

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Tinjauan Umum**

Beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat tekan tinggi, kuat tarik tinggi, kuat lekat tinggi, rapat air, tahan ausan, tahan cuaca (panas-dingin, sinar matahari, hujan), tahan terhadap zat-zat kimia (terutama sulfat), susutan pengerasannya kecil dan elastisitasnya (modulus elastis) tinggi (Tjokrodimuljo, 1996).

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah (Nawi, dalam Suryoatmono, 1990) :

1. kualitas semen,
2. proporsi semen terhadap campuran,
3. kekuatan dan kebersihan agregat,
4. interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat,
5. pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton,
6. penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton,
7. perawatan beton.

Sifat paling penting dari beton pada umumnya adalah kekuatannya. Kekuatan beton tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu (Tjokrodimuljo, 1996) :

1. Faktor air semen (fas) dan kepadatan

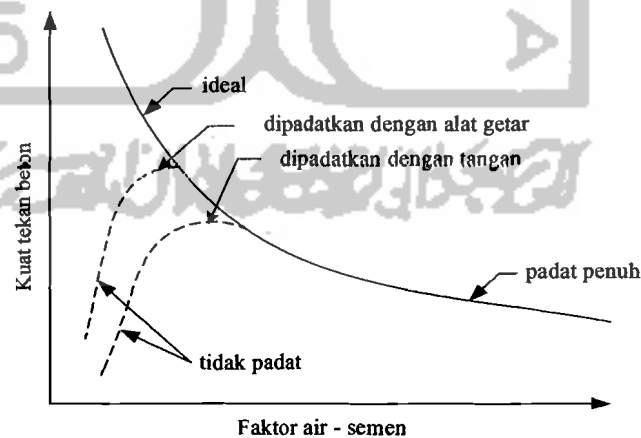
Faktor air semen (fas) ialah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai pada waktu proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 25 persen dari berat semennya. Jumlah air yang berlebihan akan mengakibatkan pasta semen berpori lebih banyak, sehingga hasilnya kurang kuat dan juga lebih porous (berpori) (Tjokrodimuljo, 1996).

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams pada tahun 1919 yaitu :

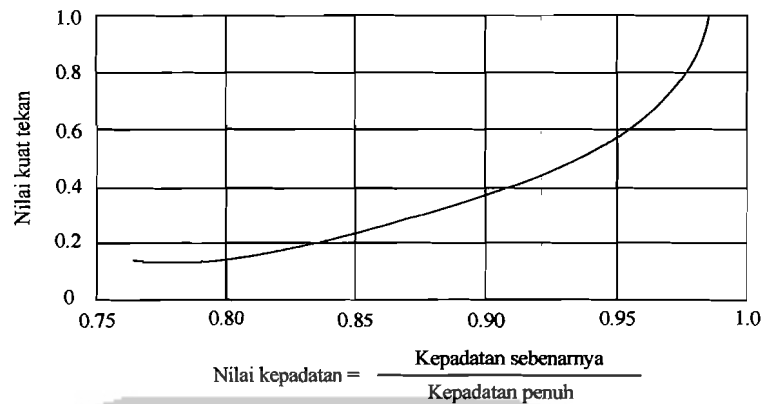
$$f'_c = \frac{A}{B^{1,5x}} \dots\dots\dots (3.1)$$

dimana :  $f'_c$  = kuat tekan  
 $x$  = faktor air semen  
 $A, B$  = Konstanta

Rumus di atas menunjukkan bahwa semakin rendah nilai faktor air semen semakin tinggi kuat tekan betonnya, namun pada suatu nilai faktor air semen tertentu, semakin rendah nilai faktor air semen, kuat tekan beton semakin rendah pula, seperti yang ditunjukkan Gambar 3.1. Kepadatan adukan beton sangat mempengaruhi kuat tekan betonnya setelah mengeras. Adanya pori-pori udara yang terjebak akan mengurangi kuat tekan beton, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Adanya pori udara sebanyak 5% dapat mengurangi kuat tekan sampai 35%, dan pori udara sebanyak 10% dapat mengurangi kuat tekan betonnya sampai 60% (Tjokrodinuljo, 1996).



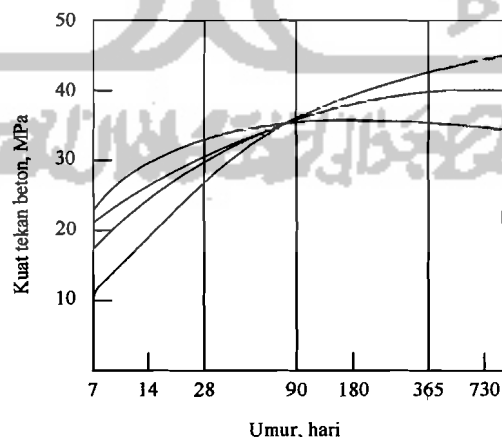
Gambar 3.1. Hubungan antara f.a.s. dengan kuat tekan beton (Neville & Brooks, 1987, dalam Tjokrodinuljo, 1996)



Gambar 3.2. Hubungan antara kepadatan dengan kuat tekan beton (Gambhir, 1986, dalam Tjokrodimuljo, 1996)

## 2. Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah seiring dengan bertambahnya umur beton, yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. Kecepatan bertambahnya kuat tekan beton ini dipengaruhi juga oleh faktor air semen (*fas*). Semakin tinggi nilai faktor air semen kenaikan kuat tekan beton akan semakin lambat dan sebaliknya semakin rendah nilai faktor air semen kenaikan kuat tekan betonnya akan semakin cepat.



Gambar 3.3. Hubungan umur beton dengan kuat tekan beton pada berbagai jenis semen (Tjokrodimuljo, 1996)

### 3. Jenis semen

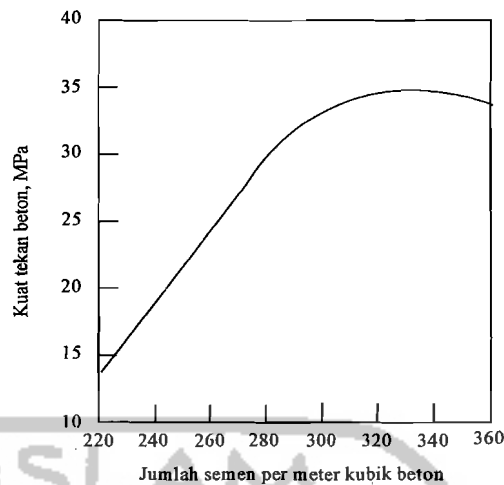
Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland di Indonesia (SII 0013-81) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

- a. jenis I, semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus yang disyaratkan pada jenis-jenis lain,
- b. jenis II, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang,
- c. jenis III, semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi,
- d. jenis IV, semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah,
- e. jenis V, semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

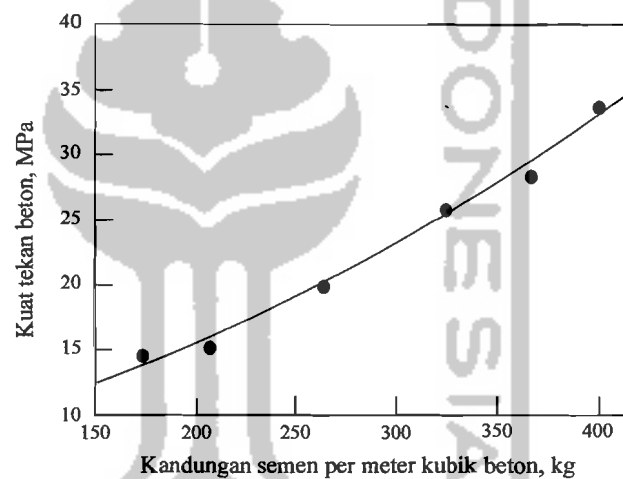
### 4. Jumlah semen

Semen Portland dan air setelah bertemu akan bereaksi. Butir-butir semen Portland bereaksi dengan air menjadi gel yang dalam beberapa hari menjadi keras dan saling melekat. Dalam penelitian ini, campuran semen dilakukan dengan penambahan *alcasit* sebagai bahan tambah dengan volume perbandingan tertentu.

Pengaruh jumlah semen pada kuat tekan beton didasarkan pada dua hal, yaitu faktor air semen (*fas*) dan nilai *slump*. Jika faktor air semen sama, maka nilai *slump* berubah beton dengan kecenderungan semen tertentu akan mempunyai kuat tekan yang tinggi, sebagaimana tampak pada Gambar 3.4. Jika nilai *slump* sama, maka nilai faktor air semen berubah beton dengan kandungan semen lebih banyak, mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi, sebagaimana tampak pada Gambar 3.5 (Tjokrodimuljo, 1996).



Gambar 3.4. Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton Pada faktor air-semen sama (Tjokrodumuljo, 1996)



Gambar 3.5. Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada nilai slump 75 – 100 mm (Tjokrodumuljo, 1996)

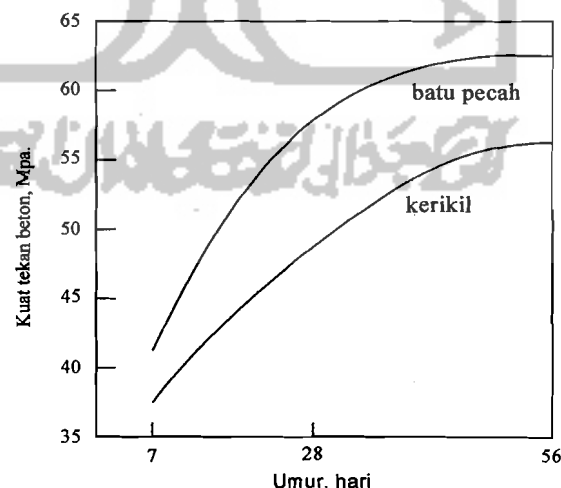
##### 5. Sifat agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan bentuk agregat, gradasi serta ukuran butir maksimum. Permukaan halus pada kerikil dan kasar pada batu pecah akan sangat berpengaruh pada bentuk kurva tegangan-regangan beton terhadap kekuatan betonnya, seperti terlihat pada Gambar 3.6. (Mindess, 1981, dalam Tjokrodumuljo, 1996).

Butir-butir agregat yang mempunyai ukuran yang sama (seragam), volume porinya akan besar. Sebaliknya jika ukuran-ukuran butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini dikarenakan butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang besar. Sehingga pori-porinya menjadi sedikit, kemampatannya tinggi dan kuat tekannya akan lebih tinggi pula. Ukuran butir agregat yang lebih besar memerlukan pasta lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirnya karena pori-pori beton berada pada pasta, maka semakin sedikit pula pori-pori betonnya sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Namun sebaliknya, karena butir agregatnya besar maka luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan antara permukaan dan pastanya kurang kuat (Tjokrodimuljo, 1996).

Secara umum agregat yang baik untuk pembuatan beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (PBBI, 1971) :

- a. harus bersifat kekal,
- b. tidak mengandung lumpur lebih dari 5 % untuk agregat halus dan 1 % untuk agregat kasar,
- c. tidak mengandung bahan-bahan organik dan zat-zat reaktif alkali,
- d. harus terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori.

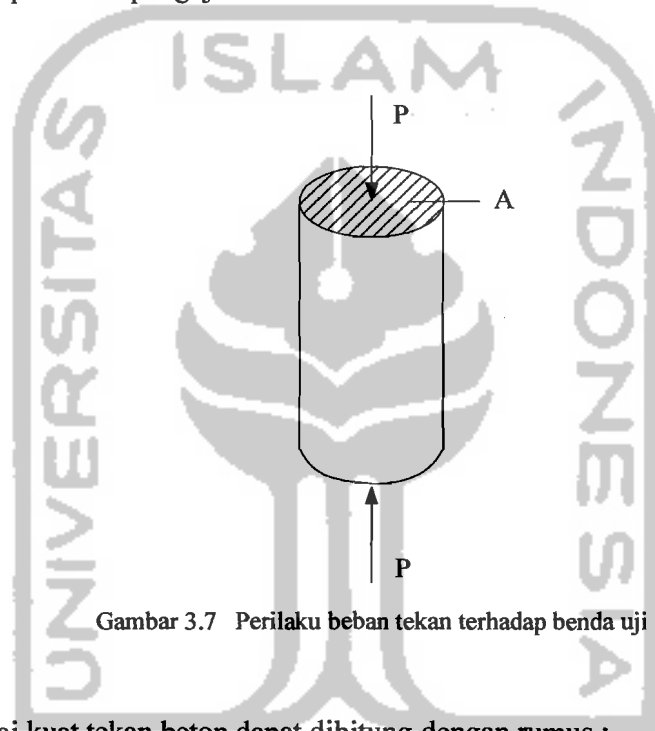


Gambar 3.6. Pengaruh jenis agregat terhadap kuat tekan beton (Mindess, 1981, dalam Tjokrodimuljo, 1996)

### 3.2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan didefinisikan sebagai kemampuan beton untuk menerima gaya tekan/desak persatuan luas, seperti pada Gambar 3.7 (Tjokrodimuljo, 1996).

Dalam pengujian mutu beton, nilai uji dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material heterogen yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk dan ukuran, kecepatan pembebanan dan oleh kondisi lingkungan pada saat pengujian.



Gambar 3.7 Perilaku beban tekan terhadap benda uji

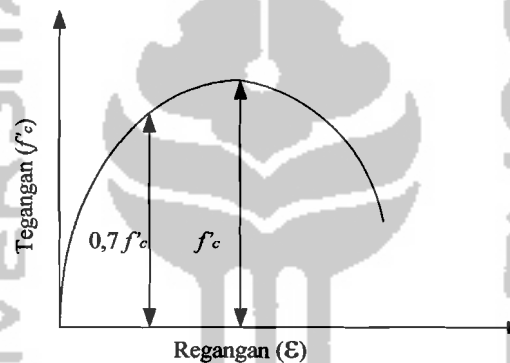
Nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma_{tk} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.2)$$

- dengan
- $\sigma_{tk}$  = kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>)
  - $P$  = beban maksimum (kg)
  - $A$  = luas beban tekan (cm<sup>2</sup>)

### 3.2.1 Tegangan-Regangan Beton

Sifat tegangan-regangan dari beton adalah tergantung dari kekuatan, umur pada saat pembebanan, kecepatan pembebanan, sifat dari agregat dan semen, serta jenis dan ukuran dari benda uji (Wang dan Salmon, 1993). Gambar 3.8 memperlihatkan kurva tegangan-regangan tipikal yang diperoleh dari percobaan dengan menggunakan benda uji beton silinder dan dibebani tekan uniaksial selama beberapa menit. Bagian pertama kurva (sampai sekitar 40 %  $f'_c$ ) pada umumnya untuk tujuan praktis dapat dianggap linier, sesudah mendekati 70 % tegangan hancur, materialnya banyak kehilangan kekuatannya sehingga menambah ketidaklinieran diagram.



Gambar 3.8 Kurva tegangan-regangan tipikal beton

Beton dengan kuat tekan yang rendah mempunyai kemampuan deformasi (daktilitas) yang tinggi dari beton dengan kuat tekan tinggi, sedangkan beton dengan kuat tekan yang tinggi akan lebih getas, dan tegangan maksimum dicapai pada regangan tekan di antara 0,002 dan 0,0025 (Wang dan Salmon, 1993).

### 3.2.2 Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ )

Modulus elastisitas adalah kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan (sekitar  $0,4 f'_c$ ), modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan



pada dasarnya dapat dianggap elastis, seperti pada Gambar 3.9. Dari modulus elastisitas dapat diketahui seberapa besar kekakuan beton tersebut (Nawi, 1998).

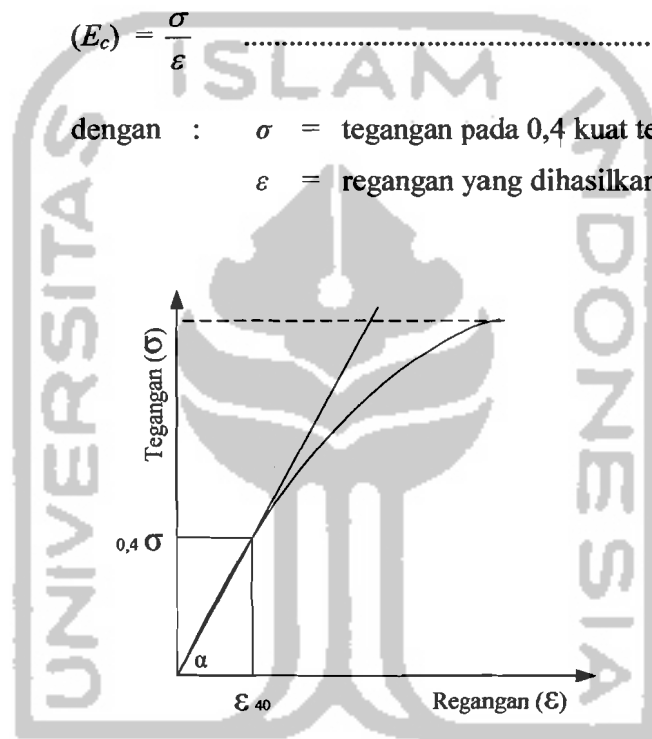
Modulus elastisitas beton berubah-ubah menurut kekuatannya. Modulus elastisitas bergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji (Wang dan Salmon, 1993).

Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) dihitung dengan rumus:

$$(E_c) = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (3.3)$$

dengan :  $\sigma$  = tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

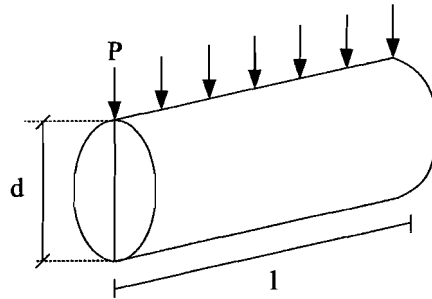
$\varepsilon$  = regangan yang dihasilkan dari tegangan ( $\sigma$ )



Gambar 3.9 Modulus elastisitas beton ( $E_c$ )

### 3.3 Kuat Tarik Beton

Kuat tarik beton berkisar seperdelapan belas kuat desak pada waktu umurnya masih muda dan berkisar seperduapuluh sesudahnya. Dipohusodo (1994), menyatakan bahwa nilai kuat tarik beton berkisar antara 9 % sampai 15 % dari nilai kekuatan tekannya. Kuat tarik merupakan bagian penting di dalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu (Murdock dan Brook, 1986).



Gambar 3.10 Perilaku beban tarik terhadap benda uji

Kuat tarik beton (Gambar 3.10) dihitung berdasarkan formula *Medhot for Determation of Tensile Splitting* (*British Standard Institution*, 1983) dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_{tr} = \frac{2P}{\pi l d} \dots\dots\dots (3.4)$$

dengan  $\sigma_{tr}$  = kuat tarik beton ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 $P$  = beban maksimum (kg)  
 $l$  = tinggi silinder (cm)  
 $d$  = diameter silinder (cm)

### 3.4 Material Penyusun

#### 3.4.1 Semen Portland

Semen Portland adalah bahan ikat yang dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya terdiri atas kalsium dan aluminium silikat yang diproses melalui pembakaran pada temperatur tinggi, selanjutnya menjadi klinker kemudian dihaluskan (Nawy, 1985, dalam Suryoatmono, 1990).

Semen Portland diperoleh dengan membakar suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung kalsium karbonat) dan *aligillaceous* (yang mengandung alumina) dengan suatu perbandingan tertentu serta silikat-silikat kalsium. Bahan-bahan tersebut dibakar dengan suhu  $1550^\circ\text{C}$  dan menjadi klinker.

Kemudian didinginkan dan dihaluskan menjadi bubuk. Pada campuran ini umumnya ditambahkan lagi gips atau kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ) kira-kira 2 % – 4 % sebagai bahan pengontrol waktu ikat.

Bahan-bahan pembentuk semen Portland terutama mengandung unsur-unsur oksida kapur ( $\text{CaO}$ ), oksida silika ( $\text{SiO}_2$ ), oksida alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Hampir dua pertiga bagian semen terbentuk dari zat kapur yang proporsinya berpengaruh penting terhadap sifat-sifat semen. Zat kapur yang berlebihan kurang baik untuk semen serta menyebabkan terjadinya disintegrasi (perpecahan) semen setelah timbul ikatan. Kadar kapur yang tinggi tapi tidak berlebihan, cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi (Murdock dan Brook, 1986).

Komposisi spesifik semen Portland tergantung pada jenis semen dan komposisi bahan baku yang digunakan. Komposisi kimia semen Portland mempunyai limitasi seperti pada Tabel 3.1 di bawah ini.

**Tabel 3.1 Susunan unsur dalam semen (Tjokrodimuljo, 1996).**

Oksida	Persentase
Kapur ( $\text{CaO}$ )	60 – 65
Silika ( $\text{SiO}_2$ )	17 – 25
Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	3 – 8
Besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	0,5 – 6
Magnesium ( $\text{MgO}$ )	0,5 – 4
Sulfur ( $\text{SO}_3$ )	1 – 2
Soda/Potash ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ )	0,5 – 1

Oksida-oksida tersebut pada Tabel 3.1, berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan. Akan tetapi pada dasarnya unsur-unsur tersebut dapat dibagi menjadi empat unsur penting yaitu (Murdock dan Brook, 1986) :

1. Trikalsium silikat,  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  atau ( $\text{C}_3\text{S}$ )

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama dalam 14 hari pertama.

2. Dikalsium silikat,  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  atau ( $\text{C}_2\text{S}$ )

Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat. Senyawa ini berpengaruh terhadap progres peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 hari sampai 28 hari dan memberikan kekuatan akhir, seperti yang terlihat pada Gambar 3.11. Semen yang mempunyai proporsi dikalsium silikat, mempunyai ketahanan terhadap agresi-kimia yang relatif tinggi dan penyusutan kering yang relatif rendah.

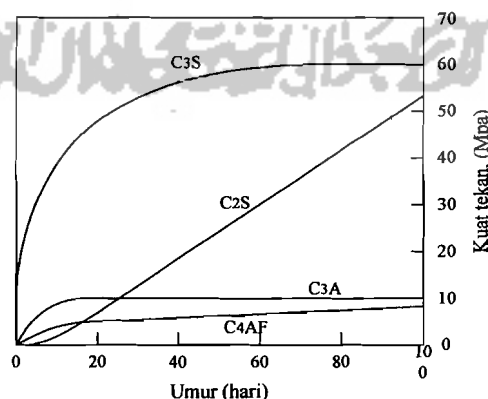
3. Trikalsium aluminat,  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  atau ( $\text{C}_3\text{A}$ )

Senyawa ini berhidrasi secara *exothermic* dan bereaksi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas, menyebabkan pengerasan awal, tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas, kurang ketahanannya terhadap agresi kimiawi, paling menonjol mengalami disintegrasi oleh sulfat air tanah, dan tendensinya sangat besar untuk retak-retak oleh perubahan volume.

4. Tetrakalsium aluminoforit,  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  atau ( $\text{C}_4\text{AF}$ ).

Unsur ini kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton.

Dari semua uraian di atas, tampak bahwa persentase yang berbeda dari masing-masing unsur yang ada dalam semen, membuat semen mempunyai sifat yang berbeda-beda dengan karakteristik yang berbeda-beda pula.



Gambar 3.11. Hubungan umur dan kuat tekan pada unsur-unsur semen (Mindess, 1981, dalam Tjokrodinuljo, 1996)

Bila semen bersentuhan dengan air, maka proses hidrasi berlangsung dalam arah ke dalam dan ke luar butiran (inti) semen. Reaksi tersebut berlangsung lambat, yaitu antara 2 – 5 jam (yang disebut periode induksi atau tidak aktif) sebelum mengalami percepatan dan setelah permukaan kulit pecah.

Pada tahapan hidrasi berikutnya, kristal-kristal dari berbagai senyawa membentuk tiga dimensi yang saling melekat secara *random* dan kemudian sedikit demi sedikit yang mula-mula ditempati air, lalu menjadi kaku dan muncul kekuatan yang selanjutnya mengeras menjadi benda padat dan kuat. Dengan demikian pasta semen yang telah mengeras memiliki struktur yang berpori dengan ukuran yang bervariasi. Pori-pori ini disebut pori-pori gel, dimana dalam pasta semen yang sudah mengeras, ada yang saling berhubungan, ada juga yang tidak. Endapan hasil hidrasi pada permukaan butiran semen membuat difusi air ke bagian dalam butir (yang belum terhidrasi) makin sulit, sehingga laju hidrasi semakin lambat (Tjokrodimuljo, 1996).

### 3.4.2 Agregat

Agregat ialah butiran alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat menempati volume mortal atau beton  $\pm 70\%$ . Walaupun hanya sebagai pengisi, namun agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortal atau betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortal atau beton (Tjokrodimuljo, 1996).

Umumnya agregat digolongkan menjadi tiga kelompok, yaitu (Tjokrodimuljo, 1996) :

1. batu dengan besar butiran lebih dari 40 mm,
2. kerikil dengan besar butiran antara 5 mm dan 40 mm,
3. pasir dengan besar butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,60 mm 0,30 mm dan 0,15 mm (Astanto, 2001). Selanjutnya Tjokrodimuljo, 1996, menyatakan bahwa agregat yang mempunyai

gradasi yang baik jika distribusi butirnya tidak seragam, sehingga memiliki volume pori yang kecil. Hal ini terjadi karena pori-pori diantara butiran yang sama besar diisi oleh butiran yang lebih kecil. Sebaliknya apabila butir agregat memiliki ukuran yang seragam maka volume porinya akan besar, sehingga akan memiliki kekuatan yang rendah.

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03, kekasaran pasir dibagi menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak kasar, dan kasar, sebagaimana tampak pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

**Tabel 3.2 Batas-batas gradasi untuk agregat halus  
(Tjokrodimuljo, 1996)**

Lubang ayakan (mm)	Presentase berat butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	100	100	100	100
4,80	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,40	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,20	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,60	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,30	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 10

Keterangan : Daerah I = pasir kasar  
 Daerah II = pasir agak kasar  
 Daerah III = pasir agak halus  
 Daerah IV = pasir halus

Untuk gradasi kerikil ditetapkan seperti pada Tabel 3.3 di bawah ini :

**Tabel 3.3 Batas-batas gradasi untuk agregat kasar  
(Tjokrodimuljo, 1996)**

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan	
	Bera butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95 – 100	100
20	30 – 70	95 – 100
10	15 – 35	25 – 55
4,8	0 – 5	0 – 10

Selain gradasi, pada agregat juga dikenal suatu indeks yang dipakai untuk menggambarkan ukuran kehalusan atau kekasaran butiran agregat. Indeks tersebut dikenal sebagai modulus halus butir (mhb), yang didefinisikan sebagai jumlah kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas suatu set ayakan kemudian dibagi seratus. Semakin besar nilai modulus halus butir suatu agregat, menunjukkan semakin besar atau kasar ukuran butiran-butiran agregatnya, sebaliknya jika modulus halus butirnya kecil, menunjukkan semakin kecil atau semakin halus butir-butir agregatnya. Pada umumnya pasir memiliki modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8 (Tjokrodimuljo, 1996).

Modulus halus butir campuran dihitung dengan rumus (Tjokrodimuljo, 1996) :

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

dengan  $W$  = persentase berat pasir terhadap berat kerikil  
 $K$  = modulus halus butir kerikil  
 $P_{mhb}$  = modulus halus butir pasir  
 $C$  = modulus halus butir campuran

Pasir yang digunakan untuk adukan beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut (PUBI - 1982) :

1. pasir harus bersih. Bila diuji memakai larutan pencuci khusus, tinggi endapan pasir akan kelihatan dibandingkan dengan tinggi seluruh endapan tidak kurang dari 70 %,
2. kandungan bagian yang akan lewat ayakan 0,063 mm tidak lebih dari 5 % berat pasirnya (kadar lumpur). Bila agregat halus mengandung kotoran dari batas maksimum tersebut maka harus dicuci dengan air bersih,
3. angka kehalusan fineness modulus terletak antara 2,2 – 3,8, pasir yang seperti ini hanya memerlukan pasta semen sedikit,

4. pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton. Untuk itu bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna standar,
5. kekekalan terhadap larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dimana fraksi yang hancur tidak lebih dari 12% berat dan kekekalan terhadap larutan  $\text{MgSO}_4$ , fraksi yang hancur tidak lebih dari 10 % berat.

### 3.4.3 Air

Air merupakan komponen bahan dasar pembuat beton yang penting. Di dalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan yang kedua sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (Murdock dan Brook, 1986).

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 pada campuran yang menentukan. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai, akibatnya beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya (Nawy, dalam Suryoatmono, 1990).

Menurut Tjokrodimuljo (1996), untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25 % berat semen saja, namun kenyataannya nilai faktor air-semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Maka diberikan kelebihan jumlah air yang dipakai sebagai pelumas. Tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan turun.

Dalam pemakaian air untuk beton, sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 1992) :

1. tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter,



2. tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter,
3. tidak mengandung clorida ( $Cl_2$ ) lebih dari 0,5 gram/liter,
4. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

#### 3.4.4 Bahan Tambah

Menurut ASTM C.125-1995, *admixture* atau bahan tambah didefenisikan sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolis, yang dicampurkan dalam beton, dan ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Penambahan bahan tambah ini ke dalam campuran adukan beton dimaksudkan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik beton, misalnya untuk mudah dikcrjakan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi (Mulyono, 2003).

Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas :

1. Serbuk kayu ulin (*Eusideroxylon Zwageri T.et.B*)

Kayu ulin memiliki nama botani *Eusideroxylon Zwageri T.et.B*, dan merupakan famili *Lauraceae*. Kayu ini merupakan salah satu jenis kayu terbaik di dunia yang habitatnya banyak terdapat di daerah Kalimantan.

Ciri-ciri umum dari kayu ulin adalah sebagai berikut (Martawijaya, Kartasujana dan Mardang, 1989) :

- a. warna, kayu teras berwarna coklat-kuning, lambat laun menjadi coklat-hitam. Kayu gubal berwarna coklat-kuning muda dan mempunyai batas yang jelas dengan kayu teras, tebal 1 – 5 cm, umumnya 3 cm,
- b. tekstur, agak kasar sampai kasar dan merata,
- c. arah serat, lurus atau kadang-kadang berpadu,
- d. kesan raba, permukaan kayu licin atau agak licin,
- e. kilap, permukaan kayu mengkilap sampai mengkilap,
- f. gambar, pada bidang radial tampak semar-semar berselang-seling jalur-jalur warna gelap dan agak terang,

- g. bau, kayu yang masih segar berbau asam yang lambat laun menghilang atau agak asam menyerupai bau kayu cedar.

Kekuatan kayu ulin sangat dipengaruhi oleh karakteristik atau sifat kayunya. Sifat-sifat tersebut antara lain adalah :

a. Sifat fisik

Penambahan panas pada kayu akan tertahan oleh oleh pori-pori dan rongga-rongga pada sel kayu. Karena itu kayu bersifat sebagai perekat panas. Semakin banyak pori dan rongga udaranya kayu semakin kurang menghantarkan panas. Selain itu daya hantar panas juga dipengaruhi oleh kadar air kayu, pada kadar air tinggi daya hantar panasnya juga semakin besar. Selain itu juga sifat fisik kayu dapat dilihat dari berat jenis dan kelas kuatnya, yaitu 1,04 (0,88 – 1,19) : I (Martawijaya, Kartasujana dan Mardang, 1989).

b. Sifat kimia

Sifat kimia kayu yang harus diperhatikan adalah kandungan ekstraktifnya. Dalam arti yang sempit ekstraktif merupakan senyawa-senyawa yang larut dalam pelarut organik. Ekstraktif merupakan bahan dasar yang berharga untuk pembuatan bahan-bahan kimia organik dan memainkan peranan penting dalam proses pembuatan pilp dan kertas. Pengerasan semen akan terhambat apabila bahan baku kayu yang berupa serutan kayu mempunyai kandungan ekstraktif yang tinggi. Agar proses pengerasan semen tidak terhambat maksimum kandungan ekstraktif pada kayu adalah 1 % gula, 2 % tanin atau 3 % minyak (Kamil, 1970 dalam Ismeddiyanto, 1998). Usaha untuk mengurangi kadar ekstraktif kayu adalah dengan merendam serutan kayu ke dalam air panas ataupun dingin. Kandungan ekstraktif kayu ulin dapat di lihat pada **Tabel 3.4.**

**Tabel 3.4 Kandungan ekstraktif kayu ulin  
(Kamil, 1970 dalam Ismeddiyanto, 1998)**

Kadar	%	Kelarutan	%
Selulosa	58,1	Alkohol benzena	5,2
Lignin	28,9	Air dingin	2,9
Pentosan	12,7	Air panas	6,8
Silika	0,5	NaOH 1 %	18,2

## 2. *Alcasit*

*Alcasit* diproduksi oleh CV. Mowilex, Jakarta, yang digunakan sebagai bahan pembantu daya rekat semen. Dalam berbagai keperluan, *alcasit* yang dicampurkan dalam semen digunakan untuk keperluan pemasangan batu bata, plester dasar tembok dan plester halus dengan perbandingan 100 gram *alcasit* terhadap 50 kg semen.

Pada penelitian ini *alcasit* digunakan sebagai bahan tambah campuran semen. Nilai kegunaan penambahan *alcasit* dalam campuran semen (pada pemasangan batu bata dan plesteran dinding) adalah sebagai berikut :

- a. untuk mempertinggi daya rekat semen,
- b. mempermudah pengerjaan,
- c. menghemat tenaga dan bahan,
- d. tahan terhadap kapur dan semen,
- e. tahan terhadap cuaca.

*Alcasit* ini sebelumnya belum pernah dicoba sebagai bahan tambah campuran semen dalam adukan beton. Pada penelitian ini, dengan pertimbangan sifat-sifat *alcasit* pada pemakaian pasangan batu bata dan plesteran, akan dilihat pengaruhnya pada campuran beton terhadap karakteristik betonnya.

## 3.5 *Slump*

*Slump* adalah parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu campuran adukan beton. Tingkat kelecakan ini berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin besar nilai *slump*,

berarti semakin cair adukan betonnya, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan (Tjokrodumuljo, 1992). Nilai *slump* untuk berbagai macam struktur dapat di lihat pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

**Tabel 3.5 Nilai *slump* berdasarkan penggunaan jenis elemen atau struktur (Tjokrodumuljo, 1992)**

Pemakain jenis elemen atau struktur	Maks. (cm)	Min. (cm)
• Dinding, plat pondasi dam pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
• Pondasi telapak tidak bertulang dan struktur bawah tanah	9,0	2,5
• Plat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
• Perkerasan jalan	7,5	5,0
• Pembetonan masal	7,5	2,5

Pengujian *slump* dirancang di Amerika dan dipakai secara luas sebagai alat pemeriksa konsistensi beton di lapangan. Pengujian *slump* menggunakan alat berupa corong dengan tinggi 300 mm, diameter dasar 200 mm dan diameter atas 100 mm. Nilai *slump* lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja. Bila nilai *slump* sama akan tetapi nilai fas berubah, maka beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi (Tjokrodumuljo, 1996).

### 3.6 Kemudahan Pengerjaan (*workability*)

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan maupun sifat bahan secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton segar. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan (keenceran) adukan beton, makin cair adukan makin mudah pengerjaannya.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan antara lain (Tjokrodumuljo, 1996) :

1. jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. Makin banyak air dipakai, makin mudah beton segar itu dikerjakan,

2. penambahan semen ke dalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap,
3. gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan,
4. pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton,
5. pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan pengerjaan,
6. cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit dibandingkan jika dipadatkan dengan tangan.

### 3.7 Perencanaan Campuran Beton

Dalam penelitian ini digunakan metode "The British Mix Design Method" atau lebih dikenal di Indonesia dengan cara DOE (*Department of Environment*).

Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. menentukan kuat tekan yang disyaratkan pada 7 hari dan 28 hari ( $f'_c$ ) dan kuat tarik pada 28 hari,
2. menentukan nilai deviasi standar ( $sd$ ),
3. menghitung nilai tambah margining ( $M$ ) dengan rumus :

$$M = K . sd \dots\dots\dots (3.6)$$

dengan  $M$  = nilai tambah (MPa)  
 $sd$  = standar deviasi (MPa)  
 $K$  = 1,64,

4. menentukan kuat tekan tara-rata yang direncanakan, dengan rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + M \dots\dots\dots (3.7)$$

dengan  $f'_{cr}$  = kuat tekan rata-rata (MPa)  
 $f'_c$  = kuat tekan yang disyaratkan (MPa)  
 $M$  = nilai tambah (MPa),

5. menetapkan jenis semen,  
 6. menentukan jenis agregat (pasir dan kerikil),  
 7. menentukan faktor air semen,  
 8. menetapkan nilai *slump*,  
 9. menentukan ukuran besar butir agregat maksimum,  
 10. menentukan jumlah kebutuhan air,  
 11. menentukan kebutuhan semen, per meter kubik dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{W}{fas} \dots\dots\dots (3.8)$$

dengan  $C$  = berat semen per meter kubik  
 $W$  = jumlah air yang dibutuhkan  
 $fas$  = faktor air semen,

12. menentukan kebutuhan semen minimum,  
 13. penyesuaian jumlah air dan faktor air semen,  
 14. menentukan golongan pasir,  
 15. menentukan perbandingan pasir dan kerikil,  
 16. menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil,  
 17. menentukan berat beton,  
 18. menentukan kebutuhan pasir dan kerikil dengan hitungan :  
 berat pasir + berat kerikil = berat beton – kebutuhan air – kebutuhan semen,

19. menentukan kebutuhan pasir dengan hitungan :

kebutuhan pasir = kebutuhan pasir dan kerikil x persentase berat pasir,

20. menentukan kebutuhan kerikil dengan hitungan :

kebutuhan kerikil = kebutuhan pasir dan kerikil – kebutuhan pasir.

21. Menentukan kebutuhan serbuk kayu ulin dan alcasit.

