

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. UMUM.

Beton adalah suatu konstruksi yang komposisinya terdiri dari semen, agregat dan air. Pemilihan proporsi beton meliputi keseimbangan antara pertimbangan ekonomi dengan persyaratan kekuatan, kepadatan, penempatan dan penampilannya (estetika).

Kualitas beton biasanya diukur dari kuat tekannya. Maka, untuk dapat mencapai kuat tekan yang diharapkan, akan sangat tergantung pada pemakaian;

- semen (mutu, komposisi, kehalusan).
- ukuran dan mutu agregat (gradasi, kekerasan, bentuk butiran).
- jenis bahan campuran tambahan ("admixture").
- perbandingan air semen (fas).
- pekerjaan pembuatan dan perawatannya.

Agregat (kasar dan halus) menempati lebih kurang $\frac{3}{4}$ bagian dari volume beton, sisanya merupakan pasta semen dan pori-pori. Jadi untuk dapat meningkatkan kekuatan beton, selain harus diperhatikan faktor-faktor di atas, maka salah satu caranya adalah dengan mengurangi jumlah pemakaian air (angka perbandingan air dan semen) yang lebih kecil. Tetapi dengan mengurangi jumlah air akan menimbulkan masalah dalam pelaksanaan ("workability"). Untuk ini dapat digunakan bahan kimia tambahan "admixture" Tipe A, Tipe B dan Tipe D.

2.1.1. SEMEN.

Semen secara umum dapat digambarkan sebagai material dengan sifat lekat dan kohesif yang membuatnya dapat mengikat. Semen dipakai sebagai petunjuk sekelompok bahan ikat hidrolik untuk pembuatan beton. Dikatakan hidrolik karena semen bereaksi dengan air dan membentuk suatu batuan massa. Selain itu semen mempunyai sifat dapat terbentuk dan mengeras dalam air melalui reaksi kimia yang kedap air.

Semen dibedakan dalam dua kelompok utama yaitu;

1. Semen dari bahan klinker - semen - portland
 - Semen portland
 - Semen portland abu terbang
 - Semen portland berkadar besi
 - Semen tanur tinggi
 - Semen portland tras / puzzolan
 - Semen portland putih
2. Semen-semen lain
 - Aluminium semen
 - Semen bersulfat

Perbedaan di atas berdasarkan karakter dari reaksi pengerasan kimiawi. Semen-semen dari kelompok 1 yang satu dengan yang lain tidak saling bereaksi (membentuk persenyawaan lain). Semen kelompok 2 bila saling dicampur atau bercampur dengan kelompok 1 akan membentuk suatu persenyawaan baru. Ini berarti semen dari kelompok 2 tidak boleh dicampur. Semen portland dan semen portland abu terbang adalah semen yang umum dipakai di Indonesia.

Dalam hal kecepatan dari perkembangan kekuatan (gambar 2.1) jenis-jenis semen dibedakan dalam tiga kelas.

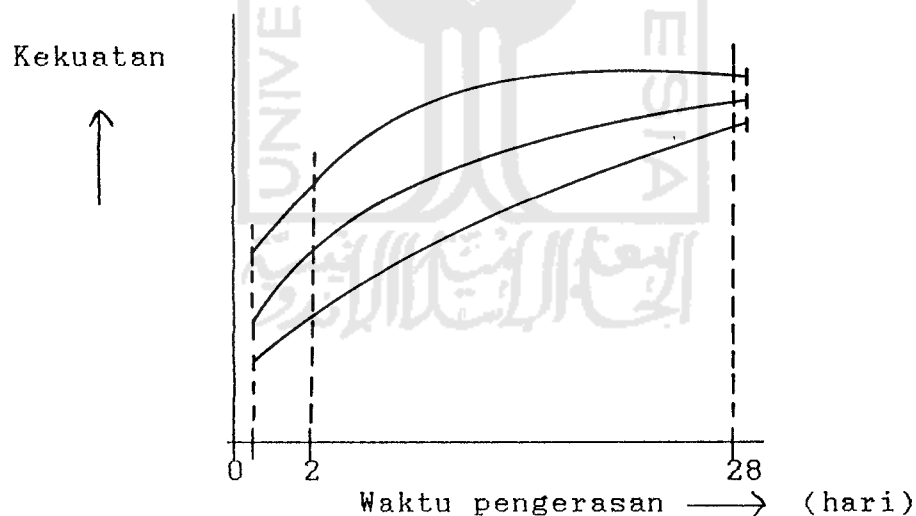
Kelas A : Semen dengan kekuatan awal yang normal

Kelas B : Semen dengan kekuatan awal yang tinggi

Kelas C : Semen dengan kekuatan awal sangat tinggi

JENIS SEMEN	KELAS			WARNA
	A	B	C	
Semen Portland	*	*	*	Abu-abu
Semen Portland Abu terbang	*			Abu-abu
Semen Portland Putih			*	Putih

Beberapa merk semen yaitu Gresik, Nusantara, Padang, Tiga Roda, Kujang dan Tonasa.



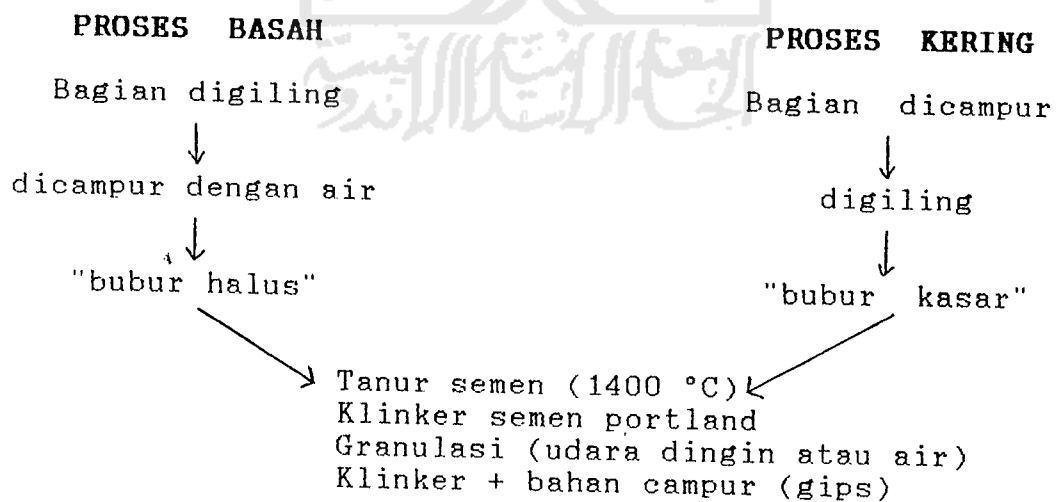
Gambar 2.1 Perkembangan kekuatan kelas-kelas semen yang berbeda-beda

✓ Semen Portland dibuat dari semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat (umumnya

gips).

Klinker semen portland dibuat dari batu kapur (CaCO_3), tanah liat dan bahan dasar berkadar besi. Jumlah batu kapur yang dipakai di sini amat banyak, sehingga pabrik semen biasanya dibangun di sekitar gunung kapur. Bahan dasar dari klinker semen portland dapat dipabrikasikan secara dua proses (basah dan kering). Pada proses basah, sebelum dibakar bahan dasar dicampur dengan air ("slurry") dan digiling sampai halus berupa "bubur halus". Pada proses kering, bahan dasar dicampur dan dikeringkan, kemudian digiling berupa "bubuk kasar". Selanjutnya kedua produksi ini dibakar dalam tanur putar datar pada temperatur yang sangat tinggi sehingga diperoleh klinker semen portland (gambar 2.2).

Proses penabrikan Semen Portland



Gambar 2.2 Proses pemabrikan klinker semen portland

Bagian utama dari klinker adalah :

Dikalsium Silikat	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	atau C_2S
Trikalsium Silikat	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	atau C_3S
Trikalsium Aluminat	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	atau C_3A
Tetra Kalsium Aluminatferrit	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	atau C_4AF

Semen portland didapatkan secara menggilas klinker tersebut dalam kilang peluru ("kogelmolens") sampai halus dengan ditambah beberapa prosen gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen portland di Indonesia (SK SNI T-15-1990-03) dibagi menjadi 5 tipe yaitu :

- tipe I : semen portland yang umum digunakan tanpa persyaratan khusus.
- tipe II : semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- tipe III : semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi.
- tipe IV : semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
- tipe V : semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Waktu yang digunakan untuk perubahan bentuk semen dari bentuk cair menjadi bentuk yang keras disebut waktu pengikatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan semen adalah :

a. Kehalusan semen.

Semakin halus butiran semen, akan semakin cepat waktu pengikatannya.

b. Jumlah air.

Pengikatan semen akan semakin cepat bila jumlah air berkurang.

c. Temperature.

Waktu pengikatan semen akan semakin cepat jika temperatur makin tinggi.

d. Penambahan zat kimia tertentu ("admixture").

2.1.2. AGREGAT.

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat yang umum dipakai adalah pasir, kerikil dan batu pecah.

Pemilihan agregat tergantung dari :

- syarat-syarat yang ditentukan beton.
- persediaan lokasi pembuatan beton.
- perbandingan yang telah ditentukan antara biaya dan mutu.

✓ Agregat menempati kira-kira $\frac{3}{4}$ volume beton. Selain membentuk kekuatan beton, agregat juga berpengaruh besar terhadap ketahanan dan kekompakan struktural dari beton tersebut. { Dibandingkan dengan semen, agregat lebih murah harganya sehingga akan sangat ekonomis apabila mempergunakan banyak agregat dalam campuran beton karena dapat mengurangi jumlah semen. ✓

Sifat yang paling penting dari agregat (batu-batuan, kerikil, pasir dll) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Secara kasar agregat dapat dibagi atas ;

1. Agregat normal
2. Agregat halus
3. Agregat kasar

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,8 mm.

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih dari 4,8 mm.

Untuk membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan didasarkan pada bentuk dan ukuran butir-butirnya.

Agregat alam terjadi dari proses pelapukan dan abrasi atau dengan cara pemecahan dari bahan asal yang besar. Dengan demikian sifat agregat banyak tergantung dari sifat batuan asal. Di samping itu karena pelapukan, abrasi dan pemecahan tersebut, maka ada sifat lain yang tidak tergantung dari sifat batuan asal, yaitu bentuk,

ukuran partikel, kehalusan permukaan dan penyerapan air.

Bentuk dan kehalusan permukaan agregat berpengaruh terhadap besarnya kekuatan beton. Permukaan yang lebih kasar mengakibatkan gaya adhesi atau ikatan antara partikel dan semen semakin kuat. Sebaliknya, semakin halus areal permukaan dan lebih angular agregat, ikatan yang dihasilkan semakin lemah.

Faktor-faktor yang membatasi besar butiran maksimum agregat ialah;

- a. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $3/4$ kali jarak bersih antara baja tulangan atau antara baja tulangan dan cetakan.
- b. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $3/4$ kali tebal plat.
- c. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $1/5$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.

Bentuk butiran agregat juga berpengaruh pada beton terutama pada beton segar. Berdasarkan bentuk butirannya agregat dapat dibedakan atas ;

1. **Agregat bulat**, mempunyai rongga udara minimum 33 % hal ini berarti mempunyai rasio luas permukaan volume kecil, sehingga hanya memerlukan pasta semen yang sedikit untuk menghasilkan beton yang baik, namun ikatan antara butir-butirnya kurang kuat sehingga kekuatannya lemah, agregat bentuk ini tidak cocok untuk beton mutu tinggi maupun perkerasan jalan raya. ✓

2. **Agregat bulat sebagian**, mempunyai rongga lebih tinggi, berkisar antara 35 % sampai 38 % . Dengan demikian membutuhkan lebih banyak pasta semen untuk mendapatkan beton segar yang baik. Ikatan antara butir-butirnya juga lebih baik dari pada agregat bulat, namun belum cukup untuk dibuat beton mutu tinggi. (
3. **Agregat bersudut** mempunyai rongga berkisar antara 38 % sampai 40 % . Pasta semen yang digunakan lebih banyak untuk membuat adukan beton dapat dikerjakan. Ikatan antar butir-butirnya dan daya lekatnya baik, sehingga agregat bersudut ini sangat cocok untuk beton mutu tinggi dan lapis perkerasan jalan. (
4. **Agregat pipih** ialah agregat yang ukuran terkecil butirannya kurang dari $\frac{3}{5}$ ukuran rata-ratanya. Ukuran rata-rata agregat adalah rata-rata ukuran ayakan yang meloloskan dan menahan butiran agregat. Jadi agregat mempunyai ukuran rata-rata 15 mm jika lolos pada lubang ayakan 20 mm dan tertahan pada lubang ayakan 10 mm. Agregat disebut pipih jika ukuran terkecil butirannya lebih kecil dari $(\frac{3}{5} \times 15) \text{ mm} = 9 \text{ mm}$. (
5. **Butiran agregat** disebut memanjang bila ukuran terbesar (yang paling panjang) lebih dari $\frac{9}{5}$ dari ukuran rata-ratanya. (

Sedangkan berdasarkan berat jenisnya, agregat dapat dibedakan atas ;

1. **Agregat normal.** (

Agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7 ton/m³. Agregat ini biasanya berasal dari agregat

granit, basalt dan kuarsa. Beton yang dihasilkan dari agregat ini berberat jenis sekitar $2,3 \text{ ton/m}^3$ dengan kuat tekan antara 15 MPa sampai 40 MPa.

2. Agregat berat. ✓

Agregat berat mempunyai berat jenis lebih dari $2,8 \text{ ton/m}^3$ misalnya magnetik (Fe_3O_4), baritas (BaSO_4), atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan juga berat jenisnya tinggi sampai 5 ton/m^3 . Agregat jenis ini efektif sebagai dinding pelindung radiasi sinar X.

3. Agregat ringan. ✓

Agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari $2,0 \text{ ton/m}^3$ yang biasanya digunakan untuk beton non struktural, akan tetapi dapat juga digunakan untuk beton struktural atau blok dinding tembok.

Kebaikan agregat ini ialah beratnya ringan, sifat lebih tahan api dan sebagai bahan isolasi panas yang lebih baik. Agregat ringan dapat diperoleh secara alami maupun buatan. Agregat ringan alami misalnya ; diatomite, pumice, volcanic cinder. Agregat ringan buatan misalnya ; tanah bakar ("bloated clay"), abu terbang ("sintered flyash") dan busa terak tanur tinggi ("foamed blast furnag slag").

Kadar air yang ada pada agregat (di lapangan) perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang perlu dipakai dalam campuran adukan beton dan pula untuk mengetahui berat satuan agregat. Keadaan kandungan air di dalam agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat yaitu ;



1. Kering tungku, benar-benar tidak berair dan ini berarti dapat secara penuh menyerap air
2. Kering udara, bitur-butir agregat kering permukaannya tetapi mengandung sedikit air di dalam porinya.
3. Jenuh kering muka pada tingkat ini tidak ada air dipermukaan tetapi butir-butirnya berisi air sejumlah yang dapat diserap. Dengan demikian butir-butiran agregat pada tahap ini tidak menyerap dan juga tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan beton.
4. Basah, pada tingkat ini butir-butir mengandung banyak air, baik dipermukaan maupun di dalam butiran, sehingga bila dipakai untuk campuran akan memberi air.

Dari keadaan tersebut di atas, keadaan jenuh kering muka ("Saturated Surface Dry", SSD) lebih disukai sebagai standar karena ;

- a. Merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pastinya.
- b. Kadar air di lapangan lebih banyak yang mendekati keadaan SSD.

2.1.3. AIR.

Air merupakan bahan dasar campuran beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Maka untuk mendapatkan beton yang mudah

dikerjakan dan dengan kekuatan yang tetap. Perbandingan antara jumlah air dan semennya harus dipertahankan. Selain dari jumlahnya, kualitas airpun harus diperhatikan, karena kotoran didalamnya akan mengganggu pengikatan semen dan dapat menyebabkan pengurangan kekuatan atau menyebabkan gangguan pada permukaannya, juga dapat menyebabkan karat pada baja beton bertulang.

Kualitas air yang digunakan adalah air yang dapat diminum. Sedangkan air yang tidak dapat dipergunakan adalah air yang mengandung bahan-bahan yang dapat mengurangi kekuatan dan merusak beton. Adapun syarat-syarat pemakaian air untuk campuran beton adalah sebagai berikut ;

- a. Tidak mengandung kapur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam yang dapat merusak beton seperti asam, zat organik dsb lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

2.1.4. BAHAN KIMIA TAMBAHAN ("ADMIXTURE").

Bahan tambahan adalah suatu bahan berupa bubukan atau cairan yang dibubuhkan ke dalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifatnya. ✓

Sifat-sifat beton yang dapat diperbaiki itu antara lain ;

- Kecepatan waktu ikat awal.
- Kemudahan pengerjaan.
- Kekedapan terhadap air.
- Laju kenaikan kekuatan.
- Keawetan.

Beberapa tipe dari bahan tambahan ini adalah ;

1. Bahan tambahan tipe A adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan.
2. Bahan tambahan tipe B adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk memperlambat waktu pengikatan beton.
3. Bahan tambahan tipe C adalah suatu tambahan yang untuk mempercepat waktu pengikatan dan menambah kekuatan awal beton.
4. Bahan tambahan tipe D adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton.
5. Bahan tambahan tipe E adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk mempercepat waktu pengikatan serta menambah kekuatan awal beton.

6. Bahan tambahan tipe F adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12 % atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan.
7. Bahan tambahan tipe G adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12 % atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton.

Dari ke 7 (tujuh) macam bahan tambah di atas, penulis memilih tipe A, tipe B dan tipe D dengan merk SIKKA produksi PT. SIKKA NUSA PRATAMA, Jakarta.

2.2. GRADASI AGREGAT.

Yang dinamakan gradasi adalah variasi ukuran butir. Sedangkan gradasi agregat adalah variasi ukuran butir agregat. Bila butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori menjadi besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit. Dengan kata lain kepampatan tinggi.

Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai prosentase dari butiran yang tertinggal atau lewat di dalam suatu susunan ayakan. Susunan ayakan itu ialah ayakan dengan lubang 76 mm; 38 mm; 19 mm; 9,6 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm dan 0,15 mm.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan agregat dengan butir maksimum 20 mm dan minimum 5 mm (gradasi agregat terlampir dari SK SNI T-15-1990-03).

2.3. RENCANA CAMPURAN ("MIX DESIGN").

Rencana campuran ("Mix Design") adalah untuk mengetahui berapa banyak masing-masing material yang akan dicampur dalam suatu adukan beton dengan rencana kekuatan, fas dan slump yang telah ditentukan terlebih dahulu. Rencana adukan ini bertujuan untuk mencapai suatu mutu beton yang sebaik-baiknya sesuai dengan yang telah direncanakan.

Dalam penelitian ini, rencana campuran mengacu pada STANDAR SK SNI T-15-1990-03 yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum.

2.4. KANDUNGAN AIR.

Di dalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan. Yang kedua sebagai pelicin campuran. (Murdock, 1978)

Seperti pada reaksi kimia lainnya, semen dan air dikombinasikan dalam proporsi tertentu. Untuk semen portland tipe I, satu bagian berat semen membutuhkan sekitar 0,25 bagian berat air untuk hidrasi. Akan tetapi beton yang mengandung proporsi air yang sangat kecil, menjadi sangat kecil dan sukar dipadatkan. Oleh karena itu

dibutuhkan tambahan air untuk menjadi pelicin agar campuran dapat dikerjakan dan karena seluruh bagian air menguap ketika beton mengering, dengan meninggalkan rongga-rongga, penting dalam hal ini untuk menjaga air yang digunakan seminimal mungkin. Beton dengan jumlah volume rongga yang minimal adalah yang terpadat dan terkuat. (Murdock, 1978)

2.5. KANDUNGAN SEMEN.

Penambahan jumlah semen pada jumlah air yang tetap pada suatu adukan beton dapat mempertinggi kuat tekan beton tersebut. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya nilai perbandingan air dan semen. (Kardiyono, 1992).

Jika fas sama, beton dengan kandungan semen lebih sedikit mempunyai kekuatan yang lebih tinggi. Hal ini karena jumlah semen sedikit dari pada beton dengan kandungan semen yang lebih banyak. Selain jumlah air semen yang lebih banyak pada fas yang sama dapat memperbesar susutan beton pada saat proses pengeringan beton segar. (Kardiyono, 1992)

Jika nilai slump sama (nilai fas berubah), beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi jika kandungan semen lebih banyak. Hal ini karena nilai slump lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja. Jika jumlah semen banyak berarti pengurangan nilai fas dan penambahan kekuatan beton. (Kardiyono, 1992)

2.6. FAKTOR AIR SEMEN.

Faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam beton.

Kenaikan fas mempunyai pengaruh yang sebaliknya terhadap sifat-sifat beton, seperti permeabilitas, ketahanan terhadap gaya "frost" (pembekuan pada musim dingin) dan pengaruh cuaca, ketahanan terhadap abrasi, kekuatan tarik, rayapan, penyusutan dan terutama kuat tekan beton. (Murdock, 1978)

Dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan beton yang mempunyai faktor air semen minimal dan cukup untuk memberikan "workabilitas" tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang terbaik.

Menurut SK SNI T-15-1990-03, faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan didasarkan;

1. Hubungan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan tabel 2 dan grafik 1 dan 2 SK SNI T-15-1990-03
2. Untuk lingkungan khusus, faktor air semen maksimum harus memenuhi ketentuan SK SNI Spesifikasi Beton Tahan Sulfat dan Beton Kedap Air.