BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Sampai saat ini beton merupakan salah satu elemen dari bangunan yang sangat penting. Hal ini terbukti digunakannya beton secara luas sebagai bahan bangunan. Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air, dan agregat, serta kadang-kadang untuk keperluan tertentu ditambahkan bahan tambah atau additif. Campuran tersebut bila di tuang dalam suatu cetakan akan mengeras seperti batuan. Hal ini terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara air dan semen, dan itu berjalan dalam waktu yang panjang, akibatnya campuran itu akan semakin mengeras setara dengan umurnya. Beton yang sudah keras dapat dianggap sebagai batu tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar, kerikil atau batu pecah) diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus, pasir), dan pori-pori antara agregat halus ini diisi oleh air dan semen (pasta semen). Pasta semen ini selain mengisi pori-pori di antara butiran-butiran agregat halus, juga berfungsi sebagai perekat/pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terekat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang kompak/padat (Kardiono, 1998).

3.2 Bahan-bahan Dasar Pembentuk Beton

3.2.1 Semen Portland

Semen Portland dibuat dari serbuk halus *mineral kristalin* yang kompisisi utamanya adalah kalsium dan *aluminium silikat*. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Berat jenisnya berkisar antara 3,12 dan 3,16, dan berat volume satu zak semen adalah 94 lb/ft^3 ($\pm$ 1505 kg/m^3).

Bahan baku pembentuk semen adalah:

1. Kapur (CaO) – dari betu kapur,
2. Silika (SiO_2) – dari lempung,
3. Alumina (Al_2O_3) – dari lempung.

(dengan sedikit persentase magnesia, MgO, dan terkadang sedikit alkali). Oksida besi terkadang ditambahkan untuk mengontrol komposisinya (Nawy, 1990).

Kekuatan semen merupakan hasil dari proses hidrasi. Proses kimia ini berupa rekristalisasi dalam bentuk *interlocking-cystals* sehingga membentuk gel semen yang akan mempunyai kekuatan tekan tinggi apabila mengeras. Kekuatan awal semen portland semakin tinggi apabila semakin banyak persentase C_3S. Jika perawatan kelembaban terus berlangsung, kekuatan akhirnya akan besar apabila persentase C_2S semakin besar. C_3A mempunyai konstribusi terhadap kekuatan selama beberapa hari sesudah pengecoran beton karena bahan ini yang paling dahulu mengalami hidrasi (Nawy, 1990).

Jika semen portland dicampur dengan air, maka komponen kapur dilepaskan dari senyawanya. Banyaknya kapur yang dilepaskan ini sekitar 20% dari berat semen. Kondisi terburuknya ialah mungkin terjadi pemisahan struktur yang disebabkan oleh lepasnya kapur dari semen. Situasi ini bisa dicegah dengan menambahkan pada semen suatu mineral silika seperti pozolan. Mineral yang ditambahkan ini bereaksi dengan kapur bila ada uap air membentuk bahan yang kuat, yaitu kalsium silikat (Nawy, 1990).

Tabel 3.1 Sifat-sifat Semen

Komponen	Kelajuan reaksi	Pelepasan panas	Besar penyemenan batas
Trikalsium silikat (C_3S)	Sedang	Sedang	Baik
Dikalsium silikat (C_2S)	Lambat	Kecil	Baik
Trikalsium Alumianat (C_3A)	Cepat	Besar	Buruk
Tetrakalsium akuminoferrat (C_4AF)	Lambat	Kecil	Buruk

Sumber: Nawy (1990)

3.2.2 Agregat

Agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen. Agregat yang umum dipakai adalah pasir, kerikil dan batu-batu pecah. Seperti yang dijelaskan oleh Gideon Kusuma, dkk (1997), pemilihan agregat tergantung dari:

a. Syarat-syarat yang ditentukan beton
b. Persediaan lokasi pembuatan beton
c. Perbandingan yang telah ditentukan antara biaya dan mutu

Ada dua jenis agregat menurut Nawy (1990), yaitu:

1. agregat kasar (kerikil, batu pecah, atau pecahan-pecahan dari blast-*furnace*), dan
2. agregat halus (pasir alami dan buatan).

1. Agregat Kasar

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi ¼ in (6mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap ikatan beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen.

2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan metrial pengisi beton yang berupa pasir. Ukurannya bervariasi antara ukuran No. 4 (4,75mm) dan No.100 (150μm) saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No. 100, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton.

3.2.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk *melumas* campuran agar mudah pengerjaannya. Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya, yang tercemar garam,

minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatannya dan dapat juga mengubah sifat-sifat semen (Nawy, 1990).

Oleh karena karakter pasta semen merupakan hasil reaksi kimiawi antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total (semen + agregat halus + agregat kasar) material yang menentukan, melainkan hanya perbandingan antara air dan semen. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sebagai akibatnya beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya. Oleh karena *faktor air-semen* merupakan ukuran kekuatan beton, maka faktor ini harus merupakan kriteria yang utama dalam desain struktur beton pada umumnya. Biasanya dinyatakan dalam perbandingan berat air terhadap berat semen dalam campuran (Nawy, 1990).

3.2.4 Bahan Tambah (*superplasticizer*)

Bahan campuran tambahan (admixtures) adalah bahan yang bukan air, agregat maupun semen, yang ditambahkan ke dalam campuran sesaat atau selama pencampuran. Fungsi bahan ini adalah mengubah sifat-sifat beton agar "menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau ekonomis, atau untuk tujuan lain seperti menghemat energi". Jenis bahan tambahan yang paling utama seperti dijelaskan dalam *"Beton Bertulang suatu Pendekatan Dasar", oleh Edward G. Nawy, diterjemahkan Bambang S., 1990*, diringkas sebagai berikut:

1. Bahan Tambahan Pemercepat (accelerating admixtures)

2. Bahan Tambahan untuk *air-entraining* (air-entraining admixtures)

3. Bahan Tambahan pengurang air dan pengontrol pengeringan

4. Bahan Tambahan penghalus gradasi (finely divided mineral admixtures)

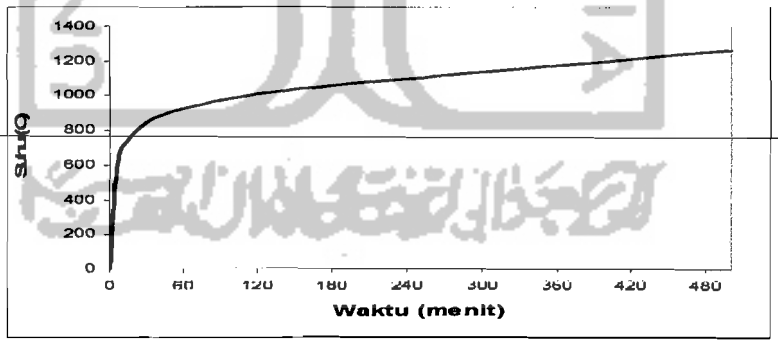
5. Bahan Tambahan untuk mengurangi/menghapus slump

6. Polimer

7. *Superplasticizer*

3.3 Uji Ketahanan Api (Fire-Resitance Test)

Selama uji ketahanan api, benda uji dibakar di dalam tungku dengan kenaikan suhu pembakaran yang mengikuti kurva standar hubungan temperatur-waktu. Kurva standar yang digunakan adalah dari ASTM 152-81a,1992, seperti yang terlihat pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Kurva Standar temperatur-waktu untuk uji ketahan api Elemen-elemen struktur (ASTM 152-81a)

Dari gambar di atas dapat diartikan bahwa temperatur naik drastis hingga suhu ± 600°C dalam waktu singkat, yaitu 5 (lima) menit. Dengan kata lain, kenaikan suhu mencapai ±120°C per menit. Kemudian pada waktu 30 menit, suhu berada pada angka ±800°C. Berarti setelah 25 menit, suhu hanya naik ±200°C. Hal ini menunjukkan bahwa kurva sudah mulai landai. Hingga pada waktu setelah satu jam, kenaikan temperatur hanya berkisar ±80°C per jam.

3.4 Pengaruh Kenaikan Temperatur terhadap Beton

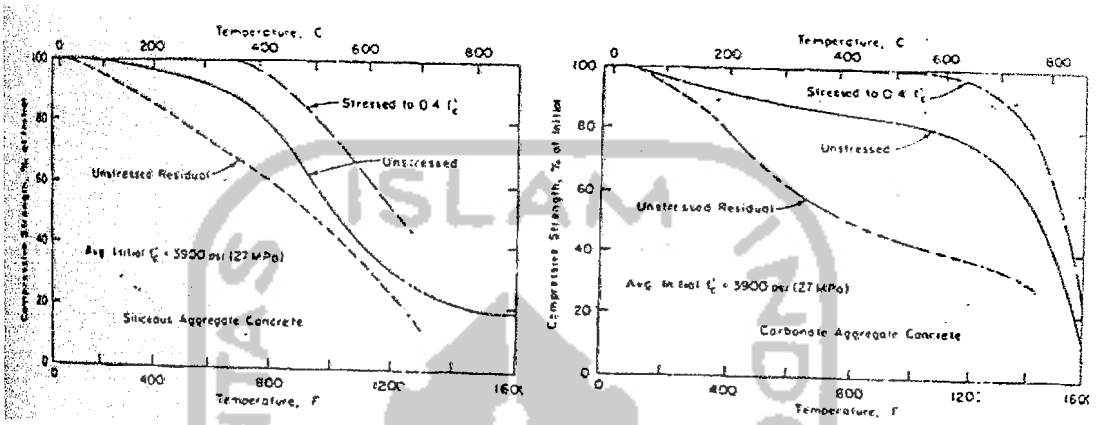
Menurut Mindess, kuat tekan beton pada umumnya masih dapat dipertahankan pada suhu sampai dengan 300°C, di atas suhu tersebut kuat tekan beton akan turun.

Warna yang terjadi selama pemanasan tidak akan berubah sampai dengan suhu normal. Perubahan mulai terjadi pada temperatur 300°C, yaitu menjadi merah sampai pada suhu 600°C. Pada suhu 600°C warna menjadi abu-abu sampai dengan suhu 1000°C. Jenis agregat yang diteliti adalah batu kapur dan batu silika *(Mindess, 1981)*.

Neville (1975) pada dasarnya mengemukakan hal yang sama dengan Mindess, hanya perubahan warna kekuning-kuningan menurut Neville mulai terjadi pada temperatur 900°C.

Zoldner Hansen (1976) mengemukakan pengaruh pemanasan pada kuat tekan beton ringan dengan beberapa jenis agregat. Kenaikan kuat tekan beton terjadi pada suhu 200°C - 300°C tetapi kuat tekan beton akan turun hingga menjadi kurang dari 80% pada suhu 400°C dan pada suhu 700°C kuat tekan beton tidak lebih dari 30%. Namun Hansen tidak menyebutkan perubahan warna.

Pengaruh temperatur tinggi terhadap kuat tekan beton juga dijelaskan dalam pengujian yang dilakukan oleh Abrams (1971) yang dimuat dalam ACI Committee/216R (2000). Lihat gambar 3.2 berikut:



(a) (b)

Gambar 3.2 Kuat tekan beton beragregat siliceous (a) dan beragregat carbonate (b) akibat temperatur tinggi
Sumber: Abrams (1971)

Gambar 3.2 menunjukkan penelitian yang dilakukan oleh Abrams (1971). Pada gambar (a) dan (b), istilah *unstressed* menunjukkan keadaan benda uji yang dipanaskan tanpa pemberian beban dan diuji dalam keadaan panas.*Stressed to 0,4 fc'* menunjukkan benda uji dengan pemberian tegangan sebesar 0,4 fc' selama pemanasan dan diuji dalam keadaan panas.*Unstressed residual* menunjukkan kekuatan benda uji yang dipanaskan tanpa pemberian beban, kemudian didinginkan dalam temperatur kamar dengan kelembaban udara relatif (75 %) selama 6 hari kemudian diuji tekan. Dari gambar tesebut juga dapat dilihat bahwa

kekuatan *stressed* lebih tinggi dari *unstressed*, serta *unstressed residual* mempunyai kekuatan yang paling kecil. Juga ketahanan beton beragregat Carbonate terhadap pengaruh kenaikan temperatur tinggi lebih baik dibandingkan beton beragregat siliceous.

Untuk beton beregregat Siliceous terjadi penurunan kekuatan yang tajam pada temperatur 300-400°C dan beton beragregat Carbonate terjadi pada temperatur 600°C kecuali untuk benda uji *unstressed residual*, terjadi penurunan kekuatan sejalan dengan kenaikan temperatur.

Kenaikan temperatur berpengaruh pada kuat desak beton dengan agregat *carbonate* dan *silliceous*. Hal ini dipengaruhi oleh banyak faktor. Penelitian menunjukkan bahwa metode pengujian yaitu kecepatan pemanasan dan lamanya pemanasan, kondisi benda uji yang dibebani atau yang tidak dibebani selama pemanasan, benda uji yang langsung diuji dalam keadaan panas atau didinginkan secara alamiah dalam temperatur ruang sebelum pengujian, serta jenis agregat mempunyai pengaruh besar terhadap kekuatan beton akibat temperatur tinggi.

3.5 Ketentuan Pembuatan Benda Uji menurut SK SNI M-14-1989-F (1989)

Ketentuan menurut SK SNI M-14-1989-F (1989), yang merupakan penyempurnaan dari ketentuan pada PBI (1971). Ketentuan menurut SK SNI M-14-1989-F yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini antara lain:

1. Benda uji standar berupa silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Benda uji selain silinder sebagai alternative yang memberikan kuat tekan yang berbeda, dibutuhkan faktor konversi seperti pada tabel 3.4 berikut ini:

Tabel 3.2 Angka konversi benda uji beton

Benda Uji	Faktor Konversi
Silinder 150 x 300 mm	1,00
Kubus 150 x 150 mm	0,80
Kubus 200 x 200 mm	.0,83

Sumber : SK SNI M-14-1989-F, (1989)

2. Hasil pemeriksaan diambil nilai rata-rata dari minimal 2 buah benda uji.

3.6 Perawatan Beton

Sejak campuran beton yang diletakkan dalam cetakan hingga beton dinyatakan keras dan kuat, harus dilakukan perawatan. Pekerjaan merawat dan menjaga agar permukaannya selalu basah merupakan pekerjaan perawatan. Perawatan beton yang perlu dilakukan adalah menjaga kelembaban beton agar terus-menerus dalam keadaan basah selama beberapa hari dan mencegah penguapan dan penyusutan awal. Perawatan yang teratur dan terjaga akan memperbaiki kualitas beton itu sendiri, yaitu membuat beton tahan terhadap agresi kimia. Berikut dijelaskan macam-macam jenis perawatan beton pada proses pengerasan di laboratorium (Triono, 2001) , yaitu:

1. Menaruh Beton Segar di dalam Ruangan Lembap

Benda uji yang telah dibuat dalam cetakan silinder, setelah 18 jam dibuka, dan tidak boleh lebih dari 24 jam sejak dicetak. Setelah dibersihkan kemudian dipindahkan kedalam ruangan yang lembap agar terhindar dari panas matahari langsung, sekurang-kurangnya mempunyai kelembapan relatif 90%.

2. Menaruh Beton Segar di dalam Air

Setelah dikeluarkan dari cetakannya, benda uji ditanggelamkan dalam suatu bak atau tangki air yang diperkirakan suhunya 20° C ± 1° C. Beton yang dijadikan benda uji disimpan dalam air sampai pengujian kuat desak akan berlangsung.

3. Menaruh Beton Segar di atas Genangan Air

Untuk mengurangi penguapan air di dalam beton, setelah dikeluarkan dari cetakannya diletakkan di atas genangan air. Selama beton belum keras atau kering yaitu sebelum beton berumur satu minggu, beton tidak boleh menerima muatan atau beban.

Adapun sifat-sifat beton yang harus diketahui (Triono, 2001) sebagai berikut:

1. Segresi

Segresi adalah pemisahan berbagai bahan utama (butir-butir) kerikil dari campuran beton disebabkan oleh ukuran partikel berasal dan berat jenis yang berbeda. Kerikil adalah bahan yang lebih besar dari campuran yang lain dan lenih berat, maka cenderung mengendap terlebih dahulu dan mengumpul dalam satu titik atau barisan. Keadaan segresi ini makin hebat pada campuran yang kurang

semen, terlau banyak air, semakin besar dan kasar butiran kerikilnya, pengelolaan adukan yang kurang baik, gradasi agregat yang jelek.

Pencegahan yang dapat dilakukan adalah penggunaan air seminimal mungkin, penuangan adukan beton dilakukan pada jarak yang dekat dan pasangan pemadatan dan pengangkutannya dilakukan dengan cara-cara yang terbaik.

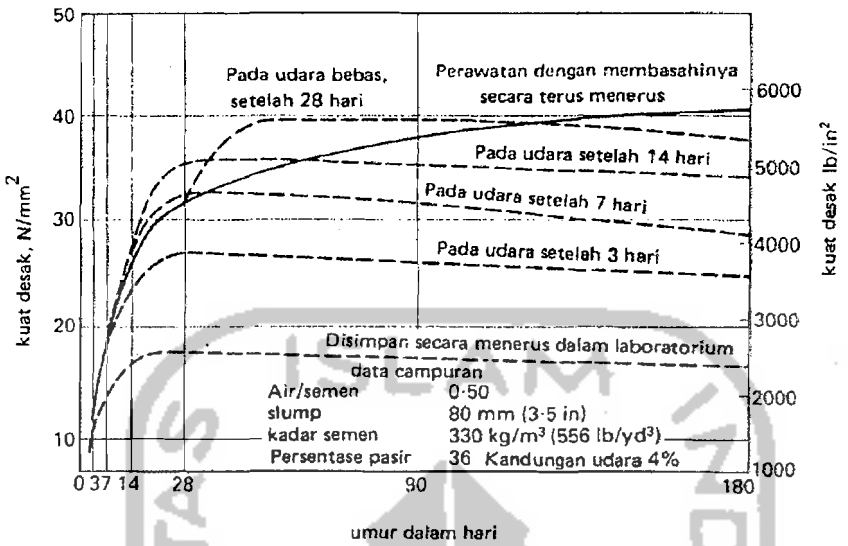
2. Bleeding

Bleeding adalah pemisahan air dari campuran adukan beton ditandai dengan naiknya air di permukaan beton segar. Air yang naik ke permukaan adukan beton juga membawa campuran lain diantaranya semen dan butir pasir halus sehingga akan tertumpuk di permukaan. Akibatnya di lapisan bawah kekurangan air dan tidak dapat mengikat dengan baik. Untuk menghindari terjadinya *bleeding* dapat ditanggulangi dengan penggunaan semen yang lebih banyak, penggunaan air seminimal mungkin atau sesuai perencanaan yang relatif kuat dan penggunaan pasir yang diperbanyak.

3. Kemudahan untuk Dikerjakan *(Workability)*

Ukuran kemudahan adalah kemudahan untuk dipadatkan dan dapat mengisi rongga udara, kemudahan dialirkan dalam cetakan dan dituangkan, kemudahan selama dikerjakan dan digetarkan tidak terjadi pemisahan air dari bahan-bahan lainnya. Proporsi campuran, kadar air, gradasi, bentuk tekstur agregat berhubungan dengan kemudahan pengerjaan.

Berikut juga disajikan grafik hubungan umur beton terhadap kuat desak yang dihasilkan. Lihat Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Kuat Desak Beton yang dikeringkan dalam udara di laboratorium setelah perawatan.
Sumber: Murdock dan Brook (1999)

3.7 Perencanaan Campuran Beton

Dalam penelitian kali ini kami menggunakan metode *"The British Mix Design Method"* atau lebih dikenal di Indonesia dengan cara DOE *(Department of Environment)*. Adapun perhitungan kebutuhan-kebutuhan material untuk penelitian ini disajikan pada bab selanjutnya.

3.8 Pengadukan Beton

Untuk mencapai mutu beton yang baik maka bahan-bahan penyusun beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus yang kemudian diikat dengan semen

lalu berinteraksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan di aduk dengan benar dan rata. Pengadukan beton dapat dilakukan dengan cara:

a. Tangan, dilakukan bila jumlah beton yang dibuat sedikit, dan tidak di inginkan suara berisik yang ditimbulkan oleh mesin.
b. Mesin, dilakukan bila jumlah beton yang dibuat dalam jumlah yang banyak. Lamanya waktu pengadukan tergantung pada kapasitas isi mesin pengaduk, jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan susun, dan slump beton, pada umumnya tidak kurang dari 1,5 menit semenjak dimulainya pengadukan, dan hasil adukannya menunjukkan susunan dan warna yang merata.