

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton Massa (Mass Concrete)

Beton massa merupakan beton yang memiliki dimensi besar, dan biasanya digunakan untuk pondasi dalam. Beton massa menurut makalah spesifikasi umum pada tahun 2018, yaitu beton dengan ukuran relatif besar dengan dimensi terkecil sama atau lebih besar dari 1 m atau komponen struktur dengan ukuran yang lebih kecil dari 1 m tetapi mempunyai potensi menghasilkan temperatur maksimum/puncak melebihi batas temperatur yang diizinkan, sedangkan menurut Ir. Kardiyono Tjokrodimulyo, ME beton massa adalah beton yang memiliki dimensi besar diatas 1,1m x 1,1m x 1,1m. Beton yang tergolong beton massa dirancang dengan mempertimbangkan berbagai faktor, antara lain kondisi cuaca, rasio volume permukaan, tingkat pemanasan, dan ketahanan terhadap perubahan volume, perubahan suhu, dan pengaruh massa material di sekitarnya. Desain juga memperhitungkan fungsi konstruksi dan kemungkinan efek samping dari keretakan. Desain juga harus mempertimbangkan perhitungan panas hidrasi yang cermat ketika dimensi penampang struktur lebih besar dari atau sama dengan 76 cm atau volume semen yang digunakan melebihi 356 kg / m³. Masalah yang perlu diperhatikan pada beton massa adalah munculnya retakan. Ada beberapa

kondisi yang dapat mencegah terjadinya retak, beberapa di antaranya dapat diterapkan pada pilar berukuran besar. Kondisi itu terdiri dari :

- Beton dengan kapasitas regangan tarik besar.
- Beton dengan muatan semen rendah.
- Semen dengan kenaikan pemanasan rendah.
- Beton yang proses penuangannya terbagi menjadi blok-blok kecil.
- Beton dengan temperatur yang rendah.
- Beton dengan ditutup permukaannya.
- Beton dengan proses perkerasannya lambat dikarenakan tidak adanya pendingin buatan.
- Beton yang menggunakan pendingin buatan dengan memasukkan pipa-pipa air dingin (cooling pipe).
- Beton yang memiliki kuat tekan yang rendah sebagai pondasi getas.
- Beton yang kenaikan tegangannya diabaikan.

3.1.1 Penyusun Beton Massa (Mass Concrete)

Beton adalah campuran bahan agregat halus dan kasar dengan pasta semen, yang kemudian dituang ke dalam cetakan kemudian dibiarkan hingga mengeras. Proses pengerasan terjadi akibat reaksi kimia antara air dan semen yang berlangsung lama, hingga pada akhirnya menyebabkan kekerasan beton semakin meningkat seiring berjalannya waktu. Beton yang terdiri dari

agregat kasar seperti batuan dapat menimbulkan rongga pada partikel yang besar, setelah itu diperlukan bahan perekat yaitu campuran air dan semen, agar penyusunnya menyatu menjadi massa padat. Berikut beberapa campuran beton dengan penjelasannya :

1. Semen

Semen Portland adalah semen yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat kalsium yang sifatnya hidrolis dan gips sebagai bahan tambahannya.

2. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton dan yang paling murah harganya. Air diperlukan untuk dicampurkan dengan semen agar bereaksi sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat kasar (batuan) sehingga lebih mudah dikerjakan dan dipadatkan. campuran ini dapat bereaksi dengan baik apabila takaran air 25% dari berat semen. Kadar air dalam beton dianjurkan untuk tidak terlalu banyak dikarenakan dapat mengakibatkan kekuatannya rendah dan berlubang.

3. Agregat

Dapat diartikan sebagai butiran mineral yang berfungsi sebagai pengisi pada campuran beton yang nantinya akan bercampur dengan perekat dan menjadi campuran beton.

4. Bahan Tambahan

Adalah bahan selain unsur pokok dalam campuran beton (air, semen dan agregat) yang ditambahkan pada pada saat beton diaduk. Biasanya bahan tambahan berupa bahan kimia (bubuk atau cairan) yang ketika dicampurkan dapat mengubah beberapa sifat beton tersebut.

3.2 Metode Pendinginan Beton Massa (Pengontrolan Suhu Beton)

Pada saat pengerjaan beton massa, salah satu hal yang harus diperhatikan adalah perbedaan temperatur (suhu) bagian dalam dan luar beton. Hal itu terjadi karena adanya panas hidrasi yang disebabkan oleh reaksi kimia yang ada dalam campuran beton (air, semen, beserta bahan tambahan kimia). Panas tersebut dapat menyebabkan beton mengembang namun bagian luar lebih cepat dingin dan menyusut, sementara bagian dalam masih panas dan belum menyusut. Sehingga dapat menimbulkan keretakan pada beton yang sedang dalam proses pengerasan. Peningkatan temperature pada beton massa dapat dipengaruhi oleh :

A. Material Penyusun Beton

Semakin tinggi temperature material yang dipakai, suhu beton dapat meninggi. Maka, harus memilih tipe semen yang memiliki panas hidrasi yang rendah.

B. Volume Beton

Semakin besar volumenya, semakin tinggi suhu betonnya.

C. Slump

Semakin tinggi hasil slumpnya, semakin tinggi kuat tekan betonnya.

Perbedaan suhu antara bagian luar dan dalam pada beton, dapat menimbulkan gaya tekan dan gaya tarik pada beton. Untuk mencegah terjadinya keretakan, perbedaan suhunya diusahakan harus kurang dari 25°C. Sifat beton yang tidak kuat menahan gaya tarik, maka semakin tinggi suhunya disaat umur yang masih muda maka semakin tinggi gaya tariknya. Jika gaya tarik melebihi dari yang diijinkan maka betonnya akan mengalami keretakan. Retak terjadi akibat penyusutan volume karena perubahan temperature pada udara di lingkungan sekitar, namun semua itu berawal dari panas hidrasi oleh beton itu sendiri.

3.2.1 Berbagai Jenis Metode Pendinginan Pada Beton Massa

Metode-metode yang digunakan antara lain :

1. Metode Pra Pendinginan Beton

Metode ini digunakan atas dasar pengaruh penyusunan material beton (komponen beton). Dimana suhu beton dapat meningkat karena unsur

material penyusunnya. Semakin panas suhu material yang digunakan, maka akan semakin tinggi pula suhu beton yang dihasilkan. Maka, diperlukan pendinginan untuk material tersebut, diantaranya seperti :

- **Pendinginan Agregat Kasar**

Ada tiga cara dalam pendinginan agregat kasar, diantaranya :

- a) ***Insunidation Tanks***

Tahapan dalam pendinginan ini dilakukan dengan cara membawa agregat yang gradasinya baik dibawa dengan conveyor dari penampungan ke tangki yang terisi air kurang lebih $\frac{1}{3}$ volume tangki tersebut. Lalu, setelahnya agregat tersebut yang sudah di dalam tangki akan ditambahkan air lagi sampai terisi penuh, dan nantinya akan disirkulasikan. Setelahnya air akan dialirkan dan lubang tangki dibuka, serta agregat tersebut dibawa *conveyor* untuk di *mixing*, sepanjang perjalanan di *conveyor*, agregat melewati proses *dewatering* untuk meminimalkan kadar air.

- b) ***Belt Insunidation***

Perbedaan dengan cara pendinginan sebelumnya yaitu agregat tidak pernah meninggalkan *conveyor belt*. *Conveyor* akan terus berjalan melalui sirkulasi air dingin. Agregat akan digunakan untuk *mixing* setelah melewati proses bak sirkulasi air dan *dewatering*.

- c) ***Belt Spraying***

Cara ini merupakan modifikasi dari cara sebelumnya, yaitu dengan menambahkan *shower heads* yang akan menyiram air es di dalam *conveyor* yang membawa agregat.

- **Pendinginan (*Air Cooling*)**

Adalah metode dengan sirkulasi udara tanpa penampungan dan sangat penting untuk menginsulasi dinding tampungan agar tetap dingin. Kekurangan dari metode ini yaitu panas yang ditransfer diantara agregat dan udara tidak sebaik transfer panas diantara agregat dengan air.

- **Penguapan (*Vacuum Cooling*)**

Adalah penguapan agregat dengan kondisi dimana air permukaannya menguap oleh udara luar dan akan terus berlangsung hingga mencapai $4,44^{\circ}\text{C}$.

- **Pendinginan (*Water Cooling*)**

Dapat dilakukan dengan menambahkan es balok hingga suhu air yang diinginkan. Namun, metode ini tidak bisa dilakukan oleh *batching plan* yang tidak memiliki tampungan air yang mudah dijangkau untuk menambahkan es balok dalam skala yang cukup besar.

2. Metode Paska Pendinginan Beton

Metode lain yang dapat digunakan untuk pengontrolan suhu beton yaitu dengan cara sirkulasi air dingin dialirkan melalui pipa dalam beton (*cooling pipe*).

Ketunggannya adalah lebih fleksibel dan pada bagian manapun beton akan tetap dingin dan terkontrol suhunya jika terjadi delta suhu mendekati atau melebihi dari yang diinginkan, sehingga suhu dalam beton dapat diantisipasi dengan mengalirkan air dingin ke dalam pipa-pipa yang ada dalam beton. Kekurangan dari metode ini adalah biaya nya yang relative lebih mahal dari metode-metode lainnya pada pendinginan beton.

3.3 Cara Mengurangi Keretakan Pada Beton Massa

Beberapa usaha dapat dilakukan untuk mengurangi retak-retak pada beton massa, yaitu :

a. Menggunakan Semen Sedikit Mungkin

Semen adalah sumber panas karena reaksi kimianya dengan air, sehingga saat reaksi ini berlangsung hingga saat pengecoran, suhu pada beton dapat naik dan menyebabkan keretakan pada beton ketika beton sudah mengalami perkerasan. Menggunakan sedikit semen menjadi salah satu cara untuk mencegah terjadinya keretakan pada beton.

b. Menggunakan Ukuran Agregat Cukup Besar

Tentu batas yang diijinkan yaitu 75 – 150 mm. Karena dengan menggunakan agregat kasar ukuran maksimum, jumlah semen yang diperlukan semakin sedikit. Berikut ini adalah table untuk gradasi agregat kasar dan agregat halus yang diisyaratkan untuk beton massa menurut buku Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodimulyo, ME.

Tabel 3.1 Batas-Batas Gradasi Agregat Kasar untuk Beton Massa

Lubang ayakan (mm)	Lolos ayakan (% berat)	
	Butir maksimal 75 mm	Butir maksimal 150 mm
150	100	100
75	100	65-80
40	60-80	33-60
20	30-40	20-35
10	10-15	8-15
4,8	0	0

(Sumber : Teknologi Beton oleh Ir. Kardiyono Tjokrodimulyo, ME)

Tabel 3.2 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus untuk Beton Massa

Lubang (mm)	Lolos ayakan (%berat)
10	100
4,8	92-100
2,4	75-90

1,2	50-70
0,6	35-50
0,3	17-30
0,15	0

Memakai perbandingan agregat halus yang tepat sehingga didapatkan semen minimum dengan kuat tekton yang diinginkan. Jika menggunakan agregat kasar maksimum 75 mm maka berat pasir yang digunakan 24 – 36 persen dari total berat campuran. Jika menggunakan agregat kasar maksimum 150 mm maka berat pasir yang digunakan adalah 25 – 30 persen dari total berat campuran

c. Menggunakan Air Sedikit Mungkin

Untuk memungkinkan keenceran adukan dalam proses pemadatan beton. Pemakaian air yang sedikit mempunyai konsekuensi adukan beton lebih kental dan adukan beton bisa saja memiliki slump hanya 25 mm. Sehingga proses pemadatan dilakukan dengan *compacted roller*.

d. Menggunakan Semen Khusus (Hidrasi Rendah)

Semen khusus yang dimaksud misalnya adalah Semen tipe II, tipe IV , dan semen portland yang dicampurkan dengan *pozolan*. Meskipun

menggunakan semen hidrasi rendah dengan campuran fas minimalis dan disemprotkan dengan air selama 3 hari pertama, beton yang dibiarkan berhubungan dengan udara terbuka akan membuat suhu beton naik sekitar 25°C selama kurang lebih 6 – 12 bulan.

e. Air Dingin Dialirkan Melalui Pipa-Pipa di Dalam Beton

Hal ini dimaksudkan agar panas hidrasi dapat terdistribusi secara merata pada beton. Perbedaan temperatur dapat dijaga dengan cara menentukan jarak pipa, lama pengairan air, temperature air yang dimasukkan, dan debit air yang dialirkan. Biasanya pipa yang digunakan berdiameter 25 mm yang dipasang berkelok-kelok dengan jarak as ke as kurang lebih 1 – 1,5 meter arah horizontal diatas hamparan adukan setelah adukan mencapai tebal 1,5 meter. Air dingin dengan segera dialirkan ke dalam pipa setelah penuangan beton.

f. Menambah Bahan Tambah *Admixture*

Admixture adalah bahan cair atau bubuk yang nantinya bisa ditambahkan pada adukan beton sebagai keuntungan tambahan pada sifat beton, Bahan ini dapat berubah sifat-sifatnya saat beton diaduk sampai pada beton yang sudah mengeras. Bahan ini bereaksi secara kimia dan fisika dan dapat mempengaruhi sifat beton sehingga menjadi baik maupun kurang baik. Menurut standar ASTM terdapat 7 tipe Admixture, yaitu :

- Tipe A, mempengaruhi kadar air

- Tipe B, mengundurkan waktu set
- Tipe C, mempercepat waktu set
- Tipe D, pengurangan air dan pengundur waktu set
- Tipe E, pengurang air dan mempercepat waktu set
- Tipe F, pengurang kadar air tinggi
- Tipe G, pengurang kadar air tinggi dan pengundur waktu set
- ASTM C-260, penambah gelembung udara

