serta kegunaannya cukup bagus. Syarat-syarat kasar agregat antara lain :

1. Agregat kasar harus terdiri dari butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang tidak mengandung butir-butir pipih hanya dapat digunakan bila jumlah butir pipih tersebut tidak lebih dari 20% dari jumlah keseluruhan agregat. Butir-butir agregat harus tahan terhadap cuaca.
2. Agregat kasar tidak mengandung lumpur lebih dari 1% ditentukan terhadap berat kering. Yang diartikan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melaluisaringan no. 200 (saringan ASTM) atau saringan 0,063 mm. Bila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat kasar harus dicuci dulu sebelum digunakan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat reaktif alkali yang dapat memecahkan beton jika zat tersebut bereaksi dengan alkali Na_2O dan K_2O dalam semen portland
4. Kekerasan butiran agregat kasar dapat diperiksa dengan menggunakan mesin Los Angeles dimana tidak lolos 50% saringan no. 12 (ASTM).
5. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan harus bergradasi baik.

Butiran-butiran agregat runcing dan sangat kasar. Butiran yang pipih dan memanjang membutuhkan lebih banyak semen untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Hal-hal tersebut diatas penting, bukan saja untuk agregat kasar tetapi juga untuk agregat halus. Biasanya agregat alam bentuknya bundar akan tetapi agregat yang diperoleh dari pemecahan batu yang sangat bersudut, pipih, sangat tipis dan sangat panjang sebaiknya tidak perlu digunakan. Berdasarkan proses terjadinya, agregat kasar dapat dibagi atas :

1. Agregat alam

Kerikil alam adalah batuan yang diperoleh dari penghancuran batuan induk secara alamiah. Umumnya jenis ini berbentuk bulat. Bentuk seperti ini baik untuk pembuatan beton

2. Agregat buatan

Karena keterbatasan persediaan kerikil alam, maka untuk memenuhi kebutuhan kerikil biasanya ditempuh dengan cara pemecahan atau penghancuran batuan.

Keuntungan penggunaan kerikil jenis ini dalam pembuatan beton adalah menghasilkan beton yang berkekuatan tinggi, tahan panas dan api. Umumnya pembuatan agregat bentuk ini banyak mengandung pori, sehingga beton yang dihasilkan lebih mahal jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan kerikil alam. Karena sifatnya berpori maka dapat memberikan perubahan yang berarti dalam pembuatan beton yaitu penyusutan dan pemuaihan.

Karakteristik agregat kasar dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bentuk butir dan keadaan permukaan
 - a. Bulat dan permukaannya licin, kasar berkristal, berpori
 - b. Tidak beraturan
 - c. Bersudut tajam dan permukaannya kasar
 - d. Pipih
 - e. Memanjang, panjangnya lebih besar 3 kali dari lebarnya

Butiran agregat mempunyai hubungan erat dengan luas permukaan dan banyaknya rongga. Perbedaan luas permukaan akan mempengaruhi jumlah air yang diperlukan dalam pembuatan beton. Dalam beton, rongga-rongga akan diisi oleh pasta dimaan makin banyak pasta yang digunakan makin banyak pula pemakaian semen.

2. Kekuatan agregat

Pada umumnya kekuatan agregat tergantung dari jenis agregat, susunan mineral, struktur butir. Kekuatan agregat akan sangat berpengaruh pada kekuatan beton.

Pengujian kekuatan agregat kasar, antara lain :

- a. British Standard
 - Nilai hancur (crushing value)
 - Pukulan (impact value)
 - 10% nilai
- b. America Standard
 - Pengujian geseran dan ketahanan dengan bejana LA
 - Dengan PB 71 yaitu bejana tekan Rudellof

3. Berat jenis agregat

Berat jenis mutlak yaitu perbandingan antara suatu benda dengan berat air murni pada volume dan suhu yang sama dimana volume benda tidak termasuk pori-pori didalamnya. Berat jenis nyata sama dengan berat jenis mutlak tetapi volume pori-pori yang tidak tembus air. Keadaan SSD yaitu perbandingan berat antara suatu benda pada

SSD dengan berat air murni pada volume dan suhu yang sama dimana volume benda, pori-pori yang tidak tembus diisi oleh air. Berat jenis kering asma dengan berat SSD dimana volume benda termasuk seluruh pori-pori yang terkandung dalam agregat.

4. Pori-pori agregat

Pori-pori pada agregat dibedakan atas :

- a. Pori-pori yang tembus air
- b. Pori-pori yang tidak tembus air

Besar kecilnya pori-pori sangat tergantung dari jenis batuan dan proses pembentukannya yang mempengaruhi daya serap agregat. Pada agregat dapat terjadi kondisi-kondisi sebagai berikut :

- a. Kondisi kering mutlak
- b. Kondisi kering udara
- c. Kondisi kering permukaan (SSD)
- d. Kondisi basah

5. Berat isi agregat

Berat isi agregat adalah perbandingan antara berat dan isi, berat nilainya tergantung dari bagaimana padatnya kita mengisinya, bentuk butir dan susunan butirnya. Jadi meskipun berat jenis suatu benda sama namun tidaklah mutlak berat benda itu sama. Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat adalah sebagai berikut :

- a. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pecahan batu. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari 5 mm sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton.
- b. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang tidak mengandung butir-butir pipih hanya dapat digunakan apabila jumlah butirnya tidak melampaui 20% dari agregat seluruhnya. Agregat kasar tidak mudah hancur oleh perubahan cuaca.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan berdasarkan berat keringnya), yang dimaksud dengan lumpur dalam hal ini adalah bagian dari agregat yang lolos saringan no. 0,063 mm. Apabila kadar lumpurnya melebihi 1% maka agregat tersebut harus dicuci.

- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat-zat reaktif alkali.
- e. Kekerasan dari butir agregat kasar diperiksa dengan bejana pengujian dari Rudeloff dengan beban uji seberat 20 ton dan harus dapat memenuhi syarat-syarat sebagai berikut : a. Tidak terjadi pembekuan sampai fraksi 9,5 – 1,9 mm lebih dari 24% terhadap berat. b. Tidak terjadi pembekuan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22% atau mesin Los Angeles beratnya tidak boleh melebihi 50% berat keseluruhan.
- f. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang bervariasi besarnya dan bila digunakan ayakan dengan susunan ayakan yang telah ditentukan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
- Sisa pada ayakan 4 mm harus berkisar 90 – 98% dari berat.
 - Selisih antara sisa kumulatif pada ayakan yang berukuran maksimum 60% dan minimum 10% dari berat.
- g. Berat butir agregat tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, 1/3 dari tebal pelat atau 3/4 dari jarak bersih minimum antara batang-batang/berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari batasan ini boleh dengan seizin ahli, cara-cara pengecoran apabila tidak terjadi sarang-sarang kerikil.
- h. Istilah-istilah :
- Berat jenis spesifik adalah perbandingan antara berat kering agregat kasar dengan berat air suling pada tekanan volume sama.
 - Berat jenis spesifik kering permukaan jenuh (SSD) adalah perbandingan antara berat kering permukaan jenuh agregat kasar dengan berat air suling pada volume sama pada suhu toC.
 - Berat jenis spesifik semu adalah perbandingan antara berat kering agregat kasar dengan berat air suling pada volume sama.
- d. Penyerapan (absorption) adalah prosentase berat air yang dapat disimpan pori terhadap agregat kering

2.4. Agregat Halus

Agregat halus dapat berupa pasir alam sebagai desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu (*stone crusher*). Syarat-syarat pasir yang dapat dipakai sebagai campuran beton yaitu :

1. Terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%.
3. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organis.
4. Terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya.
5. Pasir laut tidak boleh dijadikan bahan bangunan kecuali bila telah diadakan penelitian dan petunjuk dari ahli bangunan.

Secara umum harga agregat lebih murah dari semen sehingga penggunaannya selalu diusahakan dengan prosentase yang tertinggi tanpa harus mengurangi mutu beton. Penggunaan dengan prosentase tertentu tersebut tentunya tetap memperhatikan sifat dari agregat karena sifat bukan hanya mempengaruhi sifat beton akan tetapi juga daya tahan (*durability*), stabilitas volume dan juga kuat tekannya sehingga walaupun harganya murah takarannya tetap harus diperhatikan untuk mengontrol mutu beton.

Agregat alami yang digunakan untuk agregat campuran beton dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

1. Pasir galian

Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam, tetapi biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara mencucinya.

2. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir – butir agak kurang karena butir yang bulat. Karena besar butir-butirnya kecil, maka baik dipakai untuk memplaster tembok, juga dapat dipakai untuk keperluan yang lain.

3. Pasir laut

Pasir laut ini adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan.

2.5. Air

Air di alam dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti sungai, laut, sumur artesis ataupun sumur terbuka. Namun, tidak semua air yang ada di permukaan bumi dapat digunakan sebagai bahan pembuatan beton yang dapat menghasilkan beton bermutu tinggi. Air yang dapat digunakan untuk pembuatan beton harus air yang tidak mengandung zat yang dapat menghalangi proses pengikatan antara semen dan agregat. Kandungan zat yang dapat memberikan pengaruh buruk terhadap kualitas beton antara lain : minyak, asam, alkali, garam, limbah, zat organik atau bahan-bahan lain yang bersifat merusak beton dan baja tulangan.

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimia antara kerikil, pasir dengan semen, untuk membasahi agregat, memberikan kemudahan dalam pekerjaan dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat sehingga mudah dipadatkan. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya atau tercemar oleh zat kimia bila dipakai untuk campuran beton akan menurunkan kekuatannya dan dapat mengubah sifat-sifat semen. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya 30% berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas.

Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laut maupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Di dalam penggunaannya, air tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton.

Persyaratan air yang digunakan dalam campuran beton :

1. Memenuhi persyaratan air minum.
2. Tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau.
3. Tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan mutu beton (zat kimia, zat organik, minyak, garam).

Karena karakter pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total material yang menentukan, melainkan hanya perbandingan antara air dan semen pada campuran yang menentukan. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak selesai seluruhnya.

2.6. Unsur-Unsur Merugikan Dalam Air

Unsur-unsur yang merugikan dalam air terdiri dari :

1. Kandungan Benda Padat

Pada air didalamnya terdapat zat padat terlarut, bila jumlahnya kurang dari 6% berat air maka cukup aman digunakan untuk pembuatan beton. Sedangkan pada air sumur didalamnya mengandung jumlah padatan 5%, hal ini disebabkan karena air yang berasal dari alam belum tercemar sehingga konsentrasinya lebih kecil. Untuk air laut berbeda karena pada air laut mengandung garam sehingga dapat dikatakan bahwa air yang diperoleh dari alam yang belum tercemar dapat digunakan sebagai media pencampur.

2. Ion-ion

Air yang berasal dari alam yang didalamnya belum tercemar oleh limbah industri awalnya mengandung ion positif (kation) dan ion negatif (anion) yang berasal dari larutan anorganik. Misalnya : golongan kation yaitu kalsium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Natrium (Na^{2+}), dll, sedangkan golongan anion yaitu Sulfat (SO_4), Klorida (Cl^-), Nitrat (NO_3^-), dll.

2.7. Air Laut

Laut merupakan wilayah yang paling luas di permukaan dunia, dengan luas mencapai 70% dari seluruh permukaan dunia. Air laut memiliki sifat korosifitas yang sangat agresif. Untuk itu, bangunan atau peralatan yang terpasang di laut dan terbuat dari logam, seperti jembatan, tiang pancang dermaga atau anjungan minyak, telah diberi proteksi untuk mengendalikan serangan korosi di lingkungan laut. Kandungan konsentrasi larutan garam pada air laut sekitar 3,5%, Secara umum, garam air laut mengandung 78% sodium klorida (NaCl), 15% klorida (Cl^-) dan magnesium sulfat (MgSO_4), sedangkan kandungan karbonat cukup rendah sekitar 75 ppm.

Air laut mengandung sampai 35000 ppm (3,5 %) garam. Intrusi air laut pada struktur sangat tidak dianjurkan untuk terjadi karena dapat menimbulkan bahaya korosi. Namun resiko korosi dapat dikurangi dengan menyediakan penutup tulangan yang baik, misalnya selimut beton. Daerah yang paling agresif pada lingkungan laut adalah zona atmosferik dan zona percikan (*splashing*), karena pada zona tersebut kandungan oksigen sangat tinggi, sehingga meningkatkan laju korosi. Bentuk-bentuk serangan korosi yang umum terjadi di lingkungan laut adalah korosi merata, korosi galvanik, korosi sumuran (*pitting*) dan korosi celah (*crevice*). Agresivitas lingkungan laut disebabkan oleh beberapa faktor, seperti :

1. Laut merupakan elektrolit yang memiliki sifat konduktivitas tinggi
2. Kandungan oksigen terlarut cukup tinggi
3. Temperatur permukaan laut umumnya tinggi
4. Ion klorida pada air laut merupakan ion agresif
5. Adanya *biofouling*

Air laut mempunyai kandungan klorida dan sulfat yang tinggi sebagai campuran. Misalnya, batasan ion klorida 0,1% dari berat semen dalam suatu campuran dengan 300 kg/m³ semen dan faktor air semen 0,5 akan membatasi kandungan ion klorida dalam campuran sebanyak $(0,001 \times 300)/150 = 0,002$ kg per kg air, atau 2000 ppm.

Secara umum garam yang terkandung di dalam air laut dapat memberikan tiga pengaruh, yaitu :

1. Kandungan unsur sodium klorida mempercepat waktu pengikatan dan pengerasan seperti halnya pengaruh kalsium klorida dalam kadar yang sama.
2. Garam muncul ke permukaan beton sebagai lapisan tipis berwarna keputih-putihan ketika beton mengeras.
3. Sodium klorida mengakibatkan korosi pada tulangan, apabila beton tidak mempunyai kualitas dan selimut beton yang mencukupi, karena air laut dapat mengakibatkan pengaruh korosi pada tulangan.

Garam-garam sodium yang terkandung dalam air laut dapat menghasilkan substansi yang bila berkombinasi dengan agregat alkali yang reaktif, sama seperti kombinasi dengan semen alkali. Oleh karena itu, air laut tidak boleh digunakan untuk beton yang diketahui mempunyai potensi agregat alkali reaktif, bahkan bila kadar alkalinya rendah.

Sebagian dari garam-garam ini akan bereaksi secara kimiawi dengan semen dan mengubah atau memperlambat proses pengikatan semen, jenis-jenis lainnya dapat mengurangi kekuatan beton. Selain reaksi kimia, kristalisasi garam dalam rongga beton dapat mengakibatkan kehancuran akibat tekanan kristalisasi tadi. Karena kristalisasi terjadi pada titik penguapan air, bentuk serangan terjadi di dalam beton di atas permukaan air. Garam naik di dalam beton dengan aksi kapiler, jadi serangan terjadi hanya jika air dapat terserap dalam beton. Pengurangan kekuatan ini dapat dikurangi dengan mengurangi faktor air semen.

2.8. Ion Klorida

Ion klorida yang berada dalam beton, dapat berasal dari bahan-bahan pembentuk beton ketika proses pembuatannya (misal dari agregat, air yang dipakai mencampur, atau zat *additive*) atau dari lingkungan luar beton, seperti air laut. Mekanisme masuknya ion klorida ke dalam beton dapat berlangsung dengan berbagai cara seperti difusi, penghisapan kapiler, permeasi dan kondensasi/evaporasi/kristalisasi. Selain itu, yang dapat mendominasi masuknya ion klorida ke dalam beton tergantung dari lingkungan beton berada. Misalnya pada lingkungan laut, beton dapat berda didaerah terendam, pasang surut, daerah pecahnya gelombang atau di udara terbuka.

Mekanisme masuknya ion klorida kedalam beton dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Permeasi

Didefinisikan sebagai proses mengalirnya aliran tiap unit volume per unit luas permukaan tiap satuan waktu pada temperatur yang tetap. Permeasi terjadi akibat tekanan hidrolis dan menyebabkan ion klorida yang terlarut pada air laut akan ikut ke dalam beton. Dalam kaitannya dengan permeasi, koefisien permeabilitas beton menjadi karakteristik penting, karena menunjukkan tingkat kemudahan suatu cairan dapat merembes melalui material tersebut.

2. Penghisapan Kapiler

Didefinisikan sebagai mekanisme masuknya suatu cairan ke dalam material berpori akibat tegangan permukaan yang terjadi didalam lubang-lubang kapiler. Proses masuknya cairan dalam mekanisme ini dipengaruhi oleh karakteristik cairan seperti viskositas, densitas dan tegangan permukaan.

3. Difusi

Didefinisikan sebagai perpindahan massa dengan gerakan acak dari molekul atau ion kedalam pori-pori larutan yang menghasilkan jaringan aliran dari daerah konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah.

Dari ketiga jenis mekanisme tersebut penetrasi tersebut, difusi merupakan mekanisme paling dominan dalam penetrasi klorida kedalam beton, terutama pada daerah *submerged* (terendam air). Dimana pada daerah tersebut, pori-pori pada beton terisi penuh oleh air.

2.9. Baja Tulangan

Baja mempunyai kekuatan tarik yang tinggi, akan tetapi tidak tahan terhadap kondisi lingkungan di sekitarnya. Oleh karena itu, diperlukan tingkat pemeliharaan yang tinggi apabila dipakai sebagai bahan konstruksi. Dalam bidang konstruksi, beton yang dipadukan dengan material lain (misalnya tulangan baja) merupakan bahan konstruksi yang umum dipakai di lapangan. Pemakaian tersebut akan menghasilkan konstruksi yang dapat menahan beban tekan maupun tarik yang tinggi, sesuai dengan perencanaan.

Beton tidak dapat menahan tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan tulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal muncul dalam sistem.

Apabila sifat-sifat terbaik dari baja maupun beton dikombinasikan, diharapkan akan membentuk suatu bahan bangunan yang kuat, tahan lama, serta mudah dibentuk dalam berbagai rupa dan ukuran. Inilah yang kemudian kita kenal dengan istilah beton bertulang. Pengkombinasian ini diharapkan dapat menghasilkan kekuatan tarik beton, dimana besarnya sekitar 10%-15% dari kuat tekannya

2.10. Tebal Selimut Beton

Perencanaan beton harus diperhitungkan untuk kondisi lingkungan tertentu, termasuk nilai faktor air semen dan kuat tekan karakteristik beton. Selain itu, apabila beton berada di lingkungan yang mengandung klorida yang berasal dari air garam, air laut, atau cipratan dari sumber garam tersebut, maka persyaratan tebal selimut beton yang ada pada peraturan tersebut harus dipenuhi.

2.11. Perawatan Beton

Reaksi kimiawi antara semen dan air membutuhkan waktu. Fungsi semen sebagai perekat mulai berkembang pada saat umur beton masih muda, karena itu untuk pekerjaan beton baik konvensional maupun precast perlu dilakukan perawatan pada beton

Tujuan perawatan beton yaitu:

1. Mencegah kehilangan *moisture* pada beton
2. Mempertahankan suhu yang baik selama durasi waktu tertentu (diatas suhu beku dan dibawah 50 derajat celcius)

Jenis-jenis perawatan beton yang biasa digunakan untuk penelitian adalah penggenangan/perendaman. Karena jenis ini deal untuk mencegah hilangnya *moisture*,

mempertahankan suhu yang seragam, kekurangannya yaitu membutuhkan tenaga kerja yang banyak dan perlu pengawasan dan tidak praktis untuk proyek yang besar

2.12. Kekuatan dan keawetan beton

Keunggulan yang dimiliki beton dibandingkan dengan material lainnya adalah mempunyai kuat tekan dan stabilitas volume yang baik dan biaya perawatannya relatif lebih murah. Selain itu, material beton lebih tahan terhadap pengaruh lingkungan, tidak mudah terbakar, dan lebih tahan terhadap suhu tinggi, sehingga banyak digunakan sebagai pelindung struktur baja terhadap pengaruh kebakaran pada bangunan gedung.

Kuat tekan beton (f'_c) merupakan salah satu kinerja utama beton, yang merupakan kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas, dan dinyatakan dengan MPa atau N/mm². Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang sangat kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kuat tekan dapat dilakukan dengan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder atau kubus dengan prosedur uji ASTM C-39 pada umum benda uji 28 hari. Sedangkan untuk benda uji berupa balok, kekuatannya diuji dengan menggunakan loading frame sesuai dengan beban rencana.

Keawetan (*durability*) beton merupakan salah satu persyaratan dalam dunia konstruksi, dimana beton harus mampu menghadapi segala kondisi dimana dia direncanakan tanpa mengalami kerusakan (*deteriorate*) selama jangka waktu layannya (*serviceability*). Berkurangnya durabilitas beton dapat disebabkan oleh pengaruh fisik, pengaruh kimia dari lingkungan di sekitarnya maupun pengaruh mekanis. Salah satu contoh dari pengaruh kimia adalah adalah bangunan-bangunan yang berada di daerah pantai maupun bangunan yang langsung terkena pengaruh dari zat-zat kimia. Berdasarkan kondisi di lapangan, kerusakan struktur beton akibat korosif setiap tahunnya selalu bertambah. Oleh karena itu, perlu direncanakan beton dengan durabilitas tinggi (kepadatan struktur tinggi, porositas rendah, permeabilitas rendah, tahan terhadap pengaruh lingkungan, serta masa layan struktur panjang).

Sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja beton yang dibuat. Kinerja beton ini harus disesuaikan dengan kelas dan mutu beton yang dibuat. Sehingga dalam penggunaannya dapat disesuaikan dengan bangunan ataupun konstruksi yang akan dibangun untuk mendapatkan hasil yang memuaskan dan sesuai dengan yang dibutuhkan.

Pada setiap penampang balok, terdapat gaya-gaya dalam yang dapat diuraikan menjadi komponen-komponen yang saling tegak lurus dan menyinggung terhadap penampang tersebut. Komponen-komponen yang tegak lurus terhadap penampang tersebut merupakan tegangan-tegangan lentur (tarik pada satu sisi dari sumbu netral dan tekan pada sisi lainnya). Fungsi dari komponen-komponen ini adalah untuk memikul momen lentur pada penampang tersebut. Komponen-komponen yang menyinggung penampang dikenal sebagai tegangan-tegangan geser, dan komponen-komponen tersebut memikul gaya-gaya geser atau transversal.

2.13. Absorpsi

Absorpsi merupakan salah satu tolak ukur yang dapat dijadikan pedoman apakah beton nantinya dari segi keawetan dapat diandalkan atau tidak. Absorpsi pada beton dapat diukur pada beton setelah berumur 28 hari. Dan pada hidrasi semen dengan derajat yang sama, permeabilitas akan menurun pada faktor air semen yang rendah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya absorpsi pada beton antara lain :

1. Faktor air semen

Besarnya kadar air yang ada dalam campuran beton ditentukan oleh faktor air semen, adanya faktor air semen yang tinggi, maka kadar air yang ada pada campuran beton juga tinggi dan hal ini dapat mengakibatkan absorpsi beton yang besar pula

2. Susunan butir (gradasi) agregat

Pada beton yang menggunakan bahan agregat bergradasi baik, umumnya mempunyai nilai absorpsi yang relative lebih kecil dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat bergradasi kurang baik. Celah-celah yang ada diantara butiran yang lebih besar dapat terisi oleh butiran yang berukuran kecil dan dapat membentuk masa yang padat setelah dicampur dengan semen dan air. Dengan demikian dapat memperkecil kemungkinan terbentuknya rongga-rongga untuk diisi oleh air sisa proses hidrasi.

2.14. Tekanan Hidrostatik

Pada setiap titik di dalam zat cair yang diam akan mengalami suatu tekanan yang disebut tekanan hidrostatik. Dengan demikian setiap benda atau bidang yang berada di dalam zat cair tersebut akan merasakan tekanan itu. Tekanan air pada setiap arah pada suatu badan air memiliki besaran yang sama, air akan bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan lebih rendah. Besar tekanan hidrostatik pada permukaan air laut cenderung

berubah-ubah setiap waktu yang disebabkan oleh adanya ombak, sedangkan pada bagian yang lebih dalam tekanan secara konstan bertambah sesuai dengan bertambahnya kedalaman.

2.15. Hipotesis

Dari berbagai kajian teori dan permasalahan yang telah diuraikan diatas maka pada penelitian yang disajikan hipotesis penelitian sebagai berikut : “Terdapat pengaruh tebal selimut, lama perendaman dan posisi perendaman air laut pada balok beton bertulang terhadap kedalaman intrusinya yaitu semakin kecil tebal selimut, semakin lama durasi perendamannya dan semakin lebar spasi jarak antar beton pada saat perendaman maka semakin dalam pula kedalaman intrusinya”.

