

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Air

Air dialam dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti dari sungai,laut sumur artesis ataupun sumur terbuka, namun tidak semua air yang ada di permukaan bumi dapat digunakan untuk pembuatan beton yang dapat menghasilkan beton yang baik.

Dalam pekerjaan beton, air mempunyai beberapa fungsi yaitu:

- 1.Sebagai pembersih agregat dari kotoran yang melekat.
- 2.Merupakan media untuk pencampur.
- 3.Megecor memadatkan serta memelihara beton.

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 yang kurang baik terhadap kualitas beton antara lain: lempung, clay, asam,alkali,beberapa jenis garam yang lainnya, air limbah dan zat organik.

2.1.1 Unsur-Unsur Merugikan Yang Terdapat Dalam Air

1. Kandungan Benda Padat

Pada air didalamnya terdapat zat padat terlarut bila jumlahnya kurang dari 6% berat air dan pada umumnya 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 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 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^+), dll., sedangkan golongan anion yaitu Sulfat (SO_4^-), Klorida (Cl^-), Nitrat (NO_3^-), dll.

2.1.2 Air Laut

Menurut Amri, S (2005:47), kekuatan dan keawetan beton pada pencampuran air laut tidak berpengaruh karena pada air laut kandungan konsentrasi larutan garam 3,5%, namun menyebabkan timbulnya noda-noda pada beton, penggaramannya dan berkurangnya kedekatan terhadap air. Garam air laut mengandung 78% sodium klorida (NaCl), 15% klorida (Cl⁻) dan magnesium sulfat (MgSO₄), sedangkan kandungan karbonat cukup rendah sekitar 75 ppm, dan apabila beton digunakan sebagai beton bertulang, air laut dapat menyebabkan proses korosi pada tulangnya.

Garam yang terkandung didalam air laut dapat membeikan tiga pengaruh yaitu:

- a. Kandungan unsur sodium klorida mempercepat waktu pengikatan dan pengerasan seperti halnya pengaruh kalsium klorida (CaCl) dalam kadar yang sama.
- b. Garam muncul kepermukaan beton sebagai lapisan tipis berwarna keputih-putihan ketika beton mengeras.
- c. Sodium klorida mengakibatkan korosi pada tulangan, apabila beton tidak memiliki kualitas dan selimut beton yang mencukupi, karena air laut dapat menyebabkan korosi pada tulangan.

Air laut memiliki kandungan garam yang tinggi yang dapat menggerogoti kekuatan dan keawetan beton. Hal ini disebabkan klorida (Cl) yang terdapat pada air laut yang merupakan garam yang bersifat agresif terhadap bahan lain, termasuk beton. Kerusakan dapat terjadi pada beton akibat reaksi antara air laut yang agresif yang terpenetrasi kedalam beton dengan senyawa-senyawa didalam beton yang mengakibatkan beton kehilangan sebagian massa, kehilangan kekuatan dan kekakuannya serta mempercepat proses pelapukan (Mehta,1991).

2.2. Pengaruh Air Pada Kekuatan Beton

Penelitian yang telah ada menunjukkan bahwa penggunaan air khususnya yang mengandung unsur klorida tinggi seperti pada air laut, jika dibandingkan dengan menggunakan air pada PAM tidak menunjukkan adanya penurunan kuat tekan beton yang menyebabkan pula asumsi pengaruh terhadap kuat geser beton pada berbagai umur beton.

2.3 Semen Portland Tipe I

Dalam Konstruksi, tipe semen yang digunakan adalah semen portland tipe I diaman dalam penggunaannya, semen jenis ini tidak memerlukan syarat-syarat tertentu seperti ketahanan terhadap lingkungan yang bersifat asam agresif dan yang mengandung sulfat.

2.4. Bottom Ash

Bottom ash adalah bahan buangan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada fly ash, sehingga bottom ash akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (boiler) dan terkumpul pada penampung debu (ash hopper) lalu dikeluarkan dari tungku dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang atau dipakai sebagai bahan tambahan pada perkerasan jalan.

Bottom ash dikategorikan menjadi dry bottom ash dan wet bottom ash/boiler slag berdasarkan jenis tungkunya yaitu dry bottom boiler yang menghasilkan dry bottom ash dan slag-tap boiler serta cyclone boiler yang menghasilkan wet bottom ash (boiler slag). Sifat dari bottom ash sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh jenis batu bara dan sistem pembakarannya. Beberapa sifat fisik, kimia, dan mekanis yang penting dari bottom ash adalah sebagai berikut:

2.4.1 Sifat fisik

Sifat fisik bottom ash berdasarkan bentuk, warna, tampilan, ukuran, specific gravity, dry unit weight dan penyerapan dari wet dan dry bottom ash dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2.1 Sifat Fisik Khas Dari Bottom Ash

Sifat Fisik Bottom Ash	Wet	Dry
Bentuk	Angular / bersiku	Berbutir kecil / granular
Warna	Hitam	Abu-abu gelap
Tampilan	Keras, mengkilap	Seperti pasir halus, sangat berpori
Ukuran (% lolos ayakan)	No.4 (90-100%)	1.5 s/d 3/4 in (100%)
	No.10 (40-60%)	No.4 (50-90%)
	No.40 (10%)	No.10 (10-60%)
	No.200 (5%)	No.40 (0-10%)
Specific gravity	2,3 – 2,9	2,1 – 2,7
Dry Unit Weight	960 – 1440 kg/m ³	720 – 1600 kg/m ³
Penyerapan	0,3 – 1,1%	0,8 – 2,0%

Sumber: Coal Bottom Ash/Boiler Slag-Material Description, 2000 [1]

2.4.2 Sifat kimia

Komposisi kimia dari bottom ash sebagian besar tersusun dari unsur-unsur Si, Al, Fe, Ca, serta Mg, S, Na dan unsur kimia yang lain.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Moulton, didapat bahwa kandungan garam dan pH yang rendah dari bottom ash dapat menimbulkan sifat

korosi pada struktur baja yang bersentuhan dengan campuran yang mengandung bottom ash. Selain itu rendahnya nilai pH yang ditunjukkan oleh tingginya kandungan sulfat yang terlarut menunjukkan adanya kandungan pyrite (iron sulfide) yang besar.

2.5 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 kedalam beton dapat berlangsung dengan berbagai cara seperti difusi, penghisapan kapiler, permeasi dan kondensasi/evaporasi/kristalisasi. Selain itu, yang dapat mendominasi masuknya ion klorida kedalam 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 hidrolik 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 kenudahan suatu cairan dapat merembes melalui material tersebut (Wayan Armaja, 2001).

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 (Wayan Armaja, 2001).

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 konsenentrasi rendah (Wayan Armaja, 2001).

Dari ketiga jenis mekanisme tersebut penetrasi tersebut, difusi meruapakan 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.

2.6. Pengaruh Ion Klorida Pada Beton

Tidak ada ketentuan syarat air dari ASTM, namun pada BS 3148, ada dua metode untuk menilai kelayakan air untuk beton. Metode tersebut akan membandingkan waktu pengikatan dan kuat tekan dari benda uji yang dibuat dengan semen dan air yang dipertanyakan dengan air suling. Air dianggap memenuhi syarat jika waktu pengikatannya tidak lebih dari 30 menit atau kekuatannya tidak berkurang dari 20 % dibandingkan air suling (Nugraha, 2007 : 63)

Penggunaan air didaerah pantai untuk campuran beton akan memberikan beberapa pengaruh pada beton seperti *setting time* dan kuat tekan beton dalam jangka waktu tertentu. Senyawa klorida merupakan salah satu senyawa yang memiliki konsentrasi besar yang biasanya terkandung dalam air di daerah pantai (Neville,1981:349).

Air laut mengandung sekitar 3,5% garam yang terdiri dari 78% Sodium Chlorida (NaCl) dan 15% lainnya terdiri dari Magnesium Chlorida (MgCl₂) dan Magnesium sulfat (MgSO₄) Sn menghasilkan kekuatan awal yang tinggi tapi dalam jangka panjang, kekuatan akhirnya menurun (Neville,1981:349).

Menurut Amri,S (2005:47), 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 danselimut beton yang mencukupi, karena air laut dapat membetikanpengaruh korosi pada tulangan.

Garam-garam sodium yang terkandung dalam air laut dapat menghasilkan substansi yang bila berkombinasi dengan agregat alkali reaktif, sama seperti dengan kombinasi dengan semen alkali. Karena air laut tidak boleh dipakai untuk beton yang diketahui mempunyai potensi agregat alkali reaktif, bahkan bila kadar alkalinya rendah (Nugraha, 2007:65). Sebagian dari garam-garam ini akan bereaksi secara kimiawi dengan semen dan mengubah atau memperlambat proses pengikatan semen, dan 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 didalam beton dengan aksi kapiler, jadi serangan terjadi hanya jika air dapat terserap dalam beton.

Karena itu walaupun kekuatan awalnay lebih tinggi dari beton biasa. Setelah 28 hari kuat tekannya akan lebih rendah. Pengurangan kekuatan ini dapat dikurangi dengan mengurangi faktor air semen.

2.7. Perawatan Beton (*Curing*)

Reaksi kimia antara semen dan air membutuhkan waktu. Fungsi semen sebagai perekat mulai benkembang pada saat umur beton masih muda, karena itu untuk ekerjaan beton baik konvensional maupun precast perlu dilakukan perawatan beton (Sasono, 2008).

Tujuan perawatan beton yaitu:

1. Mencegah kehilangan *moisture* pada beton.
2. Mempertahankan suhu yang baik selama durasi tertentu (diatas suhu beku dan di bawah 50 derajat celcius). Jenis-jenis perawatan beton antara lain:
 1. *Steam Curing*
Menguntungkan bila menginginkan kekuatan awal. Panas tambahan dibutuhkan untuk menyelesaikan hidrasi.
 2. Penyemprotan/ *Fogging*
Metode yang baik untuk kondisi dengan suhu di atas suhu beku dan humiditas rendah. Kekurangannya yaitu biaya dan dapat menyebabkan erosi pada permukaan beton yang baru mengeras.
 3. Penggenangan / Perendaman
Ideal untuk mencegah hilangnya *moisture*. Mempertahankan suhu yang seragam. Kekurangannya yaitu membutuhkan tenaga kerja yang banyak, perlu pengawasan, dan tidak praktis untuk proyek yang besar.
 4. Lembaran Plastik (sesuai ASTM C171)
Lapisan *polythylene* dengan ketebalan 4 ml.kelebihannya yaitu ringan, efektif sebagai penghalang hilangnya *moisture*, dan mudah diterapkan. Kekurangannya yaitu dapat menyebabkan *discoloration* permukaan, lebih terlihat bila lapisan plastik bergelombang dan diperlukan penambahan air secara periodik.
 5. Penutup Basah (sesuai ASTM C171)
Menggunakan bahan yang dapat mempertahankan *moisture* seperti burlap (karung goni) yang dibasahi. Kelebihannya yaitu tidak terjadi *discoloration* dan tahan terhadap api. Kekurangannya yaitu memerlukan penambahan air secara periodik dan diperlukan lapisan plastik penutup burlap untuk mengurangi kebutuhan penambahan air.

6. *Curing Compound* (sesuai ASTM C171)

Membentuk lapisan tipis pada permukaan untuk menghalangi penguapan. Efisiensinya dites dengan ASTM C156.

2.8. Absorpsi (Penyerapan)

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 umur 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 relatif 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.

2.9. Penetrasi Air Laut pada Beton

Larutan yang mengandung klorida dapat masuk ke dalam beton dipengaruhi oleh banyak faktor. Klorida bisa berada pada beton segar. Jika material beton terkontaminasi oleh klorida. Klorida juga terkandung dalam air laut dengan variasi sesuai dengan kelakuan lingkungan yang membuat proses penetrasi dan mempunyai mekanisme transport yang bervariasi pula. Perbedaan mekanisme ini dapat dilihat dari tempat beton itu berada. Beton yang berada pada tempat yang berhubungan dengan air laut akan berbeda dengan beton yang terendam atau beton pada daerah pasang surut. Selain itu daerah pantai dipertimbangkan mempunyai konsentrasi klorida di atmosfer yang nantinya akan dicurahkan oleh hujan sehingga mengenai permukaan beton (Singgih Hariyanto, 2004).

2.10. Geser Pada Balok Beton

Kekuatan geser pada beton, bervariasi antara 35% - 80% dari kuat tekannya. Dalam pengujian sulit menentukan geser dari tegangan-tegangan lainnya. Dan kuat geser berarti dalam keadaan-keadaan yang tidak biasa, karena geser biasanya harus dibatasi pada nilai yang rendah, dengan tujuan untuk melindungi beton tegangan-tegangan tarik diagonal.

Beban yang bekerja pada struktur menghasilkan tegangan geser dan lentur akan timbul disepanjang komponen struktur dimana bekerja gaya geser dan momen lentur, dan penampang komponen mengalami tegangan-tegangan pada tempat selain garis netral dan pada serat tepi penampang. Mengenai berapa besar tegangan geser dan lentur yang timbul bervariasi tergantung dari letak tempat yang ditinjau di sepanjang balok dan jaraknya terhadap garis netral.

Untuk memenuhi syarat keseimbangan dari gaya di arah vertikal, maka penjumlahan dari tegangan geser vertikal pada penampang harus sama dengan V . Gaya geser dibawah garis netral menimbulkan tegangan tarik yang sama besarnya dengan tegangan geser pada bidang dengan kemiringan 45° dan merupakan penyebab utama timbulnya retak miring.

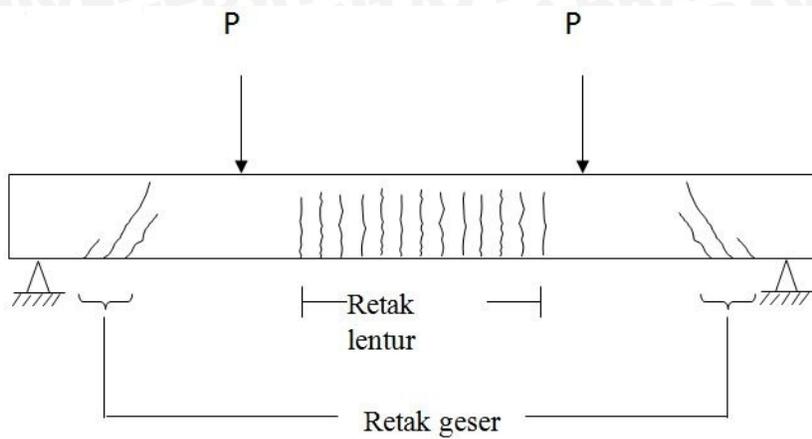
Gaya geser umumnya tidak bekerja sendiri, tetapi terjadi bersamaan dengan gaya lentur/momen, torsi atau normal/aksial. Dari percobaan yang telah dilakukan diketahui bahwa keruntuhan akibat gaya geser bersifat brittle/getas atau tidak bersifat daktail/liat, sehingga keruntuhannya terjadi secara tiba-tiba. Hal ini karena kekuatan menahan geser lebih banyak dari kuat tarik dan tekan beton dibandingkan oleh tulangan gesernya. Pada struktur beton yang menahan momen maka keruntuhannya bisa diatur apakah akan bersifat daktail atau tidak, tergantung pada jumlah tulangan yang dipakai. Dan besar gaya geser pada balok atau kolom, umumnya bervariasi sepanjang bentang, sehingga banyaknya tulangan geser pun bervariasi sepanjang bentang.

Ada beberapa sebab retak pada struktur beton, yaitu:

- Retak akibat lentur/momen
- Retak akibat geser

Retak-retak ini bila tidak ditahan dengan tulangan akan mengakibatkan keruntuhan, mengingat sifat beton yang tidak mampu menahan gaya tarik.

Retak akibat lentur ditahan dengan tulangan lentur atau tulangan longitudinal atau memanjang karena letak retak yang terletak vertikal ke atas. Sedangkan retak akibat geser ditahan oleh tulangan geser.



Gambar Retak pada Balok ILMUTEKNIKSIPIIL.COM

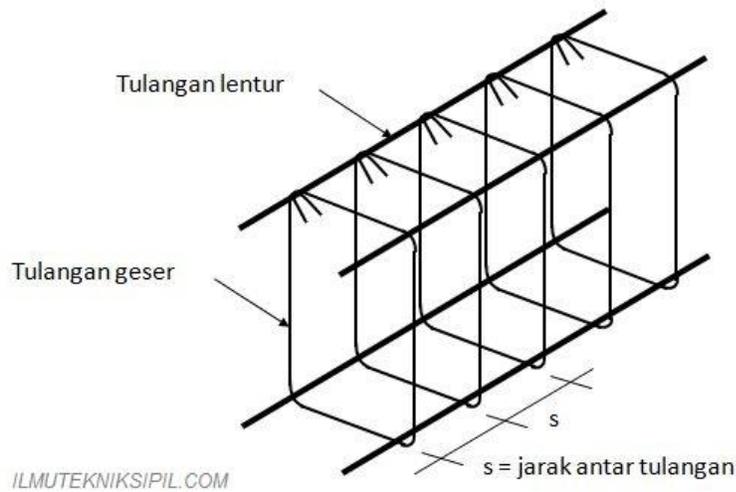
Gambar 1.1 Pola Retak Geser Dan Lentur Pada Balok

Tulangan untuk menahan gaya geser biasa dinamakan tulangan geser atau tulangan sengkang atau tulangan stirrup. Tulangan geser diperlukan untuk menahan gaya tarik arah tegak lurus dari retak yang diakibatkan oleh gaya geser. Ada berbagai macam cara untuk pemasangan tulangan geser yaitu :

- Tulangan geser vertikal
- Tulangan geser miring / diagonal
- Tulangan geser spiral
- Tulangan lentur yang dibengkokkan

Retak geser terletak secara diagonal pada badan balok sehingga perletakan tulangan geser yang paling efektif adalah tulangan geser miring / diagonal tegak lurus arah retak, sehingga tulangan hanya menahan gaya tarik saja dari gaya retak tersebut, tetapi tentunya dengan cara ini akan memakan biaya yang besar dan pemasangan yang lebih sulit.

Demikian juga dengan tulangan geser spiral meskipun efektif dalam menahan gaya geser tapi sulit pemasangan pemasangannya dan sekaligus lebih mahal. Dalam hal ini yang paling disukai dan paling banyak dipakai dalam perencanaan struktur adalah tulangan geser vertikal.



Gambar 2.1 Susunan Tukanan Geser Dan Tulangan Lentur

Pada perencanaan tulangan geser dengan desain ultimit bahan maka gaya geser yang terjadi akan ditahan oleh dua bahan/material yaitu beton dan baja dengan cara dihitung dulu kekuatan atau kapasitas beton dalam menahan gaya geser yang terjadi kemudian sisanya akan dilimpahkan ke baja.

Adapun perencanaan tulangan geser sebagai berikut:

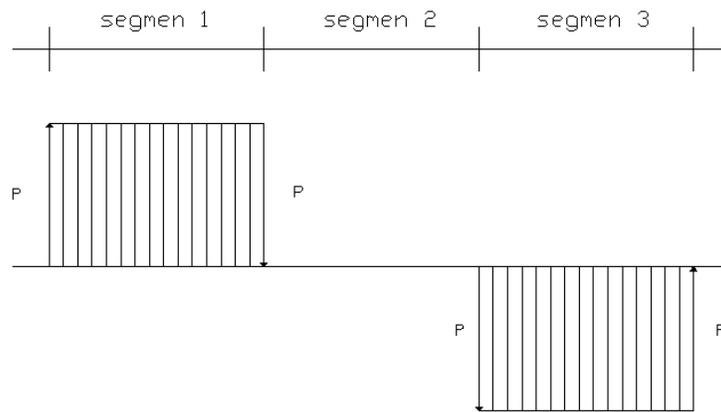
1. Gaya geser/shear/transversal pada struktur beton
Menghitung gaya geser terfaktor V_u pada sepanjang bentang. Besar V_u adalah sebagai berikut (bila tidak ada beban gempa):

$$V_u = 1,2 VD + 1,6 VL$$

Keterangan :

VD = gaya geser akibat beban mati

VL = gaya geser akibat beban hidup



Gambar 2.3 Bidang D Geser

Dengan diagram gaya geser tersebut dibagi beberapa segmen/bagian sehingga tulangan geser yang dipakai dapat lebih efektif.

Dari tumpuan ke jarak d dari diagram geser di atas dapat diabaikan karena sejauh d dari tumpuan gaya geser yang terjadi tidak efektif mengakibatkan kerusakan pada struktur (khususnya balok).

2. Menghitung kekuatan beton menahan geser V_c . Dan harga V_c berdasar jenis struktur, yaitu sebagai berikut :

Untuk kombinasi gaya geser sebagai berikut

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Keterangan:

V_c = kemampuan beton menahan geser (N)

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

b = lebar balok (cm)

d = tinggi balok efektif (cm)

Dalam perencanaan/desain ultimit maka kekuatan beton dalam menahan gaya geser ini harus dikalikan dengan faktor reduksi sebesar 0,75.

3. Memeriksa syarat penampang struktur dengan ketentuan sebagai berikut :

- Bila $V_u < 0,5 \Phi V_c \rightarrow$ tidak memerlukan sengkang
- Bila $0,5 \Phi V_c < V_u < \Phi V_c \rightarrow$ gunakan tulangan minimum
- Bila $(V_u - \Phi V_c) < 0,67b.d \rightarrow$ hitung V_s
- Bila $(V_u - \Phi V_c) > 0,67b.d \rightarrow$ ukuran penampang diperbesar

4. Menghitung sisa gaya geser dari gaya geser kapasitas beton yang harus ditahan oleh tulangan geser V_s .

$$V_u \leq \Phi V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_u \leq \Phi V_c + \Phi V_s$$

$$\text{maka } V_s = (V_u / \Phi) - V_c$$

5. Menghitung tulangan geser yang diperlukan

Tentukan luas tulangan geser A_v dengan luas tulangan yang biasa dipakai di lapangan mis: $\Phi 6$, $\Phi 8$, D10 atau D16.

Keterangan:

Φ = untuk tulangan polos

D = untuk tulangan deformed

Menghitung jarak/spasi tulangan geser s

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Keterangan:

f_y = tegangan leleh tulangan geser (MPa)

6. Bila pada langkah ke 3 menghasilkan $0,5 \Phi V_c < V_u < \Phi V_c$ maka dapat digunakan tulangan minimum dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_{min} = \frac{3 A_v \cdot f_y}{b}$$

2.11 Perencanaan Campuran Dan Pembuatan Beton

Pada pembuatan beton diperlukan suatu perencanaan campuran atau lebih dikenal dengan nama mixed design. Tujuan dari perencanaan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus, agregat kasar, serta air yang memenuhi persyaratan berikut:

1. Kekuatan desak. Kuat desak yang dicapai pada 28 hari (atau umur yang ditentukan) harus memenuhi persyaratan yang diberikan oleh perencanaan konstruksinya.
2. Workabilitas.
3. Durabilitas.
4. Penyelesaian akhir dari permukaan beton.

2.11.1 Kekuatan Desak

Campuran beton biasanya direncanakan untuk memberikan kuat desak rata-rata 28 hari setelah pencampuran, yang akan memberikan keuntungan dalam karakteristik akan kekuatan minimum persyaratannya. Kuat kubus mengikuti suatu distribusi normal, sehingga bila jumlah kubus yang dibuat mencukupi, hanya ada beberapa yang sangat tinggi kekuatannya. Pada konsep “kekuatan minimum” terjadi 1,5% – 2,5% kegagalan atas kekuatan kubus, begitu pula dengan silinder.

2.11.2 Workabilitas

Istilah workabilitas sulit untuk didefinisikan dengan tepat, dan NewMan mengusulkan agar didefinisikan sekurang-kurangnya 3 buah, yaitu:

1. Kompaktibilitas, atau kemudahan dimana beton dapat dipadatkan dan rongga-rongga udara diambil.
2. Mobilitas, atau kemudahan dimana beton dapat mengalir didalam cetakkan di sekitar baja.
3. Stabilitas, atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen, koheren, dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi pemisahan butiran (segregasi).

Pada hal ini dapat ditambahkan kemudahan dimana tercapai penyelesaian akhir yang baik, terutama untuk permukaan vertikal yang dicetak dengan acuan dan pelat lantai, dimana dibutuhkan tenaga untuk menambalnya. Apabila betonnya dibuat untuk beberapa tujuan yang berbeda-beda, maka dalam segi penyederhanaan, maka dalam merencanakan campuran beton usahakan yang semudah mungkin untuk dikerjakan.

2.11.3 Durabilitas

Durabilitas atau sifat awet berhubungan dengan kekuatan desak, pada umumnya semakin besar kekuatan makin awet betonnya. Meskipun demikian, sering terjadi kekuatan yang disyaratkan dapat tercapai dengan campuran yang besar faktor air/semennya dari pada yang dapat memberikan durabilitas yang cukup terhadap lingkungan yang dialami beton. Dalam hal ini faktor air/semen yang sebenarnya dan kepadatan beton merupakan faktor yang menentukan, dan kekuatannya mungkin akan lebih besar daripada yang disyaratkan dengan ketat untuk tujuan struktural.

2.11.4 Penyelesaian Akhir dari Permukaan Beton

Kohesi yang kurang baik dapat merupakan salah satu sebab penyelesaian akhir yang kurang baik, apabila beton dicetak pada acuan tegak, seperti goresan pasir dan variasi warna, dapat juga mendatangkan kesulitan dalam menambal bidang horizontal, yang halus dan padat. Agar dapat memenuhi persyaratan ini yaitu dapat membuat beton padat yang perlu untuk perlindungan tulangnya, mutlak diperlukan kandungan butiran halus yang mencukupi. Butiran halus ini terdiri atas pasir maupun pasta semen. Cara-cara perencanaan campuran yang akan diterangkan kemudian akan menghasilkan beton dengan kohesi yang baik, penyelesaian permukaan yang baik dan terbebas dari keropos dan segregasi.

2.11.5 Prosedur Perbandingan Campuran

Pedoman untuk komposisi spesi beton yang dapat dipegang antara semen, pasir, kerikil harus berupa perbandingan 1:2:3. Satuan perbandingan ini dalam volume. Misalkan, berdasarkan semen 50 kg (40 lt) berarti untuk agregat halus (pasir) sebanyak 80 lt, sedangkan untuk agregat kasarnya (kerikil) sebanyak 120 lt. Apabila hal ini terencana dengan baik, maka mutu beton yang kita buat akan sesuai dengan mutu beton yang akan kita rencanakan. Agar dapat mencapai perbandingan campuran seperti diatas, maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

2.11.5.1 Semen

Semen yang digunakan harus mencapai tingkat kehalusan yang baik, semen memenuhi syarat kehalusan apabila :

Tertahan saringan no.100 : 0 %

Tertahan saringan no.200 : maksimum 22 %

Semen yang dipakai pada pembuatan beton ini adalah jenis semen Portland

2.11.5.2 Pasir

Pasir sebaiknya dicuci bersih karena banyaknya kandungan bahan organik yang ada pada pasir dapat menyebabkan pasir tidak homogen. Sehingga dalam pencarian Finnes Modulus tidak didapatkan angka mutlak dimana penimbangan pada saat percobaan analisa saringan, berat dari persentase pasir yang tertahan saringan tersebut tidak mencapai 100%.

2.11.5.3 Kerikil

Kerikil yang dipakai harus dicuci terlebih dahulu. selain itu gradasi yang akan digunakan sebaiknya memiliki ukuran yang rata, yaitu sekitar antara 20-30 mm. Namun pada percobaan ini ukuran agregat yang dipakai menggunakan ukuran yang maksimum yaitu ukuran 20 mm.

2.12. Penelitian-Penelitian Terdahulu

2.12.1 Wachid Zaenal (1997)

Hasil penelitian tentang pengaruh umur perendaman beton dalam air laut terhadap nilai kuat tarik belah yang menggunakan semen tipe I dan portland pozolan cement (PPC).

Dari hasil penelitian di atas dapat disimpulkan senagai berikut:

1. Dengan melihat model regresi yang ada, akibat perendaman dengan air laut pada semen tipe I memiliki nilai kuat tarik belah yang lebih tinggi dibanding dengan portland pozolan cement (PPC).
2. Perawatan dengan cara perendaman pada pemakaian semen tipe I mengalami kenaikan tertinggi pada umur perendaman 3 sampai 7 hari sekitar 17,58 %/ hari. Sedangkan pada PPC kenaikan tertinggi terjadi pada umur 7 sampai 14 hari yaitu sekitar 6,25%/ hari.
3. Perawatan dengan cara perendaman dalam air laut sampai umur 3 hari tidak membarikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kuat tarik belahnya. Tetapi antara umur 7 sampai 28 hari, perbedaan itu akan tampak nyata.

2.12.2 Miko Eniarti (1996)

Mengemukakan bahwa serangan air laut disebabkan oleh serangan Magnesium Sulfat ($MgSO_4$) dan Magnesium Klorida ($MgCl_2$) yang bersifat merugikan beton. Dengan adanya Magnesium Sulfat ($MgSO_4$) akan terjadi penguraian dari Kalsium Silikat Hidrat (CSH) sehingga fungsi perekatan beton akan hilang. Bila beton rapat hanya sebagai $Ca(OH)_2$ yang berubah menjadi $CaSO_4$ menggantikan kedudukan ion Ca^+ dalam kapur $Ca(OH)_2$ sehingga makin lama kapur dalam beton berkurang, sehingga ion Mg^+ menyerang CAH dan CSH (bahan perekat dalam beton) sehingga fungsi perekat menjadi hilang, menjadi senyawa-senyawa MAH dan MSH merupakan senyawa yang tidak berfungsi sebagai perekat sehingga beton akan kehilangan ikatan dan kuat tekannya.

2.12.3 Bernad M.S. (2009)

Mengemukakan bahwa air memasuki beton dengan cara permeasi dan difusi menuju dua arah yaitu ke arah vertikal dan ke arah radial. Permeasi dan difusi ke arah vertikal membuat air naik dari batas perendaman ke atas sehingga eksterior beton yang tidak terendam akan ikut basah. Hal ini akan tampak dari peningkatan ketinggian air pada eksterior beton fungsi waktu dimana dengan semakin bertambahnya waktu ketinggian air pada eksterior beton akan semakin bertambah sedangkan permeasi dan difusi ke arah radial membuat air masuk dari selimut beton menuju ke interface baja tulangan dengan beton dimana hal ini terlihat dari perubahan prosentase klor di dalam beton. Prosentase klor akan menurun secara gradual dari permukaan hingga ke dalam beton. Pada akhirnya kenaikan air pada interface baja tulangan dengan beton tidak bergantung pada proses permeasi dan difusi air dari selimut beton menuju interface. Air naik lebih cepat di dalam interface baja tulangan dengan beton dibandingkan dengan difusi air dari selimut beton ke dalam interface baja tulangan dengan beton. Serangan korosi pada baja tulangan dimulai dari dasar baja tulangan menuju ke atas. Dasar baja tulangan terkorosi lebih dahulu karena mengalami kontak dengan media korosi lebih cepat. Hal ini yang menyebabkan pengurangan ketebalan baja tulangan di dasar lebih cepat dibandingkan dengan pengurangan ketebalan baja tulangan di titik observasi yang lebih tinggi. Fenomena kapilaritas pada interface baja tulangan dengan beton dapat dimodelkan dalam suatu persamaan polinomial tingkat tiga yaitu $y = -0,0007x^3 + 0,0541x^2 + 0,7604x + 3,1081$.

2.12.4 Audrian Ramanta Herdy (2012)

Variasi campuran spesi berpengaruh nyata terhadap nilai kuat tarik belah mortar. variasi campuran semen dan pasir (spesi) mampu menurunkan nilai rata-rata kuat tarik belah mortar hingga 37,867 %. Mortar dengan spesi 1:3 dengan lama perendaman 7 hari memiliki nilai rata-rata kuat tarik belah paling tinggi yaitu 3,014 MPa dan mortar dengan

spesi 1:6 dengan lama perendaman 28 hari memiliki nilai rata-rata kuat tarik belah paling rendah yaitu 1,034 MPa.

Variasi campuran spesi berpengaruh nyata terhadap nilai kedalaman intrusi arah radial maupun transversal pada mortar. Semakin banyak jumlah pasir pada mortar semakin tinggi nilai kedalaman intrusinya. Mortar dengan spesi 1:3 dengan lama perendaman 7 hari memiliki nilai kedalaman intrusi paling rendah yaitu pada arah transversal 0,217 mm dan arah radial 0,189 mm. Mortar dengan spesi 1:6 dengan lama perendaman 7 hari memiliki nilai kedalaman intrusi paling tinggi yaitu pada arah transversal 2,389 mm dan arah radial 3,450 mm

Berdasarkan uji statistik hipotesis diterima sehingga variasi lama perendaman tidak berpengaruh terhadap nilai kuat tarik belah mortar. Variasi lama perendaman mampu menurunkan nilai rata-rata kuat tarik belah mortar hingga 16,434 %

Variasi lama perendaman berpengaruh nyata terhadap nilai kedalaman intrusi pada mortar. Semakin lama perendaman air laut semakin tinggi nilai kedalaman intrusinya baik pada arah transversal maupun radial. Mortar dengan spesi 1:6 pada lama perendaman 28 hari memiliki nilai kedalaman intrusi paling tinggi baik pada arah transversal yaitu 2,389 mm dan arah radial yaitu 3,450 mm.

2.12.5 Yulianto, Erfan Yoky (2007)

Pemanfaatan limbah batubara (bottom ash) sebagai bata beton ditinjau dari aspek teknik dan lingkungan.

Pemanfaatan limbah tersebut diharapkan dapat memberikan manfaat terhadap lingkungan yaitu mengurangi dampak buruk yang timbul akibat timbunan limbah batubara tersebut. Penelitian dilakukan dengan menguji kelayakan bata beton tersebut terhadap standar mutu teknis dan lingkungan. Hasil dari penelitian diketahui bahwa kondisi optimal menurut standar mutu teknis (LPMB-1989) terdapat pada perbandingan komposisi berat semen dan agregat halus sebesar 1 : 5, dengan proporsi limbah batubara (bottom ash) sebesar 10% dari berat agregat halus. Dari proporsi perbandingan tersebut didapatkan kuat tekan bata beton sebesar 13,54 MPa dan penyerapan air sebesar 8,86%. Pada bata beton tersebut terdapat unsur logam berat yang melebihi standar baku mutu (PP Nomor 85 tahun 1999), yaitu berupa kadmium (Cd) sebesar 2,438 ppm, kromium (Cr) sebesar 9,003 ppm, tembaga (Cu) sebesar 25,892 ppm, timbal (Pb) sebesar 32,464 ppm dan seng (Zn) sebesar 50,244 ppm.

2.12.6 Indriani Santoso, et. al. (2003)

Penggunaan bottom ash sebagai material pekerasan jalan adalah salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti efek penggunaan bottom ash sebagai pengganti agregat halus terhadap stabilitas, keelehan, rongga udara, rongga didalam agregat dan Marshall quotient dari campuran aspal beton.

Penelitian dilakukan dengan menguji efek pemakaian bottom ash sebagai pengganti agregat halus sebesar sepuluh sampai 100%. Dari penelitian ditemukan bahwa persentase terbaik penggantian agregat halus dengan bottom ash adalah sepuluh persen. Penggantian ini memenuhi semua persyaratan yang ditentukan kecuali persyaratan rongga udara. Sebuah bahan additif (chemcrete) digunakan untuk memperbaiki rongga udara. Penggunaan chemcrete dapat meningkatkan nilai stabilitas serta memperbaiki nilai rongga udara pada campuran aspal beton.

2.12.7 Kris Naedi (2012)

Ada nya pengaruh yang nyata dari pemanfaatan bottom ash sebgai pengganti semen terhadap kuat tekan pada paving block. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan kuat tekan seiring dengan bertambahnya bottom ash yang digunakan, karena sifat semen yang mampu mengikat dan mengeras di dalam air tidak dapat digantikan seluruhnya oleh bottom ash dan karena penggunaan air dalam jumlah yang sama dalam semua variasi.

Ada nya pengaruh yang nyata dari pemanfaatan bottom ash sebagai pengganti semen terhadap penyerapan air paving block. Hal ini ditunjukkan dengan adanya kenaikan presentase penyerapan air seiring dengan bertambahnya bottom ash yang digunakan, karena semakin banyak pori – pori yang terdapat pada paving block.

Untuk pemanfaatan bottom ash sebagai pengganti semen dalam pembuatan paving block, dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Untuk penggunaan 25%,30%,35% dan 40% termasuk antara mutu A dan mutu B baik dari segi penyerapan air maupun kuat tekan. Dari segi keempat variasi tersebut, variasi 30% bottom ash merupakan prosentase yang paling maksimum bila digunakan dalam campuran paving block antara mutu A dan mutu B karena kuat tekannya menunjukkan nilai tertinggi.
- b. Untuk penggunaan 45% termasuk antara mutu B dan mutu C baik dari segi penyerapan air maupun kuat tekan.
- c. Untuk penggunaan 50%, 55% dan 60% termasuk antara mutu C dan mutu D baik dari segi penyerapan air maupun kuat tekan. Dari ketiga variasi tersebut, variasi 50% bottom ash merupakan prosentase yang paling maksimum bila digunakan dalam campuran paving block antara mutu C dan mutu D karena kuat tekannya menunjukkan nilai tertinggi.

2.12.8 Dimas Setyo Yuliandoko (2012)

Pemanfaatan bottom ash sebagai pengganti semen berpengaruh terhadap kuat lentur dan permeabilitas dari genteng beton. Hal ini dibuktikan dengan tidak menurunnya nilai kuat lentur rata-rata pada prosentase 0% - 30% dan setelah itu baru mengalami penurunan yang signifikan. Berdasarkan uji analisis varian (anova) satu arah juga disimpulkan bahwa bottom ash berpengaruh terhadap kuat lentur yang dihasilkan genteng beton. Sementara berdasarkan perhitungan anova dengan dua bagian, 0% - 30% dan 30% - 50% diperoleh kesimpulan bahwa bagian pertama tidak ada peningkatan yang signifikan, sebaliknya pada bagian kedua terjadi penurunan yang signifikan. Sehingga dapat dikatakan bottom ash berpengaruh terhadap penurunan kuat lentur yang dihasilkan.

2.12.9 Septiawan Arifin H. (2012)

Prosentase bottom ash digunakan sebagai pengganti semen adalah 5 – 60% dari total berat kebutuhan semen dengan interval 5% sehingga terdapat 12 variasi dengan 1 variasi sebagai kontrol yaitu benda uji dengan kadar bottom ash sebesar 0%. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan cara memberikan beban searah bidang permukaan tekan sesuai dengan arah beban pada kenyataan di lapangan. Pengujian tekan dilakukan menggunakan pelat besi. Pengujian tekan dilakukan kurang dari satu menit dan tidak boleh lebih dari dua menit. Sedangkan untuk pengujian penyerapan, dilakukan dengan cara merendam benda uji kedalam bak uji selama 24jam kemudian di oven sampai berat benda uji stabil dan tidak berubah sampai tiga kali pengujian.

Dari hasil dan uji statistik dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan bottom ash pada benda uji tidak berpengaruh terhadap kuat tekan dari batako. Justru penambahan bottom ash membuat kuat tekan batako menjadi turun.

2.13 Hipotesis

Dari berbagai kajian teori dan permasalahan yang telah diuraikan diatas maka pada penelitian yang disajikan hipotesis penelitian sebagai berikut ” Terdapat pengaruh variasi spesi 1:2:3 dan campuran bottom ash 0%, 10%, 20% dan 25% selama perendaman menggunakan air laut 7, 14, 21 dan 28 hari pada beton”.