

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Bertulang

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambah membentuk masa padat (SK SNI T-15-1991-03, 1991). Pada penggunaan sebagai komponen struktur bangunan, umumnya beton diperkuat dengan tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahan, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik, sehingga membentuk suatu kesatuan bahan yang monolit dalam menahan beban. Batang tulangan baja berfungsi untuk memperkuat dan menahan gaya tarik, sedangkan beton hanya diperhitungkan untuk menahan gaya tekan. Komponen struktur beton dengan kerjasama seperti itu disebut sebagai beton bertulang baja atau lazim disebut beton bertulang saja (Istimawan Dipohusodo, 1994).

2.2 Rancangan Campuran Beton

2.2.1 Tujuan Perancangan Campuran Beton

Tujuan dari perancangan campuran beton ialah untuk menentukan proporsi bahan-bahan penyusun beton agar tercapai keadaan yang sesuai dengan persyaratan berikut :

1. kekuatan desak yang sesuai atau memenuhi syarat seperti yang ditentukan oleh perencana konstruksi,
2. kelecakan (*workability*) yang cukup sehingga pengangkutan, penuangan dan pemadatan beton dapat dilakukan dengan baik,
3. keawetan (*durability*) yang memadai dan pada umumnya keawetan beton banyak ditentukan oleh faktor air semen,
4. penyelesaian akhir (*finishing*) beton yang baik.

Metode perancangan campuran beton yang digunakan sebagai dasar perhitungan campuran beton ada beberapa macam. Metode tersebut antara lain : metode *ACI*, metode *Dreux*, metode *DOE* dan metode *Road Note No. 4*. Penggunaan atau pemilihan metode perancangan beton pada proyek-proyek yang telah ada biasa didasarkan pada kualitas pencapaian kekuatan beton rencana yang sesuai dengan yang telah dirancang, kemudahan pengerjaan dan nilai ekonomi. Pada penelitian ini dipakai metode *ACI*, karena metode ini paling banyak dipakai di lapangan, lebih mudah dikerjakan dan ekonomis. Dengan demikian akan didapatkan beton dengan keadaan yang mendekati keadaan sesungguhnya di lapangan.

2.2.2 Metode *ACI* (*American Concrete Institute*)

American Concrete Institute menyarankan suatu cara perancangan campuran yang memperhatikan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan, serta kekuatan yang diinginkan. Dengan metode *ACI* didapatkan kenyataan bahwa pada ukuran agregat maksimum tertentu dan jumlah air per meter kubik adukan menentukan tingkat kekentalan (*slump*) adukan itu.

Secara garis besar urutan langkah perancangan dengan cara *ACI* ialah sebagai berikut ini.

1. Menghitung kuat desak rata-rata berdasar kuat desak yang disyaratkan.

Untuk jumlah sampel < 15 buah, dipakai ketentuan seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 2.1 Kekuatan Rata-rata yang Diperlukan Jika Tidak Tersedia Data untuk Menentukan Simpangan Baku.

Kekuatan tekan yang dispesifikasikan f'_c (psi)	Kekuatan rata-rata yang diperlukan f'_{cr} (psi)
Kurang dari 3000	$f'_c + 1000$
3000 – 5000	$f'_c + 1200$
Lebih dari 5000	$f'_c + 1400$

Sumber : Beton Bertulang suatu pendekatan dasar, Edward G. Nawy, 1990.

2. Menetapkan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki (lihat tabel 2.2) dan keawetan (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan; lihat tabel 2.3). Dari dua hasil tersebut dipilih yang paling rendah.

Tabel 2.2 Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari

Faktor Air Semen	Perkiraan kuat tekan (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Sumber : Teknologi Beton, Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992

Tabel 2.3 Faktor air semen maksimum

Kondisi	FAS
<ul style="list-style-type: none"> • Beton di dalam ruangan bangunan <ul style="list-style-type: none"> a. keadaan keliling <i>non korosif</i> b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap <i>korosif</i> 	0,60
<ul style="list-style-type: none"> • beton di luar ruangan bangunan <ul style="list-style-type: none"> a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung 	0,52
<ul style="list-style-type: none"> • beton yang masuk ke dalam tanah <ul style="list-style-type: none"> a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b. mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah 	0,60
<ul style="list-style-type: none"> • beton yang kontinyu berhubungan dengan air <ul style="list-style-type: none"> a. air tawar b. air laut 	0,55
	0,52
	0,57
	0,52

Sumber : Teknologi Beton, Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992

3. Menentukan nilai *slump* dan ukuran maksimum agregat berdasarkan jenis struktur (lihat tabel 2.4 dan 2.5).

Tabel 2.4 Nilai slump (cm)

Pemakaian beton	maks	
	maks	min
• Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,50	5,00
• Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur di bawah tanah	9,00	2,50
• Plat, balok, kolom dan dinding	15,00	7,50
• Pengerasan jalan	7,50	5,00
• Pembetonan masal	7,50	2,50

Sumber : Teknologi Beton. Kardivono Tjokrodimulvo. 1992

Tabel 2.5 Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi minimum (mm)	balok/kolom	plat
62,50	12,50	20,00
150,00	40,00	40,00
300,00	40,00	80,00
750,00	80,00	80,00

Sumber : Teknologi Beton, Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992

4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai *slump* (lihat tabel 2.5).
5. Menghitung semen yang dibutuhkan, berdasarkan hasil langkah (2) dan (4) sebelumnya.
6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan per satuan volume beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus kehalusan agregat halus (lihat tabel 2.6).

Tabel 2.6 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasir, dalam m³

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir pasir			
	2,40	2,60	2,80	3,00
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

Sumber : Teknologi Beton, Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah volume air, semen dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap dalam adukan (dari tabel 2.5), dengan cara hitungan volume absolut sebagai berikut ini.

$$\text{Volume agregat halus} = 1 - (V_a + V_k + V_s + V_u)$$

V_a = volume air,

V_k = volume kerikil,

V_s = volume semen,

V_u = volume udara.

2.3 Pengaruh Temperatur Tinggi Pada Beton

2.3.1 Sifat Pasta Semen Pada Temperatur Tinggi

Jika pasta semen dipanaskan dari temperatur ruangan sampai 300°C, maka kekuatan akan naik sedikit karena air bebas hilang pada bagian arang (*clinker*) yang terhidrasi, kemudian berturut-turut air yang diserap. Pada pemanasan lebih dari 300°C sebagian dari air yang terikat secara kimia akan hilang pula. Kekuatan pasta semen pada temperatur 400°C hampir sama dengan kekuatan pada saat temperatur 300°C. Penurunan kekuatan yang tajam terjadi pada temperatur antara 400°C sampai 600°C. Diantara temperatur tersebut kandungan kalsium hidroksida pada pasta semen mengalami dehidrasi dan berubah menjadi kalsium oksida yang kekuatan menjadi rendah sekali atau bahkan tidak punya kekuatan sama sekali. Setelah didinginkan dari temperatur antara 400°C sampai 500°C retak-retak akan menjalar di permukaan pasta semen. Retak-retak juga disebabkan oleh pemuai volume kalsium oksida yang dihasilkan pada temperatur tinggi. Peristiwa dehidrasi yang dialami Kalsium Hidroksida dapat dijelaskan dengan persamaan reaksi kima berikut ini.



Perubahan kimia pasta semen pada temperatur tinggi juga disertai perubahan volume. Jika dipanaskan dari temperatur ruang sampai 100°C pasta semen akan mengembang, kemudian terjadi penyusutan sampai temperatur 500°C karena dehidrasi. Pada temperatur tinggi volume mengembang lagi tapi tidak sampai pada volume semula. Diatas temperatur 700°C, pasta semen akan rusak dan kekuatan akan hilang sama sekali, juga mengakibatkan ikatan pasta semen dengan agregat hilang. Kerusakan pasta semen akibat proses kimia pada temperatur tinggi ini disebabkan perubahan volume pasta semen selama pemanasan (Hansen, 1976).

2.3.2 Sifat Agregat Pada Temperatur Tinggi

Nekrassow mengemukakan bahwa reaksi agregat pada temperatur tinggi sangat tergantung pada struktur dan komposisi mineral. Pada temperatur tinggi kekuatan batuan sedimen tergantung kandungan air. Dalam keadaan basah kekuatan batuan sedimen lebih kecil dibanding dalam keadaan kering. Jika temperatur meningkat dengan mendadak pemuaihan batuan sedimen menjadikan beton retak, ini disebabkan adanya *flint*, yaitu partikel yang terkandung dalam batuan sedimen yang berisi sejumlah air pada pori-pori mikroskopis. Jika air ini menguap pada temperatur 300°C, timbul rongga-rongga yang berisi tekanan uap panas yang dapat mengakibatkan keretakan pada beton.

Jenis agregat batu kapur mempunyai daya tahan yang baik terhadap panas, karena tidak berubah komposisi maupun volumenya. Pada temperatur 650°C senyawa kimia adalah kalsium oksida dan karbon oksida.

Batuan alam dengan kandungan *feldspar* yang tinggi seperti basalt, andesit, diabase dan agregat buatan yang terbuat dari *slag* (lempung bakar) atau batuan keras yang lain adalah bahan yang sangat cocok untuk beton yang tahan panas. Bahan-bahan ini tidak akan menghasilkan kekuatan tahan panas yang tinggi bila tidak dicampur dengan semen yang bersifat tahan panas misalnya aluminat (Hansen, 1976).

2.3.3 Keretakan Beton Pada Temperatur Tinggi

Ada tiga sifat penting bahan-susun beton yang mempengaruhi perilaku beton bila dipanasi, yaitu koefisien muai panas, panas jenis dan daya hantar panas. Jika koefisien muai panas bahan susun beton makin besar, maka semakin besar pula koefisien muai panas beton. Aspek lain dari pengamatan masalah ini memberikan pengertian bahwa jika perbedaan koefisien muai panas antara pasta semen dan agregat terlalu besar, maka dapat menimbulkan keretakan pada beton. Tegangan intern pada agregat yang disebabkan perbedaan muai panas bisa menimbulkan keretakan pada pasta semen.

Pengaruh kenaikan temperatur pada peristiwa kebakaran sangat besar dan cukup serius pada beton yang tidak terlindung. Telah diketahui bahwa pada temperatur diatas 100°C, pasta semen mengalami susut karena peristiwa dehidrasi, sedangkan butiran agregat mengembang karena meneruskan muai panasnya. Peristiwa ini dapat merupakan penyebab terjadi keretakan pada beton.

Selain itu kemungkinan terjadi retak pada beton dapat pula disebabkan oleh kombinasi antara kenaikan tegangan dan tekanan uap panas dari dalam pada saat beton dipanasi dengan cepat seperti pada peristiwa kebakaran. Pada saat terjadi kebakaran, kenaikan temperatur sangat besar dan beton yang terbakar akan sulit mengeluarkan uap air dari semen gel yang terkandung di dalam, mengingat beton bersifat padat. Hal ini mengakibatkan terjadi tekanan udara panas di dalam yang akan membentuk rongga-rongga yang dapat menimbulkan keretakan pada beton.

Permukaan beton mudah hancur karena bagian ini mengalami kenaikan volume udara yang besar dan berlangsung cepat. Sebagian tegangan digunakan untuk perlawanan terhadap gerakan panas yang menembus lapis permukaan beton tersebut.

Pada saat terjadi kenaikan temperatur, gerakan panas pada beton merupakan hal yang sangat sulit diperkirakan. Hal ini tergantung pada sifat pasta semen maupun agregat yang digunakan. Pada kisaran temperatur tertentu, agregat mengembang karena memuai, sedang pasta semen menyusut karena dehidrasi (Hansen, 1976).

2.3.4 Pengaruh Temperatur Pada Kekuatan Beton

Hasil penelitian Neville menunjukkan bahwa kenaikan temperatur cenderung mengakibatkan penurunan kuat desak beton. Diduga ada sedikit kenaikan kuat desak pada temperatur 200°C sampai 300°C, tetapi kuat desak pada temperatur 400°C tidak lebih dari 80% kuat desak normal, dan kuat desak pada temperatur 700°C tidak lebih dari 30% kuat desak normal.

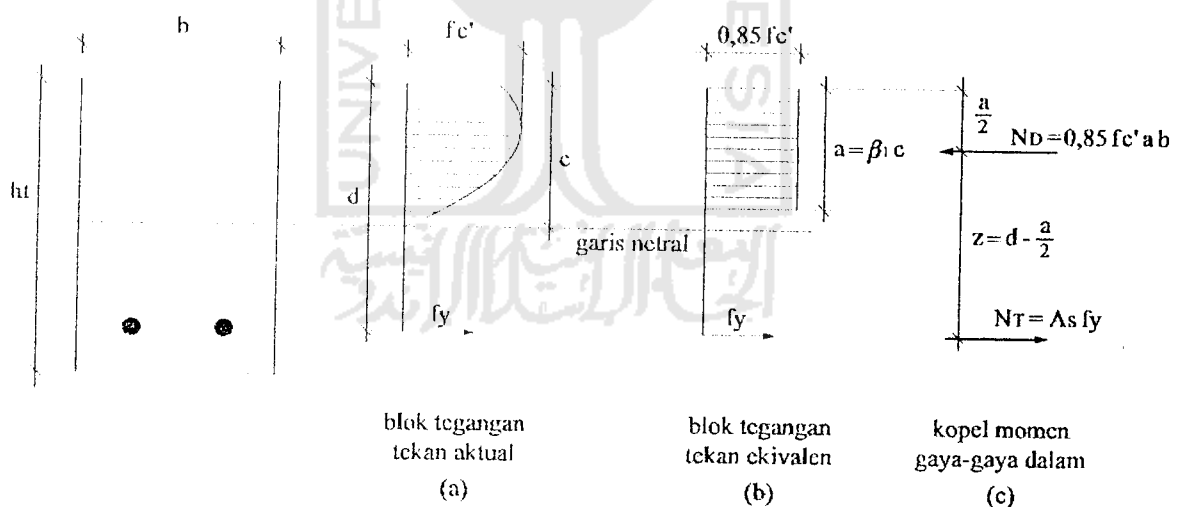
Kuat desak beton pada suhu 600°C mengalami penurunan tegangan desak rata-rata sebesar 9,5 % untuk setiap jam pembakaran. (N. Hamdi dan R. Bambang B., 1996)

Reaksi kimia dan reaksi fisika pada beton berlangsung selama pemanasan. Perubahan faktor air semen sedikit pengaruh terhadap kuat desak beton pada kenaikan temperatur. Meskipun demikian, penurunan kuat desak beton pada kenaikan temperatur akan berkurang jika kandungan semen dikurangi (Hansen, 1976).

Pada beton bertulang yang mengalami kenaikan temperatur, penurunan kuat desak yang terjadi pada beton akan mempengaruhi kuat lentur. Akan tetapi kekuatan desak ini bukanlah satu-satunya hal yang mempengaruhi kuat lentur suatu beton bertulang. Pengaruh lain adalah kuat tarik baja tulangan yang bersama-sama dengan kuat desak beton memikul beban lentur. Perbedaan sifat bahan dalam menerima temperatur tinggi dari beton dan baja tulangan mengakibatkan penurunan kuat lentur yang tidak begitu tajam. Perubahan elastisitas seketika seperti rayapan beton sangat dipengaruhi oleh kenaikan temperatur. Nilai modulus elastisitas yang merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan beton juga berubah. Penurunan modulus elastisitas ini adalah akibat dari kenaikan temperatur. Pengaruh pemanasan terhadap perubahan modulus elastisitas beton ini juga berlaku pada beton yang dirancang khusus tahan terhadap temperatur tinggi, misalnya adukan beton dengan penambahan puzzolan atau beton dengan semen aluminat. Nilai modulus elastisitas beton turun sekitar 25% dari kondisi normal jika dipanaskan sampai suhu 500°C dan turun 50% jika dipanaskan sampai suhu 800°C . Pengaruh ini harus diperhatikan dalam merencanakan suatu struktur (Hansen, 1976).

2.3.5 Kuat Lentur Balok Sebelum Pembakaran

Kuat lentur suatu balok beton tersedia karena berlangsung mekanisme tegangan-regangan dalam yang timbul di dalam balok yang pada keadaan tertentu dapat diwakili oleh gaya-gaya dalam. Seperti terlihat dalam gambar 2.1, N_D adalah resultante gaya tekan dalam, merupakan resultante seluruh gaya tekan pada daerah di atas garis netral. Sedangkan N_T adalah resultante gaya tarik dalam, merupakan jumlah seluruh gaya tarik yang diperhitungkan untuk daerah di bawah garis netral. Kedua gaya ini, arah garis kerja sejajar, sama besar, tetapi berlawanan arah dan dipisahkan dengan jarak z sehingga membentuk kopel momen tahan dalam dimana nilai maksimum disebut kuat lentur atau momen tahan penampang komponen struktur terlentur.



Gambar 2.1 Blok Tegangan Ekuivalen Whitney pada balok yang tidak dibakar.