

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Istimawan.D,1996).

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan yang bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15 % dari kuat tekannya (Istimawan.D,1996).

Salah satu kebaikan beton adalah termasuk bahan yang berkekuatan tinggi. Bila dibuat dengan cara yang baik, kuat tekannya akan sama dengan batuan alami (Kardiyono, 1996).

Bilamana suhu dari beton meningkat oleh sinar matahari maka akan terjadi penyusutan kering. Sesudah pemuaiian suhu awal, beton yang dipanasi cenderung untuk menyusut sampai pada tingkatan tertentu (L.J. Murdock.K.M.Brook, 1986).

2.2. Baja Tulangan

Tulangan merupakan material yang berkekuatan tinggi. Baja penguat atau baja tulangan memikul tarik maupun tekan, kekuatan lelehnya kurang lebih sepuluh kali dari kekuatan tekan struktur beton yang umum, atau seratus kali dari kekuatan tarik beton (Winter,1993).

Kekuatan tarik beton hanya 10% dari kekuatan tekan. Hampir semua konstruksi beton bertulang direncanakan dengan anggapan bahwa beton sama sekali tidak memikul gaya tarik. Tulanganlah yang direncanakan memikul gaya tarik tersebut. Tempat dimana terjadi tarikan mungkin akan terdapat retak-retak pada beton, akan tetapi retak-retak ini tidak mengurangi keamanan konstruksi yang dilengkapi pelekatan tulangan yang baik. Disamping itu baja yang terbungkus beton dapat mengurangi dan melindungi tulangan dari korosi (Mosley,1989).

Disisi lain kekuatan baja tulangan sangat dipengaruhi oleh temperatur. Pada temperatur 550°C baja akan mengalami penurunan tegangan leleh sebesar 50%. Namun demikian bila temperatur tersebut telah kembali normal tegangan leleh baja hampir pulih kembali (Priyosulistyo,1998).

2.3. Kekuatan/ Ketahanan Beton Terhadap Kebakaran

2.3.1. Pengaruh Temperatur Pada Kuat Desak Beton

Beton menunjukkan kenaikan kuat desak pada temperatur 200°C - 300°C, tetapi diatas 400°C kuat desak hanya mencapai 90% dari kuat desak normal dan maksimum 40% pada suhu 700°C (Neville, 1987). Oleh Mindess hal tersebut

dibuktikan bahwa kuat desak beton dapat dipertahankan sampai dengan 300°C, lebih dari itu kuat desak akan menurun.

Hal itu juga dikemukakan oleh Mark Fintel (1987), yaitu beton pada suhu tinggi akan mengalami penurunan tegangan sampai 40% dari kuat desak normal selama proses pemanasan.

Kuat desak juga dinyatakan Maholtra bahwa kuat desak beton setelah dipanaskan tergantung pada bahan dan metode penelitiannya, yaitu untuk beton ringan dengan kepadatan 2000 kg/m³ dan beton biasa dengan kepadatan 2400 kg/m³. Demikian juga Hakimei Faroq, dia membuktikan bahwa kuat tekan beton ringan (lempung bekah) setelah dipanaskan pada suhu 200°C lebih tinggi daripada kuat tekan pada suhu kamar (Hakimei Faroq, 1993).

Pengaruh panas yang tidak terlalu tinggi (sampai suhu 200°C) pada permukaan beton setelah mengeras (diatas umur 28 hari) akan menyebabkan penguapan air (dehidrasi) dan penetrasi kedalam rongga-rongga beton lebih dalam, sehingga memperbaiki sifat lekatan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Andang.W (1999), terhadap kuat tekan silinder beton berdiameter 100 mm, tinggi 200 mm yang dipanaskan didalam tungku, bahwa beton menunjukkan peningkatan sekitar 10-15% dibanding dengan beton normal pada suhu 200°C. Pengaruh panas lebih tinggi (500°C) sudah menyebabkan penurunan kuat tekan beton hingga 50% dari kuat tekan beton normal.

Carlos Castillo dan A.J.Durrani (1990), dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa pemanasan pada temperatur 100°C sampai 400°C akan menyebabkan kuat tekan beton berkurang 15 sampai 20 %. Pemanasan antara

suhu 400°C sampai 600°C akan menyebabkan kekuatan beton naik sekitar 8 sampai 13 %. Pemanasan diatas 600°C menyebabkan kekuatan beton akan turun kembali sekitar 30 %.

Penelitian Amat Qolyubi dan Dina Rahmani (1998) menyimpulkan bahwa akibat proses pembakaran terjadi penurunan kekuatan beton (f_c') dan kekuatan baja (f_y). Pembakaran pada suhu 400°C terjadi penurunan kuat tekan beton sebesar 23,22%, sedangkan pada suhu 600°C penurunan kuat tekan beton sebesar 31,66 %.

Menurut Hansen reaksi kimia dan fisika terjadi selama pemanasan, sifat beton tidak berubah bila dipanasi pada suhu yang konstan walaupun dalam waktu yang lama. Beton akan rusak bila dipanaskan berulang-ulang pada suhu 400°C.

2.3.2. Sifat Fisik Beton Pada Temperatur Tinggi

Neville mengemukakan tiga sifat dari bahan penyusun 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 semakin besar pula koefisien muai panas betonnya. 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 pasta semen.

Faktor seperti perbandingan air-semen. Kadar semen dan nilai kekentalan (*slump*) hampir tidak berpengaruh pada ketahanan terhadap kebakaran (Mark Fintel, 1987).

2.3.3. Sifat Pasta Semen Pada Temperatur Tinggi

Jika pasta semen dipanaskan dari suhu ruangan samapai 300°C , maka kekuatan akan naik sedikit karena air bebas hilang (*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 400°C hampir sama dengan kekuatan pasta semen pada temperatur 300°C. Penurunan kekuatan yang tajam terjadi antara 400°C sampai dengan 600°C. Diantara temperatur tersebut kandungan kalsium hidroksida pada pasta semen mengalami dehidrasi dan berubah menjadi oksida yang mempunyai kekuatan rendah sekali atau bahkan tidak mempunyai kekuatan sama sekali. Setelah didinginkan dari temperatur antara 500°C sampai dengan 400°C retak-retak akan menjalar dipermukaan pasta semen. Retak-retak juga disebabkan oleh pemuai volume kalsium oksida yang dihasilkan pada temperatur tinggi.

Perubahan kimia pasta semen pada temperatur tinggi juga disertai perubahan volume. Jika dipanaskan suhu 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).

2.3.4. Sifat Agregat Pada Temperatur Tinggi

Ketahanan beton dipengaruhi jumlah mortar dalam beton, beton dengan ukuran agregat maksimum yang lebih kecil, lebih tahan terhadap kebakaran dari pada beton dengan agregat yang lebih besar (Mark Fintel,1987).

Nekrassow menyebutkan bahwa reaksi agregat pada temperatur tinggi sangat bergantung pada struktur dan komposisi saat basah lebih kecil di banding saat kering. Jika temperatur meningkat dengan mendadak pemuaian batuan sedimen menjadikan beton retak, ini disebabkan adanya *flint*, yaitu partikel yang terkandung dalam batuan sedimen yang berisi sejumlah air pada pori-pori mikroskopisnya. Jika air ini menguap pada temperatur 300°C, timbul rongga-rongga yang berisi tekanan uap panas yang dapat mengakibatkan keretakan pada beton.

Batuan alam dengan kandungan *feldspar* yang tinggi seperti *basalt*, *andesit*, *diabase* dan agregat buatan yang terbuat dari lempung bakar (*slag*) 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 di campur dengan semen yang bersifat tahan panas misalnya semen aluminat (Hansen,1976).

2.4. Hubungan Temperatur Dengan Modulus Elastis Beton

Pada suhu tinggi terjadi penurunan tegangan leleh baja tulangan yang disertai lendutan pada balok. Pada suhu normal tegangan leleh balok kembali seperti semula tetapi lendutan yang terjadi tidak kembali lagi. Lendutan balok

juga diakibatkan oleh pembebanan dan degradasi material (beton dan baja tulangan) (Studium General UGM. 1999).

Kenaikan suhu mempengaruhi penurunan modulus elastis pada beton. Perbaikan terhadap nilai kekakuan (EI) meningkatkan kekuatan mutu bahan yang juga berpengaruh terhadap kuat lentur balok.

2.5. Kapasitas Momen Retak

Pada suatu penampang retak, yaitu suatu penampang yang terletak pada terjadinya retak, beton tidak menyalurkan tegangan-tegangan tarik, dengan demikian seperti juga pada batang-batang tarik maka tulanganlah yang harus memikul semua tegangan tarik yang terjadi.

Kekuatan tarik beton akan tercapai jika beban terus bertambah, pada tingkatan ini mulai terjadi retak-retak akibat tarik. Retak-retak ini akan menjalar cepat keatas dan bergeser mengikuti retak-retak sebelumnya.

Berdasarkan anggapan bahwa jumlah baja tertentu akan memberikan keadaan hancur yang tertentu pula (Istimawan D,1996), maka pemakaian jumlah tulangan yang relatif sedikit pada suatu pembebanan tertentu, tulangan akan mencapai tegangan leleh. Pada besar tegangan tersebut tulangan akan meleleh secara tiba-tiba dan akan mengalami deformasi yang besar, dan retak-retak akibat tarik pada beton akan melebar keatas, diikuti dengan terjadinya lentur yang besar pada balok. Jika hal ini terjadi, regangan pada daerah tekan bertambah sedemikian rupa sehingga dapat menghancurkan beton.

Tegangan leleh dan besarnya lendutan berlangsung secara berangsur-angsur dan didahului dengan tanda-tanda yang cukup jelas, seperti melebar dan memanjangnya retak pada balok.

Sebaliknya jika digunakan jumlah tulangan banyak atau jumlah tulangan yang normal dari tulangan yang mempunyai kekuatan tinggi, maka kekuatan beton akan dicapai sebelum tulangan mulai meleleh. Regangan beton menjadi sangat besar sehingga dapat merusak keutuhan beton (Winter, 1993).

2.6. Kekuatan Beton

Beton dapat mempunyai kuat tekan yang tinggi, tetapi kuat tariknya sangat rendah. Kardiyono (1996) menyebutkan bahwa kuat desak beton dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya faktor air semen (f.a.s) dan kepadatan, umur beton, jumlah semen dan sifat agregat.

2.7. Umur Beton

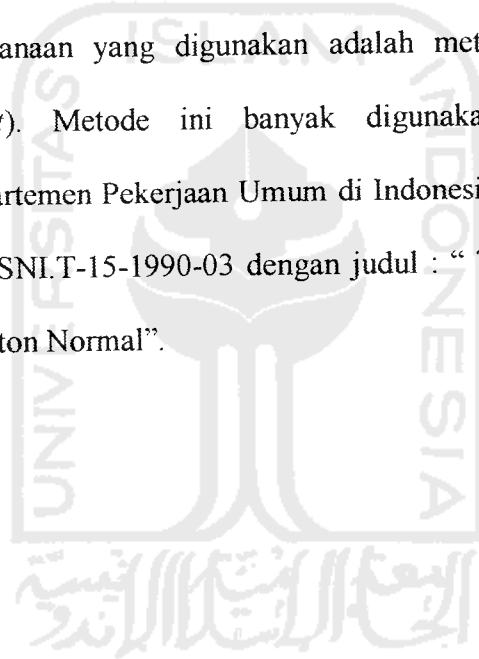
Kuat desak beton berbanding lurus terhadap umur beton. Faktor air semen berpengaruh pada kecepatan meningkatnya nilai kuat desak. Bertambahnya nilai f.a.s akan memperlambat kenaikan kuat desak beton dan sebaliknya semakin rendah f.a.s semakin cepat kenaikan kuat desaknya.

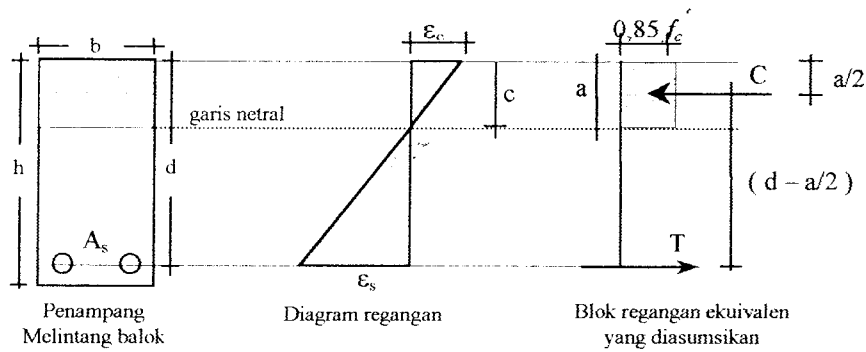
2.8. Perancangan Campuran Beton

Tujuan dari perancangan beton ialah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus dan kasar serta air dipenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut:

1. Kekuatan desak yang memenuhi syarat seperti yang ditentukan oleh perencanaan konstruksi,
2. Kelecekan (*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*) dari permukaan beton yang baik.

Metode perencanaan yang digunakan adalah metode ACI (*American Concrete Invironment*). Metode ini banyak digunakan sebagai standart perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia, dan di muat dalam buku standart No. SK.SNI.T-15-1990-03 dengan judul : “ Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”.





Gambar 3.1 Distribusi tegangan dan regangan pada penampang balok

Agar keseimbangan gaya horisontal terpenuhi, gaya tekan C pada beton dan gaya tarik T pada tulangan harus seimbang, sehingga :

$$C = T \dots\dots\dots(3.1)$$

3.2. Momen Kapasitas

Mengacu pada blok tegangan Whitney yang mempunyai tinggi a , tegangan rata-rata sebesar $0,85 f_c'$ ditentukan berdasarkan hasil percobaan pada beton yang berumur 28 hari. Dengan asumsi luas blok tegangan segi empat ekuivalen dianggap sama dengan luas blok tegangan yang berbentuk parabola, diperoleh :

$$C = 0,85 f_c' b a \dots\dots\dots(3.2)$$

$$T = A_s f_y \dots\dots\dots(3.3)$$

Jadi persamaan keseimbangan dapat ditulis

$$0,85 f_c' b a = A_s f_y \dots\dots\dots(3.4)$$

atau:

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} \dots\dots\dots(3.5)$$

balok dianggap bertulangan tunggal dengan mengabaikan adanya tulangan tekan dengan alasan tidak begitu mempengaruhi desain praktis, sehingga momen nominal untuk tulangan tunggal Mn dapat ditulis sebagai :

$$Mn = (A_s f_y) jd \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana jd adalah lengan momen, yaitu jarak antara gaya tarik dan tekan yang membentuk kopel. Dengan menggunakan blok tegangan segi empat ekuivalen dari Gambar 3.1, maka lengannya adalah :

$$jd = d - \frac{a}{2} \dots \dots \dots (3.7)$$

jadi momen tahanan nominalnya adalah :

$$Mn = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots \dots \dots (3.8)$$

karena $C = T$, maka persamaan momen dapat ditulis :

$$Mn = 0,85 f_c' b a \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots \dots \dots (3.9)$$

cek tulangan leleh dengan

$$\varepsilon_s' \geq \varepsilon_y \dots \dots \dots (3.10)$$

dimana :

$$\varepsilon_s' = 0,003 \left(1 - \frac{d}{c} \right) \dots \dots \dots (3.11)$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} \dots \dots \dots (3.12)$$

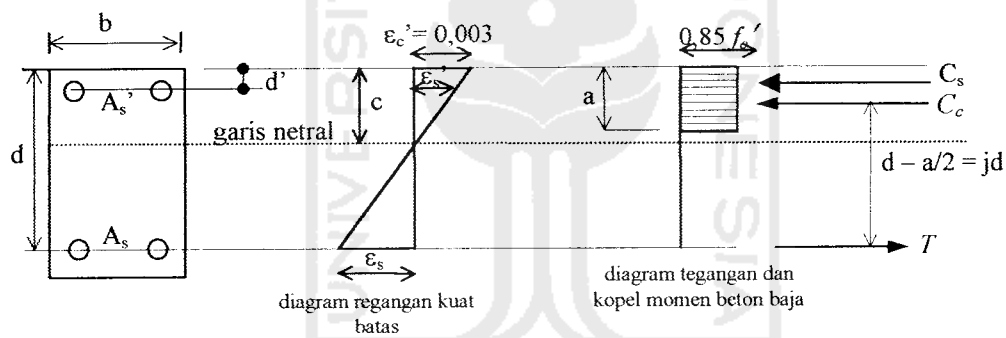
$$c = \frac{a}{0,85} \dots \dots \dots (3.13)$$

jika tulangan tekan belum leleh $\epsilon_s' < \epsilon_y$ maka digunakan balok dengan tulangan rangkap, sehingga tinggi blok tegangan tekan ekuivalen a dari Gambar 3.2 dihitung dengan rumus :

$$a = \frac{(A_s - A_s') f_y}{0,85 f_c' b} \dots\dots\dots(3.14)$$

dari rumus diatas diperoleh kekuatan momen nominal untuk tulangan rangkap menjadi :

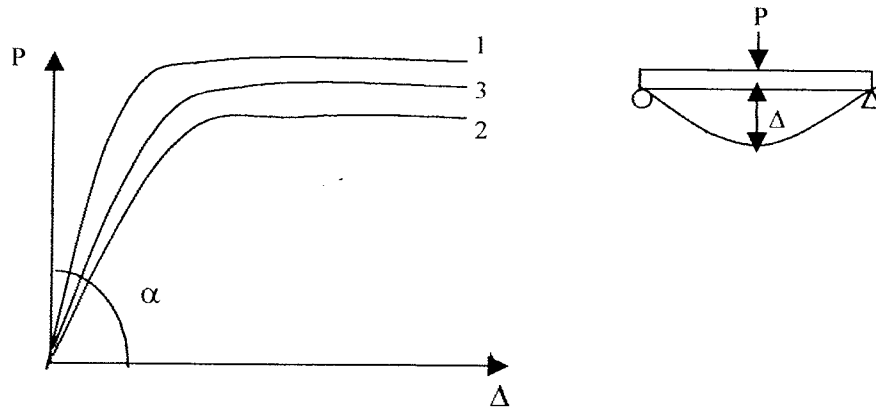
$$Mn = (A_s - A_s') f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' f_y (d - d') \dots\dots\dots(3.15)$$



Gambar 3.2 Blok Tegangan Ekuivalen Withney Tulangan Rangkap

3.3. Hubungan Beban Dan Lendutan

Hubungan beban (P) dengan defleksi (Δ) diperoleh dari hasil uji pembebanan (*loading test*). Sesuai yang dilakukan Fatkhurrohman (1999) pemberian beban pada balok akan mengakibatkan penurunan (defleksi), seperti gambar berikut :



Gambar 3.3 Hubungan antara (P) dan (Δ)

1. Balok tanpa pembakaran yang telah dibebani akan mengalami defleksi (Δ) pada P_{maks} .
2. Balok pasca bakar tanpa perbaikan setelah dibebani akan terjadi defleksi (Δ) dan penurunan kekuatan (P).
3. Balok pasca bakar dengan perbaikan, setelah diuji akan mengalami defleksi (Δ) dan peningkatan kekuatan (P).

Dari hubungan antara kekuatan (P) dan defleksi (Δ) Gambar 3.3, didapat kekakuan balok (k), sebagai berikut :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{\Delta} \dots \dots \dots (3.16)$$

$$k = \operatorname{tg} \alpha \dots \dots \dots (3.17)$$

$$k = \frac{P}{\Delta} \dots \dots \dots (3.18)$$