

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Pengertian Beton

Beton merupakan suatu campuran antara semen, air dan agregat serta (jika diperlukan) bahan tambahan dengan perbandingan tertentu. Campuran tersebut apabila dituangkan didalam cetakan akan mengeras seperti batuan yang disebabkan terjadinya reaksi kimia antara air dan semen. Peristiwa tersebut berjalan lama, akibatnya campuran itu selalu bertambah keras sejalan dengan umurnya.

Beton mempunyai kuat tekan yang relatif tinggi dibanding kuat tariknya. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% dari kuat tekannya, akibatnya beton bersifat getas. Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya diperkuat dengan tulangan sebagai bahan yang dapat bekerja sama membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik, yang kemudian lebih dikenal dengan beton bertulang. Dengan demikian tersusun pembagian tugas, dimana batang tulangan baja bertugas menahan gaya tarik, sedangkan beton diasumsikan untuk menahan gaya tekan (Dipohusodo, 1994 : 1).

Pada beton tanpa tulangan (*plain concrete*), untuk struktur tertentu yang tidak menginginkan retak tarik pada beton misalnya, dilakukan manipulasi (strategi) dengan memberikan tegangan tekan awal sebelum struktur dibebani, yaitu pada struktur beton prategang (Tjokrodimulyo, 1992 : 1.2).

### 3.2. Jenis-jenis Beton

Pada hakekatnya menurut bahan pembentuknya, seperti penjelasan tentang pengertian beton bahwasanya beton merupakan suatu campuran antara semen, air dan agregat serta (jika diperlukan) bahan tambahan dengan perbandingan tertentu, maka jenis-jenis beton dapat diasumsikan:

- a. Beton normal, yaitu beton yang bahan pengisinya (*filler*) terbatas pada bahan utama (semen, agregat, dan air),
- b. beton jenis lain, yaitu jenis beton yang telah dilakukan suatu manipulasi (strategi) terhadap sifat-sifat beton dengan tujuan tertentu. Bahan pengisinya sangat variatif, diantaranya dengan memasukkan bahan tambahan dan bahkan mengganti komponen utamanya. Jenis-jenis beton tersebut diantaranya : 1. beton ringan, 2. beton massa (*mass concrete*), 3. fero semen, 4. beton serat (*fibre concrete*), 5. beton non-pasir (*no-fines concrete*), 6. beton siklop, 7. beton hampa (*vacuum concrete*), 8. mortar (Tjokrodimulyo, 1992 : 10.1 - 10.10), dan 10. beton plastis (*plastic concrete*) (Multi Purpose Dam Project Vol. IV, chapter XV).

Sebagian dari pengertian jenis-jenis beton yang tersebut diatas dengan pengaruhnya, secara singkat akan diuraikan dibawah ini.

#### 3.2.1. Beton Normal

Penyebutan beton normal/biasa sebenarnya merupakan pengidentifikasian yang dimaksudkan untuk membedakan bahwa pembentukannya dengan cara dan pemilihan bahan yang terbatas pada bahan utama (semen, agregat, dan air). Diluar dari

identifikasi diatas disebut/dikelompokkan dengan istilah beton jenis lain, yaitu beton yang terbentuk dari bahan maupun metode pembuatan yang telah dimanipulasi (strategi) untuk tujuan dan penggunaan dalam (konstruksi) tertentu.

Modifikasi produksi beton menunjukkan banyak keanekaragaman dalam penggunaannya yang bersumber terhadap perbedaan dan kekuatan kecepatan pengerasan bahan. Adanya berbagai macam pekerjaan konstruksi yang ada, baik untuk bangunan sederhana maupun bertingkat, maka diadakan klasifikasi kelas dan mutu beton yang berguna untuk pengawasan.

Pada prinsipnya, permasalahan bagaimana dalam mendesaian mix beton adalah memilih secara tepat proporsi dari semen, agregat halus dan kasar serta air untuk menghasilkan beton yang mempunyai sifat-sifat atau karakteristik tertentu.

### **3.2.2. Beton Plastis dan Penggunaan *Bentonite***

Penggunaan beton secara potensial terhadap bahan campurannya telah berkembang hampir bersamaan waktunya dengan penemuan semen. Penggunaan bahan campuran ini dipertimbangkan sebagai upaya untuk memberikan tingkat penyesuaian terhadap struktur yang dihadapi atau sebagai modifikasi proporsi dari komposisi beton normalnya. Sebagai misal, campuran yang kaku dapat dibuat lebih plastis dan kohesip dengan penambahan bahan untuk menjadikan plastis (*plasticizer*), atau dapat juga dengan bahan pengisi pori, bahan pengisi udara, perubahan proporsi pasir kepada agregat kasar, perubahan gradasi pasir, atau dengan menggunakan tambahan semen (Murdock dan Brook, 1991 : 84).

Bahan campuran seharusnya hanya berguna kalau sudah dievaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan dipergunakan. Dalam hal-hal yang meragukan terutama untuk pekerjaan khusus, perlu diadakan pemeriksaan pada contoh-contoh yang mewakili, agar diperoleh informasi yang dapat dipercaya.

Teknologi beton plastis telah banyak digunakan sebelumnya, misalnya di Jerman dan Jepang dengan berbagai macam penggunaan struktur. Beton plastis ini didapat dengan memanipulasi (memperbaiki, merubah, membentuk) sedemikian rupa terhadap sifat-sifat beton dengan memasukkan bahan tambahan diluar bahan pengisi utama, baik berbentuk, serat, cairan, serbuk, mineral ataupun bahan kimia tambahan sampai bahan-bahan non-kimia.

Untuk memilih bahan tambahan (khususnya) dalam perencanaan beton plastis, sekurang-kurangnya bahan tambahan yang dipakai harus mempunyai sifat plastisitas yang baik. Salah satu diantara bahan tersebut adalah *bentonite*.

*Bentonite* yang diproduksi oleh Indobent dapat digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain penggunaan *bentonite* dalam konstruksi sipil dengan menggunakan Indobent Grade-A. yaitu untuk dinding inti bendungan, kolam-kolam, saluran irigasi, menutup kebocoran waduk, membantu mencegah perembesan air dan bangunan yang serupa. *Bentonite* produksi Indoben antara lain adalah untuk :

1. Bahan penjernih minyak kelapa dan kelapa sawit,
2. pengolahan air limbah,
3. pemboran air bersih, dan
4. pemboran minyak dan gas bumi, baik didarat maupun di laut.

### 3.3. Sifat-sifat Beton

Menurut Murdock dan Brook (1991), sifat-sifat beton terdiri atas : 1. Kuat tekan, 2. Kuat Tarik dan Lentur, 3. Kekuatan Geser, 4. Perubahan Bentuk Karena Pembebanan, 5. Modulus Elastisitas, 6. Angka Perbandingan Poisson, 7. Rayapan, 8. Penyusutan Kering dan Rambatan, 9. Retak-Retak Plastis, 10. Pengaruh Suhu, 11. Keawetan, 12. Sifat Kedap Air, 13. Daya Tahan Terhadap Kikisan. 14. Daya Penutup Retak-Retak.

Kesesuaian antara sifat-sifat beton sangat mempengaruhi mutu dari beton. Berikut uraian singkat dari beberapa sifat-sifat beton.

#### 3.3.1. Kuat Tekan

Beton dapat mencapai kuat tekan/kuat hancur sampai  $80 \text{ N/mm}^2$  ( $12.000 \text{ lb/in}^2$ ) atau lebih, tergantung pada perbandingan air semen serta tingkat pematatannya. Kuat hancur antara  $20$  dan  $50 \text{ N/mm}^2$  pada umur 28 hari bisa diperoleh dilapangan dengan pengawasan pekerjaan yang baik, perbandingan campuran semen : pasir : agregat kasar sebagai  $1 : 2 : 4$ . Dalam jenis konstruksi tertentu seperti bantalan rel kereta api pra-cetak, kekuatan berkisar antara  $40$  sampai  $65 \text{ N/mm}^2$  pada umur 28 hari, yang dicapai dengan menggunakan campuran yang banyak semennya dan rendah perbandingan semennya.

Kuat tekan dari beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air semen dan tingkat pematatannya. Faktor-faktor penting lainnya :

1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton,
2. jenis dan lekak-lekuk (*relief*) bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun tarik yang lebih besar dari pada kerikil halus dari sungai,
3. efisiensi dari perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai 40 % dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji, dan
4. suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.

Umur pada keadaan yang normal, kekuatan beton bertambah dengan umurnya kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen, misalnya semen dengan kadar alumina yang tinggi menghasilkan beton yang kuat hancurnya pada 24 jam sama dengan semen portland biasa pada umur 28 hari. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun (Murdock dan Brook, 1991 : 8).

### 3.3.2. Kuat Tarik dan Lentur

Kuat tarik dan lentur beton berkisar antara seperdelepan belas kuat desaknya pada waktu umumnya masih muda, dan berkisar antara seperduapuluh sesudahnya. Biasanya tak diperhitungkan di dalam perencanaan bangunan beton. Kuat tarik merupakan bagian penting di dalam menahan retak-retak akibat perubahan suhu dan

kadar air. Pengujian kuat tarik diadakan untuk pembuatan beton konstruksi jalan raya dan lapangan terbang.

Pengukuran kuat tarik secara langsung sukar dilakukan, dan jarang dicoba. Terdapat dua buah cara untuk merintis usaha mendapatkan kekuatan tarik. Yang pertama menghasilkan besaran kuat tarik dalam keadaan lentur. Menguraikan secara terperinci, bagaimana membuat dan merawat benda uji untuk pengujian lentur, serta dari cara pengujian.

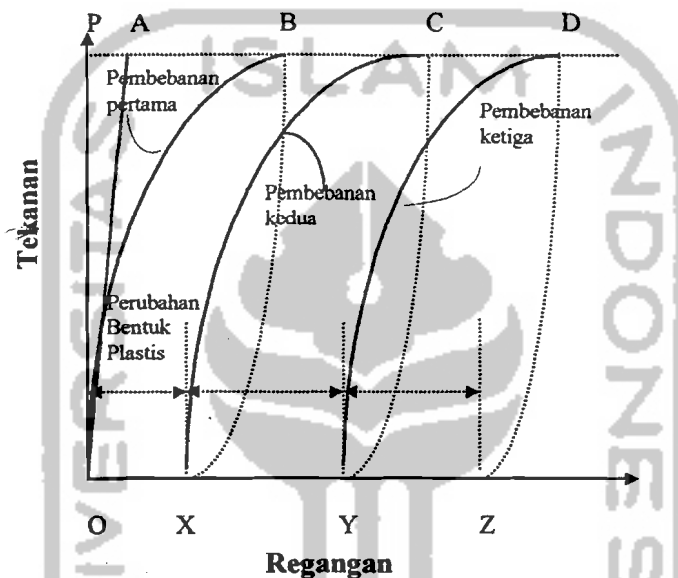
### 3.3.3. Regangan dan Tegangan

Bilamana beton dibebani, perubahan bentuk terjadi dan bertambah sesuai dengan pertambahan beban, sebagaimana baja dan bahan-bahan lain. Pada baja terjadi perubahan bentuk secara elastis pada pembebanan di bawah batas elastis, sedemikian sehingga benda uji kembali kepada bentuk semula bila beban uji ditiadakan. beton berubah bentuk sebagian mengikuti regangan elastis dan sebagian mengalami regangan plastis atau rayapan. Hal ini digambarkan pada Gambar 3.1 dimana diperlihatkan kurva tegangan dan regangan untuk pembebanan yang bertambah terus menerus.

Hubungan yang ada pada elastis, seperti baja, ditunjukkan oleh garis lurus OA, sedangkan untuk bahan yang sebagian plastis, seperti beton, diperlihatkan oleh garis OB. Pada waktu beban ditiadakan suatu benda uji beton telah ditekan sampai titik B. Kemudian regangan elastis menghilang, tetapi regangan plastis tetap dan diperlihatkan oleh OX. Pengaruh dari pada beban yang diulang-ulang diperlihatkan juga dimana perubahan bentuk akibat regangan plastis XY, YZ yang berkurang pada

tiap pengulangan beban, meskipun jumlah perubahan bentuk atau rayapan OX, OY, OZ, terus menerus bertambah.

Regangan ini diperjelas gambarnya dari sebenarnya; di dalam batasan rencana beban yang normal, kurva tekanan regangan beton untuk maksud praktis adalah suatu garis lurus.



**Gambar 3.1:** Kurva tekanan regangan pada beton yang dibebani tidak tetap berulang-ulang (Murdock dan Brook, 1991 :10)

Bilamana beban ditambah melebihi batas rencana, kurva tekanan-regangan jauh menyimpang dari garis lurus, dimana diperlihatkan bahwa tekanan dan regangan tidak lagi berbanding lurus pada tujuan praktis. Batas dari ketidaklurusan perbandingan antara 25 sampai 75 persen dari kekuatan batas, dengan 40 persen sebagai harga rata-rata.

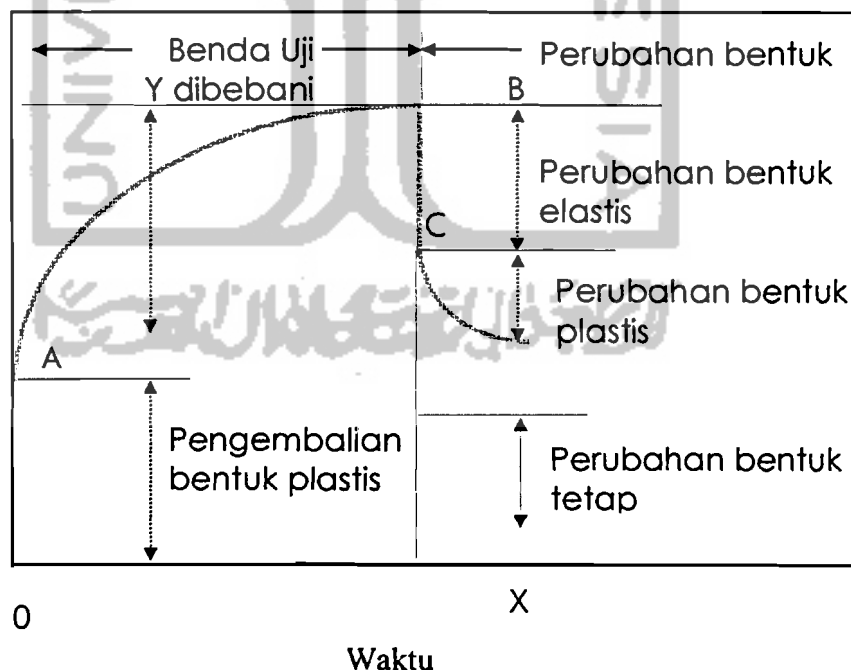
Bilamana beton dibebani dengan beban tetap, perubahan bentuk yang diakibatkan dapat dibagi atas dua buah bagian; perubahan bentuk yang timbul seketika ketika beban bekerja, dan rayapan atau aliran plastis yang mulai beban bekerja, serta terus menerus bertambah tanpa penambahan besaran beban dalam



jangka waktu benda uji mengalami pembebanan. Perubahan bentuk menerus sesuai dengan waktu, dibawah beban tetap digambarkan pada Gambar 3.2, oleh garis AB. Bilamana pada waktu X beban diiadakan, terdapat pengembalian bentuk elastis BC yang sama dengan perubahan bentuk elastis OA. Pengembalian bentuk plastis, yang jauh lebih kecil dari pada rayapan atau aliran plastis AY, kemudian akan mengikutinya secara perlahan-lahan (Murdock dan Brook, 1991 :10).

### 3.3.4. Modulus Elastisitas

Tolok ukur yang umum dari sifat elastisitas suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan.



**Gambar 3.2:** Ilustrasi dari perubahan bentuk beton yang dibebani  
(Murdock, 1991: 11)

$$\text{Modulus Elastisitas (E)} = \frac{f}{\varepsilon}$$

dimana :  $f = \frac{W}{A}$  adalah tekanan yang diberikan, W adalah beban dan A adalah luas tampang melintang.

$\varepsilon = \frac{x}{L}$  adalah perubahan bentuk per satuan panjang atau regangan, x adalah perubahan bentuk dibawah beban W, dan L adalah panjang dari batang.

A, x dan L diukur dalam satuan yang sama.

Beton adalah bahan yang bukan benar-benar elastis, seperti yang telah diterapkan, dan kurva tekanan regangan dari beban yang terus-menerus bertambah adalah jenis yang digambarkan pada OB dalam Gambar 3.1, kelengkungan diperbesar daripada yang sebenarnya agar lebih jelas. Bila mana tak ada perubahan bentuk plastis, maka kurva akan menjadi garis lurus OA, yang merupakan garis singgung OB pada titik awal O.

Modulus elastisitas yang sebenarnya atau modulus pada suatu waktu tertentu dapat dihitung dari garis singgung OA, tetapi untuk maksud praktis biasanya ditentukan besarnya modulus pada tekanan yang dipilih sembarang, dan bekerja pada suatu kecepatan tertentu. disini diperhatikan juga gerakan akibat rayapan.

Maka modulus elastisitas itu besarnya adalah :  $\frac{OP}{PB} = \frac{f}{\varepsilon}$

Dalam hal ini perlu untuk mengatur pembebanan pada kecepatan yang tertentu karena beton mempunyai waktu yang cukup banyak untuk rayapan pada kecepatan

pembebanan yang lebih rendah. Oleh karena rayapan dipengaruhi oleh sejumlah faktor, maka modulus elastisitas juga terpengaruh.

Modulus elastisitas tidak berkaitan langsung dengan sifat-sifat beton lainnya, meskipun kekuatan yang lebih tinggi biasanya mempunyai harga  $\varepsilon$  yang lebih tinggi juga. Untuk beton normal modulus elastisitas berkisar antara 25 - 36 kN/mm<sup>2</sup>. Sebagaimana seperti umumnya, modulus elastisitas juga bertambah, dan juga perlu dicatat, karena cukup penting bahwa batang beton yang terjepit sudah berada pada suatu tingkat regangan karena, misalnya suatu pendinginan setelah pengerasan awal, sehingga terjadi kenaikan tekanan tarik. Hal ini teratasi sebagian oleh pengaruh dari rayapan seperti diterangkan diatas. Bila tertahan sepenuhnya maka tekanan pada suatu waktu diberikan dengan rumus biasa, yaitu :  $f = E \cdot \varepsilon$

Dimana,  $f$  = tegangan beton

$E$  = modulus elastisitas beton

$\varepsilon$  = regangan beton

### 3.3.5. Rayapan

Aliran plastis dan rayapan telah disebutkan dalam hubungannya dengan modulus elastisitas. Rayapan adalah perubahan bentuk yang non-elastis dibawah suatu pembebanan yang diduga disebabkan oleh penutupan pori-pori dalam, aliran dari pasta semen, pergerakan kristal di dalam agregat dan terjadinya penekanan dari gel semen karena adanya tekanan. Di dalam praktek rayapan dan penyusutan kering biasanya timbul secara bersama dan kadang-kadang membingungkan. Pengecualian terdapat pada konstruksi bendungan, terowongan dan pekerjaan dibawah tanah

lainnya, dan konstruksi pejal di mana hanya sedikit atau hampir tidak ada pengeringan yang terjadi.

Rayapan berguna di dalam memungkinkan pengaturan kembali tekanan, bilamana suatu tegangan lokal yang besar intensitasnya dapat mengancam rusaknya konstruksi. Dalam hal ini keuntungan dari rayapan tergantung pada keadaan sekitarnya. Misalnya, bilamana beton ditulangi dengan baja, rayapan umumnya memprakarsai suatu pengalihan beban dari beton kepada baja tulangan. Hal ini mungkin dapat membebaskan beton dari suatu tegangan tinggi, tetapi mungkin juga mengakibatkan tegangan yang berlebihan pada baja tulangan.

Pada beton pra-cetak, rayapan mempunyai akibat sebaliknya yaitu terjadinya pengurangan dari kawat atau kabel pra-tekan; oleh karena itu perlu untuk memberikan kesempatan ini dengan menambah pra-tegangan awal.

Rayapan mengurangi kecenderungan terjadinya retak dalam batang tekan yang tertahan kedua ujungnya, dengan melepaskan tegangan akibat penyusutan. Semakin tinggi persentase tulangan dan semakin besar penahan kedua ujung batang beton, maka demikian juga halnya kecenderungan untuk terjadi retak, tetapi penahanan mempunyai akibat yang menguntungkan, karena retak-retak diinduksikan pada interval yang lebih sering, retak-retak ini biasanya sangat halus dapat diabaikan karena tidak begitu penting.

Rayapan pada beton yang tidak bertulang kira-kira berbanding lurus dengan perbandingan dari tegangan pada kekuatan beton dalam batasan normal yang dipakai didalam rencana, tetapi bilamana keruntuhan semakin dekat, kecepatan dari rayapan juga bertambah dengan cepat.

Kecepatan dari rayapan bergantung kepada faktor-faktor berikut ini :

1. Semakin besar kenaikan kekuatan, rayapan makin dapat dikurangi karena perbandingan tegangan/kekuatan juga berkurang. Tetapi ada hal lain yang malahan menaikkan tegangan, misalnya penyusutan dari suatu batang tertahan kedua ujungnya,
2. Semen, pengaruh semen terhadap rayapan tidak begitu penting kecuali bilamana rayapan dihubungkan dengan angka perbandingan tegangan/tekanan dari beton,
3. perbandingan campuran, rayapan berkurang bilamana perbandingan air semen dan volume dari pasta semen juga berkurang. Pergerakan dari campuran yang sangat basah mungkin sebesar dua kali dari campuran jenis yang kering,
4. agregat, rayapan makin bertambah bilamana agregat semakin halus dan biasanya bertambah besar lagi bila dipakai agregat yang berongga,
5. perawatan, rayapan berkurang ketika hidrasi semen telah berlangsung, sedemikian sehingga beton mengalami rayapan terus pada waktu basah yang besarnya kurang dibandingkan bila dirawat dalam udara terbuka. Pergantian dari basah ke kering mengakibatkan meningkatnya rayapan, dan
6. umur, kecepatan rayapan berkurang sejalan dengan umur beton. Rayapan pada satu tahun dapat mencapai dua kali dibanding pada umur 28 hari, tetapi penambahan rayapan lebih lanjut sebesar 20 persen mungkin membutuhkan 5 tahun. Rayapan batas setelah 20 atau 30 tahun mungkin sebesar 30 sampai 40 persen diatas satu tahun itu.

### 3.3.6. *Workabilitas*

Istilah *workabilitas* sulit didefinisikan secara tepat, dalam uraiannya mengandung sekurang-kurangnya tiga buah sifat yang terpisah :

1. Kompaktibilitas atau kemudahan dimana beton dapat dipadatkan dan rongga-rongga udara diambil,
2. mobilitas, atau kemudahan dimana beton dapat mengalir kedalam cetakan disekitar tulangan dan dituangkan kembali, dan
3. stabilitas, atau kemampuan beton tetap sebagai massa yang homogen; saint homogen; koheren dan stabil selama dikerjakan, digetarkan tanpa terjadi agregasi/pemisahan butiran dari bahan utama butirannya

### 3.4. Bahan Tambahan (*admixture*)

Bahan campuran tambahan (*admixture*) adalah bahan selain unsur pokok beton (semen, air, agregat) berkisar pada campuran bahan kimia sampai pada penggunaan bahan buangan yang dianggap potensial, dan ditambahkan pada adukan sebelum, segera atau selama pengadukan beton segar. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton yang spesifik dalam keadaan segar atau setelah mengeras.

Bahan campuran seharusnya hanya berguna kalau sudah dievaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan dipergunakan. Dalam hal-hal yang meragukan terutama untuk pekerjaan khusus, perlu diadakan pemeriksaan pada contoh yang mewakili, agar diperoleh informasi yang dapat dipercaya. Bahan tambahan biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif

sedikit, dan pengawasan yang ketat, harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan memperburuk sifat beton.

Produk bahan kimia pembantu yang komersial jenisnya sering dikombinasikan. Hanya sedikit informasi secara detail yang diperoleh, terutama tentang komposisi kimianya, sehingga sukar mengestimasi semua pengaruhnya pada beton. Karena itu perlu pertimbangan untuk memakai produk yang sudah dikenal, bila perlu dicoba dengan campuran percobaan. Efek dari bahan ini bisa berbeda untuk pemakaian merk semen yang berbeda (Nugraha, 1990: 70).

#### 3.4.1. Jenis-jenis Bahan Tambahan

Bahan tambahan berkisar pada senyawa bahan kimia sampai pada penggunaan bahan buangan yang dianggap potensial. Bahan kimia pembantu (*admixture*) terdapat bermacam-macam jenisnya.

Menurut ASTM terbagi menjadi ;

1. Jenis A : *Water reducer admixture* (mengurangi air).
2. Jenis B : *Retarder admixture* (memperlambat pengikatan).
3. Jenis C : *Accelerator admixture* (mempercepat pengikatan)
4. Jenis D : *Water reducer dan retarder admixture*.
5. Jenis E : *Water reducer dan accelerator admixture*
6. Jenis F : *Superplasticizer admixture*.
7. Jenis G : *Superplasticizer dan retarder admixture*.

### 3.4.2. Fungsi Bahan Tambahan

#### 1. *Water reducer admixture.*

Sesuai dengan namanya, *admixture* jenis ini berguna untuk mengurangi air campuran tanpa mempengaruhi *workabilitas*. Ini dimungkinkan karena fungsinya sebagai pelumas meskipun tanpa menambah air sampai berapa jauh pengurangan kadar air dengan menggunakan bahan campuran ini tergantung dari karakteristik campurannya, namun umumnya 5 - 10 persen.

Kegunaan *water reducer admixture* antara lain :

1. Mengurangi air tanpa mempengaruhi *workabilitas*, dan
2. pemakaian semen lebih sedikit untuk kekuatan dan *workabilitas* yang sama.

Kelemahan *water reducer admixture* adalah bila pemakaiannya berlebihan akan menyebabkan cacat pada beton, juga dapat menyebabkan pemisahan (*segregation*).

Komposisi utama *water reducer admixture* adalah *ligno sulphonates* produksi sampingan dari industri kayu, atau garam-garam *hydroxylated carboxylic acid*. Bahan campuran pada kelompok *ligno sulphonates* menghasilkan beton yang agak kohesif, kecenderungan mengurangi *bleeding* (peresapan keluar air semen dari campuran beton) (Murdock dan Brook, 1991: 88).

#### 2. *Retarder Admixture.*

*Retarder* adalah bahan kimia pembantu untuk memperlambat waktu pengikatan (*setting time*), sehingga campuran akan tetap mudah dikerjakan (*workable*) untuk waktu yang lebih lama. Penghambatan dan pengembangan



kekuatan beton pada umumnya tidak dikehendaki. Akan tetapi pengurangan kecepatan menyebarnya panas hidrasi sangat menguntungkan karena dapat mencegah timbulnya retak-retak pada bangunan yang sedang dilaksanakan pembetonan massal. Bahan ini paling berguna di negeri-negeri panas dimana beton harus dibawa sejauh tertentu dan untuk pekerjaan beton dalam jumlah besar di musim panas.

Mengenai mekanisme kerjanya, *retarder* akan membungkus butir-butir semen dengan  $\text{OH}^-$  sehingga memperlambat reaksi awal dari hidrasinya. Terbentuknya garam  $\text{Ca}$  dalam air akan mengurangi konsentrasi ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan memperlambat kristalisasi selama fase hidrasi.

Kegunaan *retarder admixture* antara lain :

1. Memperlambat waktu pengikatan (*setting time*) dan pengerasan (*hardening*),
2. menghindari terjadinya sambungan dingin (*cold joint*),
3. untuk pengangkutan yang lama misalnya pada pembuatan beton jadi (*ready mix*), karena proses penundaan waktu pengikatan awal (*initial set*) dengan tetap menjaga *workabilitasnya*, dan
4. untuk kondisi penuangan yang sulit seperti pier dan penyemenan sumur minyak.

Kelemahan *retarder admixture* antara lain ;

1. Dapat mengakibatkan keluarnya air dari campuran beton (*bleeding*), dan
2. ada tendensi pengurangan kekuatan pada umur dini (1 sampai 3 hari).

### 3. *Accelerator admixture.*

Bahan kimia ini dipakai untuk mempercepat waktu pengikatan (*setting time*) reaksi hidrasi, terutama dipakai pada musim dingin dimana pengikatan terlalu lambat. Juga untuk mempercepat peningkatan kekuatan, namun harus hati-hati pemakaiannya pada iklim yang panas.

Komposisi kimia yang paling aktif adalah kalsium klorida. Selain itu juga dipakai garam-garam anorganik yang dapat larut (klorida, bromida, flourida, karbonat, nitrat, thiosulfat, silikat, aluminat, alkali hidroksida), susunan organik yang dapat larut (trithanolamine, kalsium format, kalsium asetat, kalsium propionat, kalsium butiran) dan bahan padat seperti mineral silika (Nugraha, 1990:75).

Kegunaan *accelerator admixture* antara lain :

1. Untuk mempercepat reaksi (pengikatan dan pengembangan kekuatan diri, terutama pada musim dingin), dan
2. dapat digunakan untuk menambal kebocoran pada tekanan air yang merata kesemua arah.

Kerugian pemakaian *accelerator admixture* antara lain :

1. Sifat mempercepatnya kurang berpengaruh pada daerah tropis, bahkan bisa berbahaya karena pengikatan yang terlalu cepat,
2. berpengaruh negatif pada kekuatan beton pada umur 28 hari dan kekuatan akhir, meskipun berpengaruh baik pada kekuatan dini,
3. pemacuan hidrasi menghasilkan panas, hal ini dapat menyebabkan terjadinya retak, dan

4. *accelerator* dari bahan klorida dapat menyebabkan korosi pada tulangan dan mengurangi ketahanan beton terhadap agresi sulfat.

Selain kerugian-kerugian diatas pemakaian yang over dosis dari *accelerator* dapat menyebabkan kesulitan pemadatan dan dapat menambah susut pengeringan.

4. *Water reducer dan retarder admixture.*

Kegunaan *admixture* jenis ini ialah untuk mengurangi air tanpa mempengaruhi *workabilitas* sekaligus untuk memperpanjang waktu pada penuangan campuran beton. Campuran untuk kekuatan tinggi dapat dibuat kemudahan dalam pengerjaan tanpa kehilangan kepadatannya. Pada umumnya digunakan pada perusahaan *ready mix* untuk pengangkutan yang lama.

Bahan dasar yang digunakan ialah modifikasi garam *lignosulfate* atau asam *polyhydroxy carboxylic* dan garam-garamnya. Bahan dasar pertama menambah kadar udara, sedang yang kedua mengurangi kadar udara.

Proses hidrasi yang diperlambat akan menyebabkan puncak panas hidrasi yang lebih rendah, namun dalam pemakaiannya cenderung menyebabkan terjadinya *bleeding*.

5. *Water reducer dan Accelerator admixture.*

*Admixture* jenis ini mengurangi pemakaian air sekaligus mempercepat waktu pengikatan dan perkembangan kekuatan dini. Pemakaian *admixture* jenis ini biasanya berkisar antara 1 % sampai 2 % dari berat semen.

Komposisi kimianya, secara umum adalah modifikasi *lignosulfonate* yang bertindak sebagai asam aktif permukaan dan memaksa flokulasi butir semen

sebagaimana *admixture* jenis *water reducer*. Disamping itu terdapat juga kalsium klorida yang berfungsi mempercepat pengikatan seperti *admixture* jenis *accelerator*, sehingga didapat kekuatan awal yang tinggi. Sedang efek sampingnya sama dengan *accelerator admixture*.

6. *Superplasticizer admixture (water reducer, high range admixture)*.

Bahan kimia tambahan jenis ini merupakan bahan tambahan jenis baru yang telah dikembangkan dan telah banyak penggunaannya. Bila ditambahkan pada campuran beton *superplasticizer* mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workabilitas* sampai pada tingkat yang cukup besar. *Superplasticizer* juga dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton, karena mengurangi penggunaan air dengan mempertahankan *workabilitas* yang sama (Murdock dan Brook, 1991: 93).

Dalam hal *workabilitas* beton, *superplasticizer* juga dapat digunakan meningkatkan nilai slump sampai 20 cm, sehingga sangat berguna untuk pencetakan pada tempat yang terdapat tulangan yang rapat. Terutama digunakan pada beton mutu tinggi, karena mengurangi air sampai 30 %. (Nugraha, 1989:77)

Bahan ini juga memungkinkan beton untuk dicetak dengan cepat pada keadaan yang sesuai, seperti untuk pelat lantai dimana kecenderungan untuk meratakan diri sendiri mengurangi usaha-usaha dalam mencetak dan menghaluskan.

*Superplasticizer* pada umumnya tersedia dalam bentuk cairan dalam komposisi kimia antara lain :

- a. *Sulphonate melamine formaldehyde condensates*,
- b. *sulphonate naphthaline formaldehyde condensates*, dan

c. modifikasi dari *Lignosulfate*.

Dalam hal ini mekanisme kerjanya dapat dijelaskan sebagai berikut, anion berukuran koloidal dengan sejumlah besar polar group dalam mata rantai (N dan O). Sementara anion tersebut terdiri dari sekitar 60 group  $\text{SO}_3$ . Dengan cara ini butir-butir semen secara kuat diberi muatan negatif, sehingga menghasilkan tolak menolak yang mempertinggi kecairan. Secara lebih detailnya dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Butir semen mempunyai kecenderungan untuk menjadi satu dan membentuk kumpulan (*floc*), yang menyebabkan air terjebak di dalamnya,
2. bahan kimia ini membawa muatan listrik negatif, dan jika dimasukkan kedalam air cenderung untuk berpindah ke permukaan air, dengan muatan listrik atau ujung tongkat yang aktif didalam air dan ekor di udara,
3. ekor dari permukaan yang aktif diserap oleh permukaan semen. Akibatnya partikel semen tidak menyatu lagi, sebab permukaan yang bermuatan sama akan saling tolak menolak, dan
4. akibat terjadinya gaya tolak-menolak tersebut, butir semen yang mengumpul tadi menjadi tersebar, sehingga air yang terjebak diantara butir semen tersebut terlepas.

Kegunaan *superplasticizer admixture* adalah :

1. Meningkatkan *workabilitas* yang lebih besar dari pada water reducer biasa, juga bisa mengurangi kebutuhan air,
2. memudahkan pembuatan beton yang sangat cair,
3. memudahkan pembuatan beton yang rapat atau bagian yang sukar dijangkau oleh pepadatan yang memadai, dan

4. karena tidak terpengaruh oleh perawatan yang dipercepat, dapat membantu mempercepat pelepasan kabel prategang dan acuan.

Kelemahan *superplasticizer admixture* antara lain:

1. Harga relatif mahal, dan
2. tidak adanya informasi tentang pengaruh jangka panjang dari *superplasticizer* pada beton dan baja tulangan.

Namun bukti-bukti yang ada, bahan kimia tambahan jenis ini merupakan bahan tambahan jenis baru yang telah dikembangkan dan telah banyak penggunaannya. Bila ditambahkan pada campuran beton *superplasticizer* mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas sampai pada tingkat yang cukup besar. *Superplasticizer* juga dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton, karena mengurangi penggunaan air dengan mempertahankan *workabilitas* yang sama.

Dalam hal workabilitas beton, *superplasticizer* dapat meningkatkan nilai *slump* sampai 20 cm, sehingga sangat berguna untuk pencetakan pada tempat yang sulit seperti tempat yang terdapat tulangan rapat. Terutama digunakan menyatakan bahwa tidak ada alasan untuk tidak percaya bahwa bahan ini dapat menurunkan daya awet dari beton bertulang (Murdock dan Brook, 1991 : 93- 94).

7. *Superplasticizer* dan *retarder admixture* (*water reducer high range* dan *retarding admixture*).

Bahan kimia tambahan jenis ini bersifat mengurangi jumlah air sampai 12% atau lebih dan sekaligus memperlambat pengikatan semen dengan air. Komposisi kimianya sama dengan jenis *superplasticizer*, tetapi bahan yang bersifat

memperlambat lebih banyak. Bahan utamanya adalah modifikasi asam *poly hidroxy-carboxylic* dan garam-garamnya.

Prinsip cara kerjanya sama dengan jenis *retarder* dan jenis *superplasticizer*. Mengkombinasikan pengaruh *superplasticizer* dan *retarder*, yaitu meningkatkan *workabilitas* dan memperlambat waktu pengikatan yang jauh melebihi hasil dari pemakaian jenis *retarder*. Sedang dosis yang digunakan biasanya 300 - 2000 ml per 50 kg semen.

### 3.5. Klasifikasi Mutu Beton

Klasifikasi kelas dan mutu beton ini sesuai dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia Sub Bab 4.2.1 dan 4.2.2. Dalam Sub Bab 4.2.2, diuraikan bahwa beton untuk konstruksi beton bertulang dibagi dalam mutu dan kelas sebagai berikut :

- A. Beton kelas I adalah beton untuk pengerjaan-pengerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu beton kelas I ini dinyatakan dengan Bo,
- B. beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standart : B1, K<sub>125</sub>, K<sub>175</sub>, K<sub>225</sub>. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan sedang terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan . pada mutu-mutu K<sub>125</sub>, K<sub>175</sub> dan K<sub>225</sub>, pengawasan mutu terdiri dari pengawasan yang

ketat terhadap mutu bahan-bahan dengan keharusan memeriksa kekuatan beton secara kontinyu menurut Pasal 4.7, dan

- C. beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural dimana dipakai mutu beton dengan kekuatan tekan karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm<sup>2</sup>. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap yang dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinyu. Mutu beton kelas III

**Tabel 3.1.** Mutu dan Kelas Beton  
(Departemen P.U, 1971b : 35)

| Kelas | Mutu             | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | dg.s = 46<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Tujuan         | Pengawasan Terhadap |            |
|-------|------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------|---------------------|------------|
|       |                  |                       |                                    |                | Mutu Agregat        | Kuat Tekan |
| I     | Bo               | -                     | -                                  | Non Struktural | Ringan              | Tanpa      |
| II    | B1               | -                     | -                                  | Struktural     | Sedang              | Tanpa      |
|       | K <sub>125</sub> | 125                   | 200                                | Struktural     | Ketat               | Kontinu    |
|       | K <sub>175</sub> | 175                   | 250                                | Struktural     | Ketat               | Kontinu    |
|       | K <sub>225</sub> | 225                   | 300                                | Struktural     | Ketat               | Kontinu    |
| III   | K > 225          | > 225                 | > 300                              | Struktural     | Ketat               | Kontinu    |

dinyatakan dengan huruf "K" dengan angka dibelakangnya yang menyatakan kekuatan karakteristik beton yang bersangkutan.

Pembuatan beton sebenarnya tidak semudah mencampurkan bahan-bahan dasarnya untuk membentuk campuran sebagaimana apa yang bisa kita lihat dalam pembuatan bangunan sederhana, tetapi harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton yang baik. Didalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, pada Sub Bab 4.3 dijelaskan tentang campuran beton untuk masing-masing kelas, yang didefinisikan sebagai berikut :



1. Untuk beton mutu Bo dapat dipakai setiap campuran yang lazim dipakai untuk pekerjaan non-struturil, dengan syarat perbandingan jumlah pasir dan kerikil batu pecah terhadap jumlah semen, tidak boleh melampaui 8 : 1,
2. untuk beton mutu B1 dan K<sub>125</sub> harus dipakai campuran nominal semen, pasir, dan kerikil batu pecah dalam perbandingan 1 : 2 : 3 atau 1 : 10 : 20,
3. untuk beton mutu K<sub>175</sub> dan mutu lainnya yang lebih tinggi, hanya dipakai campuran beton yang direncanakan. Yang diartikan dengan campuran beton yang direncanakan adalah campuran yang dapat dibuktikan dengan data otentik dari pengalaman-pengalaman pelaksanaan beton diwaktu yang lalu atau dengan data dari percobaan-percobaan pendahuluan, bahwa kekuatan karakteristik dapat tercapai, dan
4. dalam melaksanakan beton dengan campuran yang direncanakan jumlah semen minimum dan nilai faktor semen maksimum yang dipakai harus disesuaikan dengan keadaan sekelilingnya. Dalam hal ini dianjurkan untuk memakai jumlah-jumlah semen minimum dan nilai faktor air semen maksimum yang tercantum dalam Tabel 4.3.4. PBBI'1971 dimana faktor air semen tersebut berlaku untuk agregat yang berada dalam keadaan kering.

### **3.6. Bahan-Bahan Penyusun Beton**

#### **3.6.1. Semen Portland**

Semen portland atau disingkat SP adalah sejenis bahan ikat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *clinker* yang terutama terdiri dari silika-silika kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan.

Semen portland diperoleh dari hasil pembakaran bahan-bahan dasar yang terdiri antara lain batu kapur (yang mengandung CaO) dan tanah geluh/serpih yang mengandung H<sub>2</sub>O dan SiO<sub>2</sub>. Disamping itu ada tambahan bahan lain sesuai dengan jenis semen yang diinginkan. Campuran dari bahan tersebut diatas selanjutnya dibakar dalam tanur bakar, hingga diperoleh butir-butir *clienker*. Kemudian klingker digiling halus secara mekanik sambil ditambahkan gips tak terbakar. Hasilnya berbentuk tepung kering yang dimasukkan dalam kantong-kantong semen, yang beratnya umumnya 40-50 kg.

Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu masa kompak atau padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Walaupun semen hanya mengisi 10 % saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan aktif maka perlu dipelajari maupun dikontrol.

#### **3.6.1.1. Jenis-jenis dan Kegunaan**

Berdasarkan atas tujuan pemakaiannya, semen portland dibagi dalam 6 (enam) jenis, yaitu ;

1. Jenis I : Untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya,
2. Jenis II : Untuk konstruksi umumnya terutama sekali bila disyaratkan agar tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal tinggi.

4. Jenis IV : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat, dan
6. *Oil Well Cement* : Merupakan semen khusus yang dipergunakan pada konstruksi sumur minyak bumi dan gas alam yang mempunyai kedalaman tertentu.

#### 3.6.1.2. Sifat-sifat Semen Portland

Penggolongan jenis semen satu terhadap semen yang lain dapat terjadi karena komposisi kimia maupun secara fisis yang menyusun mempunyai standart teknis berbeda-beda (disesuaikan dengan karakter yang diinginkan dalam penggunaannya dalam suatu konstruksi). Secara singkat dapat diuraian sebagai berikut :

##### 3.6.1.2.a. Susunan Kimia

Karena bahan dasarnya terdiri dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi, maka bahan-bahan ini menjadi unsur-unsur pokok semennya. Oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan.

Walaupun demikian pada dasarnya dapat disebutkan empat unsur yang paling penting yaitu :

1. Trikalsium Silika ( $C_3S$ ) atau  $3CaO.SiO_2$ ,
2. Dikalsium Silika ( $C_2S$ ) atau  $2CaO.SiO_2$ ,

3. Trikalsium Aluminat ( $C_3A$ ) atau  $3CaO \cdot Al_2O_3$ ,
4. Tetra Kalsium Aluminoforit ( $C_4AF$ ) atau  $4CaO \cdot Al_2O_3$ .

**Tabel 3.2.** Unsur Kimia Semen Biasa  
(Tjokrodimulyo, 1992 : 23)

| Oksida                         | Persen (%) |
|--------------------------------|------------|
| Kapur ( $CaO$ )                | 60-65      |
| Silika ( $SiO_2$ )             | 17-25      |
| Alumina ( $Al_2O_3$ )          | 3-8        |
| Besi ( $Fe_2O_3$ )             | 0.5-6      |
| Magnesia ( $MgO$ )             | 0.5-4      |
| Sulfur ( $SO_3$ )              | 1-2        |
| Soda/Potash ( $Na_2O + K_2O$ ) | 0.5-1      |

Huruf dalam tanda kurung pertama hanyalah simbol dari komponen tersebut. Dua unsur yang pertama (1 dan 2) berkisar antara 70 sampai 80 persen dari semen, sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen.

#### 3.6.1.2.b. Hidrasi Semen

Bila semen bersentuhan dengan air, maka proses hidrasi berlangsung dalam arah keluar dan kedalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap dibagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi dibagian dalam secara bertahap akan terhidrasi, sehingga volumenya mengecil. Reaksi tersebut berlangsung lambat, antara 2 - 5 jam (periode induksi atau tak aktif) sebelum mengalami percepatan setelah kulit permukaan pecah. Pada tahapan hidrasi berikutnya, pasta semen terdiri dari gel (suatu butiran yang sangat halus hasil hidrasi, memiliki luas permukaan yang sangat besar), dan sisa-sisa semen yang tak bereaksi, kalsium hidroksida  $Ca(OH)_2$  dan air, serta beberapa senyawa yang lain. Kristal-kristal dari berbagai senyawa yang dihasilkan

membentuk suatu rangkaian tiga dimensi yang saling merekat secara random dan kemudian sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang mula-mula ditempati air, lalu menjadi kaku dan munculah suatu kekuatan yang selanjutnya mengeras menjadi benda yang padat dan kuat. Dengan demikian pasta semen yang telah mengeras memiliki struktur yang berpori, dengan ukuran pori bervariasi dari yang sangat kecil ( $4 \times 10^{-7}$  mm) sampai yang lebih besar. Pori-pori ini disebut pori-pori gel, pori-pori yang berada didalam pasta semen yang sudah keras itu mungkin saling berhubungan tapi mungkin juga tidak. Setelah hidrasi berlangsung, endapan hasil hidrasi pada permukaan butiran semen membuat difusi air kebagian dalam yang belum terhidrasi semakin sulit, sehingga laju hidrasi semakin lambat. Proses hidrasi ini bisa berlangsung sampai 50 th, sehingga kekuatan tekan beton akan terus naik.

#### **3.6.1.2.c. Sifat Fisik Semen**

Semen portland yang dipakai untuk struktur harus mempunyai kualitas tertentu yang telah ditetapkan agar dapat berfungsi secara efektif. Pemeriksaan secara berkala perlu dilakukan baik yang masih berbentuk bubuk kering maupun yang pasta semennya yang sudah keras, juga betonnya yang dibuat dari semen tersebut. Sifat fisik semen salah satunya adalah kehalusan butir, dimana reaksi antara semen dan air dimulai dari permukaan butir-butir semen, sehingga semakin luas permukaan butir-butir semen (dari berat semen yang sama) makin cepat proses hidrasinya. Hal ini berarti bahwa, butir-butir semen yang halus akan menjadi kuat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat dari pada semen dengan butir-butir yang lebih kasar. Secara umum, semen berbutir halus meningkatkan kohesivitas pada beton segar

(*fresh concrete*) dan dapat pula bleeding, akan tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut peraturan, paling sedikit 78 % berat semen harus dapat lewat ayakan nomor 200 (lubang 1/200 inc). Namun perlu dicatat, bahwa jika butir-butir semen terlalu halus, sifat semen akan menjadi kebalikannya, karena terjadi hidrasi awal (Tjokrodimulyo, 1992:2.7).

### 3.6.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kurang lebih menempati 70 % volume dari beton atau mortar. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar beton, sehingga pemilihan agregat sangat penting dalam pembuatan mortar beton.

Secara garis besar agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu :

1. Agregat halus yaitu agregat yang berbutir kecil yang lolos ayakan no. 4, dan
2. agregat kasar yaitu agregat yang berbutir kasar, tertahan pada ayakan no. 4.

### 3.6.3. Pasir

Pasir merupakan bahan batuan dengan ukuran kecil 0,15-5mm. Dalam hal ini, pasir diidentifikasi sebagai agregat halus. Pasir diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara alami atau dapat pula diperoleh dengan cara memecah batu alam. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu karena

beberapa sebab. Pasir dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai atau tepi laut. Oleh karena itu pasir digolongkan menjadi 3 (tiga) macam :

#### 1. Pasir Galian

Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, sudut berpori dan bebas dari kandungan garam, tetapi biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci,

#### 2. pasir sungai

pasir diperoleh dari sungai yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir-butir agak kurang karena butir yang bulat. Karena besar butirannya kecil maka baik dipakai untuk memplester tembok. Juga dipakai untuk keperluan yang lain.

#### 3. pasir laut

pasir laut ialah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu basah dan mengakibatkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Oleh karena itu sebaiknya pasir laut jangan dipakai.

Pasir diperoleh dengan memecah batu menjadi berukuran butiran yang diinginkan dengan cara meledakkan, memecahkan, menyaring dan sebagainya. Dari kronologinya agregat alam maupun yang hasil pemecahan dapat dibagi menjadi beberapa jenis kelompok yang memiliki sifat-sifat khusus (Tjokrodimulyo, 1992 : 3.4).

### 3.6.4. Batu Pecah Atau Kerikil

Batu pecah atau kerikil merupakan batuan yang mempunyai ukuran antara 5 - 40 mm. Proses memperoleh batu pecah atau kerikil biasa dengan menggunakan alat pemecah atau bisa dengan cara alami seperti batuan sungai.

Batuan yang apabila dipecah bisa digunakan untuk campuran beton antara lain :

1. Batu kapur adalah suatu batuan hasil sedimentasi yang komposisi utamanya adalah kalsium karbonat. Semakin keras jenis batuan ini maka semakin cocok untuk pembuatan beton, seperti di daerah Debyshire dan Mendips,
2. batu api, terdiri dari bermacam-macam jenis batuan seperti granit, basalt, dolerit, gabbros. Granit merupakan batu api yang paling baik untuk beton dikarenakan sangat keras, ulet dan padat,
3. *sand stone*, semua jenis ini sangat baik untuk agregat terutama yang mempunyai komposisi *quart* yang terikat oleh oksida besi terhidrasi atau amorphous silika, dan
4. batuan metamorfosa, batuan ini memiliki karakter yang bervariasi terutama marmer dan *quartzites* yang sifatnya pejal, padat, serta ulet dan kuat.

Akan tetapi sebaiknya agregat yang digunakan untuk bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat. Syarat-syarat untuk agregat antara lain sebagai berikut :

1. Harus mempunyai variasi besar butiran (gradasi) yang baik sehingga rongganya sedikit (untuk pasir modulus halus butirnya anatar 1,50 - 3,80 mm). Pasir seperti ini hanya memerlukan pasta semen yang sedikit,
2. butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut. Ukuran agregat dapat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus dengan mesin uji *Los Angeles* atau bcjana *Rudolff*,



3. tidak boleh mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm dan tidak boleh lebih dari 5% agregat halus. (prosentase berat dalam keadaan kering),
4. harus yang benar-benar tidak mengandung zat organik,
5. tidak boleh mengandung bahan garam, minyak dan sebagainya, dan
6. bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca.

Untuk beton tingkat keawetan yang tinggi, agregat halus mempunyai reaktif yang negatif terhadap alkali.

#### 3.6.5. Air

Air yang dimaksud disini adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan, perawatan beton, pemadatan kapur, adukan pasangan dan plesteran.

Air digunakan untuk pembuatan adukan seperti bubur kental dan juga sebagai bahan untuk menimbulkan reaksi pada bahan lain untuk dapat mengeras, seperti fungsinya dalam pekerjaan pembuatan beton. Oleh karena itu air sangat dibutuhkan didalam pelaksanaan pekerjaan pasangan, sehingga tanpa air konstruksi pasangan tidak akan terlaksana dengan baik dan sempurna. Syarat-syarat air untuk keperluan tersebut adalah :

1. Air harus bersih, dengan kata lain bebas dari bahan organik, seperti kotoran hewan, kotoran manusia dan tumbuh-tumbuhan,
2. air tidak boleh mengandung minyak, lumpur, garam, dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual dan zat-zat lain,
3. tidak mengandung benda-benda tersuspensi, lebih dari 2 gram/liter,

4. tidak mengandung garam-garam yang dapat larut yang dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gr/liter. Kandungan klorida (Cl) tidak lebih dari 500 p.p.m. dan senyawa sulfat,
5. bila dibanding dengan kekuatan tekan adukan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10 %, dan
6. semua air yang mutunya meragukan harus dianalisis secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya,

Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat yang tersebut diatas, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 p.p.m.

### 3.6.6. *Bentonite* Sebagai Material Tambahan

*Bentonite* bukan satu-satunya bahan yang dimungkinkan dapat dicampurkan sebagai bahan tambahan pada pengolahan beton. Pemilihan material ini diharapkan dapat memperbaiki atau merubah sifat-sifat beton. Wujud *bentonite* yang diamati saat mata telanjang tampak seperti tanah (dalam bentuk serbuk), dan seperti lumpur apabila bersenyawa dengan air.

Untuk produksi PT. Indobent Wijaya Mineral, *bentonite* mempunyai kehalusan sekitar 400 mesh. Dengan sifat plastis dan koloidal tinggi, *bentonite* akan cenderung membentuk beton yang plastis dan kohesif, dimana mempunyai kecenderungan mereduksi air dan sifat-sifat lain yang akan diteliti.

### 3.6.6.a. Sifat Fisik dan Minerologi *Bentonite*

Seperti dalam pembahasan terdahulu, kandungan mineral yang mendominasi *bentonite* adalah montmorilonit, dimana montmorilonit terdapat dalam habitat massa tanah dan secara fisik berbentuk kristal sukar dilihat (dibedakan). Mempunyai kekerasan antara 2 - 2,5 dan berat jenis antara 2 - 2,7 akan menurun dengan kadar air. Warna biasanya kelabu atau kelabu kehijauan. Goresan berwarna putih serta tidak mengkilap/baur.

Mineral lempung *smektit* memiliki butiran yang sangat halus dan secara kimia sangat aktif. Sejumlah substitusi ion mungkin terjadi dalam lapisan oktahedron. Salah satu contoh mineral smektit yang khas adalah montmorilonit. Mineral lempung montmorilonit dapat dengan mudah menyerap dan menghilangkan air.

Sedangkan *bentonite* sebagai material yang heterogen, mempunyai berat jenis yang relatif kecil berkisar (2,13 - 2,18), perbandingan secara jelas dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 3.3.** Nilai Khas Beberapa Jenis Mineral Tanah  
(Bowles, 1991 : 44)

| Mineral            | Berat Jenis | Mineral         | Berat Jenis |
|--------------------|-------------|-----------------|-------------|
| Bentonite          | 2,13 - 2,18 | Muskovit (Mika) | 2,80 - 2,90 |
| Gypsum             | 2,30        | Dolomit         | 2,87        |
| Gibsit             | 2,30 - 2,40 | Aragonit        | 2,94        |
| Montmorillonite    | 2,40        | Anhydrit        | 3,00        |
| Felspar ortoklas   | 2,56        | Boitit (Mika)   | 3,00 - 3,10 |
| Illit              | 2,00        | Hornblende      | 3,00 - 3,47 |
| Kuarsa             | 2,60        | Augit           | 3,20 - 3,40 |
| Kaolit             | 2,60 - 2,63 | Olivin          | 3,27 - 3,37 |
| Klorit             | 2,60 - 3,00 | Limonit         | 3,80        |
| Felspar Plagioklas | 2,62 - 2,76 | Siderit         | 3,83 - 3,88 |
| Talkum             | 2,70 - 2,80 | Hermitit        | 4,90 - 5,30 |
| Kalsit             | 2,80 - 2,90 | Magnetit        | 5,17 - 5,18 |

### 3.6.6.b. Unsur Kimia *Bentonite*

*Bentonite* mempunyai struktur kimia yang tidak mengandung kalsium (Ca), sehingga apabila direaksikan dengan Asam klorida (HCl) akan membuih, gelembung-gelembung udara. Dalam kandungan struktur tanahnya mengandung natrium (Na) sebagai indikasi fungsi khas *bentonite*, yakni dapat mengembang (mereduksi air). Apabila kadar standart Na masih kurang, penambahan soda ash pada *bentonite* sangat diperlukan supaya fungsi mereduksi air (khususnya dalam pembuatan beton plastis) tetap optimal.

**Tabel 3.4.** Hasil Analisa Kimia Bentonite  
(Dinas Vulkanologi dan Geofisika Gunung Merapi, 1997)

| Unsur                          | Kandungan (%) Berat |       | Unsur                         | Kandungan (%) Berat |      |
|--------------------------------|---------------------|-------|-------------------------------|---------------------|------|
|                                | A                   | B     |                               | A                   | B    |
| SiO <sub>2</sub>               | 48,2                | 47,21 | K <sub>2</sub> O              | 0,27                | 0,28 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,19               | 16,38 | MnO                           | 0,12                | 0,13 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12,13               | 12,84 | TiO <sub>2</sub>              | 1,01                | 1,07 |
| CaO                            | 1,96                | 1,84  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0,42                | 0,52 |
| MgO                            | 2,77                | 2,84  | H <sub>2</sub> O              | 6,18                | 6,1  |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,44                | 2,56  | HD                            | 8,23                | 8,17 |

Produksi *Bentonite* di Indonesia didasarkan pada kebutuhan yang sangat besar terutama sektor industri dan eksplorasi-eksploitasi minyak, yang sementara bahan *bentonite* masih harus diimport untuk kebutuhan dalam negeri. Pada perkembangan fungsinya *bentonite* sangat membantu, baik secara teknis maupun non-teknis terhadap beberapa permasalahan pemberdayaan.

### 3.7. Hipotesis

*Bentonite* yang dicampurkan kedalam campuran beton merupakan bahan tambah yang difungsikan untuk memperbaiki sifat kimiawi beton yang digunakan. Perbaikan sifat kimiawi ini akan berpengaruh pada fisik beton, sehingga dapat meningkatkan kuat desak beton.

