

BAB II

DASAR TEORI

2.1. BANGUNAN PERESAP

2.1.1. Pengertian

Pengertian dari bangunan peresap adalah⁵ :

1. Peresap adalah proses penambahan air kedalam lapisan air tanah dari sebagian air hujan, yang dapat menaikkan muka air tanah.
2. Bangunan peresap adalah sarana untuk menampung dan meresapkan air hujan atau air permukaan kedalam tanah.

2.1.2. Daerah Peresapan

Bangunan peresap ini perlu dibangun pada daerah – daerah yang mengalami permasalahan-permasalahan sebagai berikut :

1. Adanya tendesi bahwa lahan peresap alami makin menyempit.
2. Melimpahnya air permukaan dimusim hujan.
3. Sumur-sumur penduduk mengalami kekeringan dimusim kemarau.

Agar dapat berdaya guna dan berhasil guna, disamping persyaratan adanya permasalahan diatas, persyaratan lain yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi dan bentuk bangunan adalah :

1. Daya resap lapisan batuan yang mendasari bidang peresapan harus cukup besar.
2. Kondisi dan kualitas lingkungan alam dan keairan sekitar bangunan peresap harus memenuhi persyaratan konservasi.
3. Biaya pembangunan dan pemilihan hendaknya realistis atau relatif tidak mahal.

⁵ Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, “Bangunan peresap sebagai sarana drainase berwawasan lingkungan”, 2006.

2.2. BETON LULUS AIR (*POROUS CONCRETE*)

Beton lulus air (*porous concrete*) adalah suatu elemen bahan bangunan yang dibuat dari campuran agregat kasar, semen hidrolis atau sejenisnya, air dan sedikit agregat halus dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut, campuran ini menciptakan suatu sel terbuka struktur, membiarkan air hujan untuk menembus mendasari lahan.

Beton lulus air (*porous concrete*) bertujuan untuk mengalirkan air hujan di permukaan ke lapisan dibawahnya melalui celah-celah beton, mengurangi kecepatan erosi tanah, khususnya pada tanah yang miring dan menghambat penguapan air tanah dibawahnya, sehingga dapat menjaga kelembaban dan keseimbangan air tanah. Beton lulus air digunakan pada perkerasan yang memiliki beban lalu lintas yang rendah, contoh : jalan lokal, pedestrian, taman, dll.

Persyaratan Beton lulus air (*porous concrete*), yaitu :

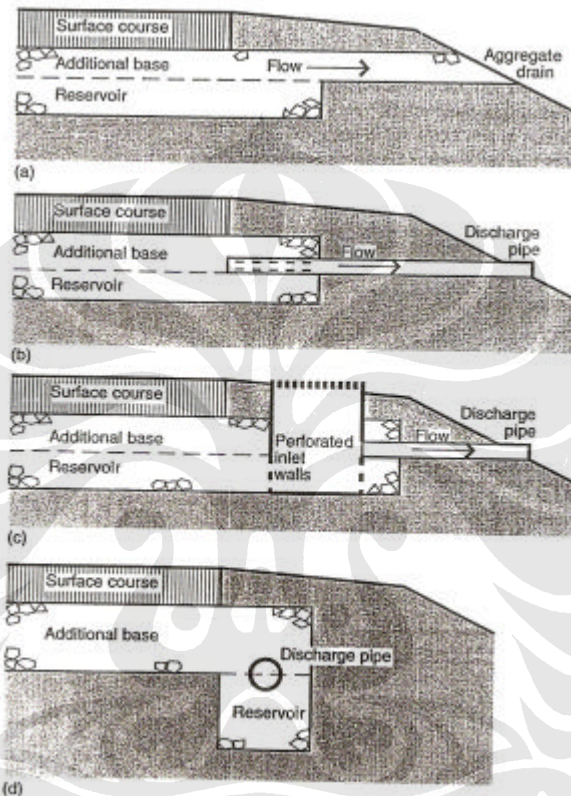
1. Air yang melalui celah beton adalah air hujan yang tidak tercemar atau limbah.
2. Tidak digunakan pada jalan yang dilalui oleh kendaraan berat.



Gambar 2.1. Beton Lulus Air (*Porous Concrete*)

Keuntungan dari penggunaan beton lulus air (*porous concrete*) dilihat dari sisi lingkungan, yaitu :

1. Mengisi kembali tingkat air tanah dalam batas normal.
2. Mengalirkan air ke akar-akar pohon dan area tanah, sehingga mengurangi kadar kebutuhan dalam irigasi.



Gambar 2.2. Pengaliran Air Dari Atas Perkerasan

2.2.1. Agregat

Agregat adalah bagian terpenting dari beton lulus air (*Porous Concrete*). Agregat memberikan bentuk pada beton, serta beton menjadi lebih murah dan ekonomis.

Pada pembuatan beton lulus air (*porous concrete*) ukuran dan jumlah rongga yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh agregat yang digunakan dalam campuran.

2.2.1.1. Ukuran Agregat

Ukuran partikel agregat sangat berpengaruh pada sifat permeabilitas, stabilitas dari beban lalu lintas, dan aksesibilitas pejalan kaki.

Persyaratan analisa saringan agregat untuk material beton dapat dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 2.1. Analisa Saringan Agregat Kasar

UKURAN SARINGAN	% LOLOS (BERAT)	
	MAXIMUM 10 mm	MAXIMUM 19 mm
20 mm (¾")	100	100
12.7 mm (½")	100	30 – 100
9.5 mm (3/8")	85 -100	0 – 55
4,75 mm (No.4)	20 - 45	0 – 10
0.075 mm (No. 200)	0 -2	0 -2

2.2.1.2. Sifat fisik agregat

Sifat fisik agregat sangat mempengaruhi sifat beton segar dan beton keras. Sifat-sifat fisik dari agregat adalah sebagai berikut:⁶

1. Bentuk agregat

Bentuk dari agregat sangat penting pada beton karena mempengaruhi workability beton. Bentuk dari agregat dipengaruhi oleh jenis batuanannya dan proses pemecahan batuanannya. Kekasaran permukaan dan kebersihan agregat membantu pergesekan (*friction*) dan mengikat diantara agregat.

⁶ Yusuf Latief, Materi Kuliah Metode Konstruksi "Construction Method Rigid Pavement"

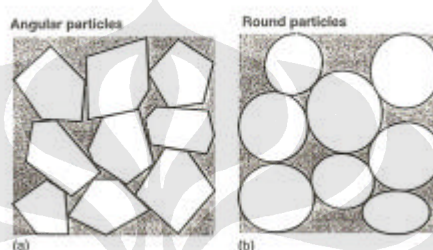
Ditinjau dari bentuk agregat digolongkan sebagai berikut :

a. Bulat

Berbentuk bulat penuh atau bulat telur. Agregat ini banyak ditemukan di sungai.

b. Bersudut

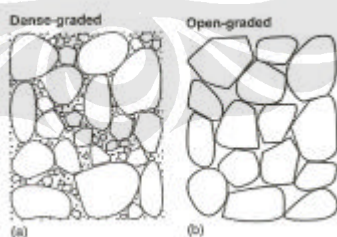
Bentuk ini tidak beraturan, mempunyai sudut yang tajam dan permukaan kasar. Agregat ini terbentuk karena dipecah dengan mesin pemecah batu.



Gambar 2.3. Bentuk Agregat

2. Susunan butiran (gradasi)

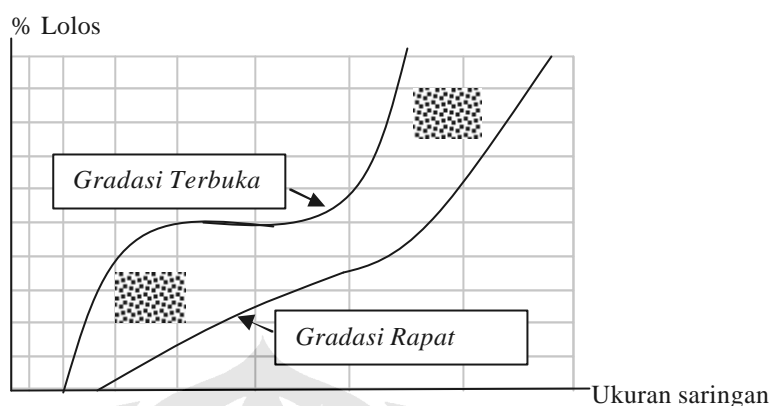
Ada dua macam susunan gradasi dari agregat yaitu : gradasi rapat (*dense graded*) yaitu memiliki bermacam-macam ukuran, dan gradasi terbuka (*open graded*) yaitu memiliki ukuran yang tidak ada, yang dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.4. Gradasi Rapat dan Gradasi Terbuka

Dari gambar terlihat gradasi rapat (*dense graded*) memiliki pengikatan antar agregat yang dapat saling mengisi rongga udara, namun membuat permeabilitas aliran menjadi kecil tetapi stabilitas tinggi. Kebalikan untuk gradasi terbuka (*open graded*).

Jenis-jenis gradasi tersebut dapat juga digambarkan dalam grafik analisa saringan sebagai berikut :



Gambar 2.5. Grafik analisa saringan

3. Berat jenis (*specific gravity*) dan penyerapan air
Sebelum merancang beton perlu diketahui dulu berat jenis agregatnya. Berat jenis ini akan mempengaruhi rancangan campuran beton. Berat jenis ini ada tiga macam yaitu:
 - a. *Bulk Specific Gravity* antara berat suatu benda dalam keadaan kering mutlak dengan berat air murni yang sama dengan volume benda termasuk volume pori-pori yang tidak tembus air dan tidak termasuk volume pori-pori kapiler yang dapat terisi oleh air.
 - b. *Bulk Specific Gravity (Saturated Surface Dry)* ialah perbandingan antara berat suatu benda pada keadaan jenuh kering muka dengan berat air murni yang sama dengan volume benda termasuk volume pori-pori yang tidak tembus air dan tidak termasuk volume pori-pori kapiler yang dapat terisi oleh air.
 - c. *Apparent Specific Gravity (Saturated surface Dry)* ialah perbandingan antara berat suatu benda dalam keadaan kering mutlak dengan berat air murni yang sama dengan volume benda termasuk seluruh pori-pori yang terkandung didalamnya.

Karena dalam beton kondisi agregat dalam keadaan jenuh maka didalam rancangan campuran hanya *Bulk Specific Gravity SSD* saja yang digunakan.

Penyerapan air adalah kemampuan suatu benda untuk menyerap air dari keadaan kering mutlak menjadi keadaan SSD. Penyerapan air pada agregat mempengaruhi terhadap daya rekat antara pasta semen dengan agregat serta keawetan dari agregat itu sendiri. Pada umumnya agregat yang memiliki penyerapan air tinggi daya rekatnya dengan semen baik, tetapi dengan penyerapan air tinggi dapat menyebabkan mineral yang mudah larut dalam air akan cepat hilang sehingga keawetan dari agregat menjadi berkurang.

Sifat lain dari agregat yang perlu diketahui adalah kadar air dari agregat. Kadar air pada agregat berubah tergantung kondisi agregatnya. Kondisi agregat dapat digambarkan sebagai berikut:

a. Kondisi basah

Pada kondisi ini agregat jenuh dengan air yang ada sampai menyelimuti agregatnya. Kondisi ini terjadi pada agregat yang selalu dalam kondisi basah karena air hujan atau terendam air.

b. Kondisi SSD

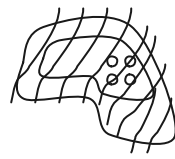
Kondisi ini adalah kondisi dimana agregat di dalamnya jenuh dengan air tetapi bagian permukaannya kering. Kondisi ini terjadi pada agregat yang basah dan jenuh air di lapisan bagian permukaannya.

c. Kondisi kering udara

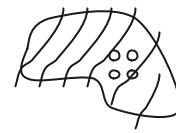
Apabila agregat ditempatkan pada ruang terbuka dan airnya mengalami penguapan tetapi air yang dikandungnya tidak habis. Biasanya pada musim kemarau agregat dalam kondisi ini.

d. Kondisi kering oven

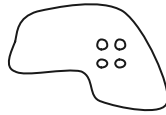
Kondisi ini didapat bila agregat didalam suhu lebih dari 100°C, sehingga kadar airnya 0%.



Kondisi basah



Kondisi SSD



Kondisi kering oven



Kondisi kering udara

Gambar 2.6. Kondisi Air pada Agregat

2.2.2. Air

Air adalah suatu bahan yang penting dalam pembuatan beton, air diperlukan agar terjadi reaksi kimia dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumasi agregat agar mudah dalam pengerjaannya. Air yang umumnya dapat digunakan untuk beton adalah air yang dapat diminum. Tetapi tidak semua air dapat memenuhi syarat tersebut karena mengandung berbagai macam unsur yang dapat merugikan.

SKSNI mensyaratkan air yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan sebagai berikut:

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung benda-benda yang tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
4. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter. Kandungan klorida (CL) tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO_3 .
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.

2.3. GEOPOLIMER

Geopolimer merupakan sintesa bahan-bahan alam nonorganik lewat proses polimerisasi. Bahan dasar utama yang diperlukan untuk pembuatan material geopolimer ini adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silikon dan aluminium. Unsur-unsur ini banyak didapati, di antaranya pada material buangan hasil sampingan industri, seperti misalnya abu terbang dari sisa pembakaran batu bara.

Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.⁷



Gambar 2.7..Abu Terbang (*fly ash*)

2.3.1. Sifat-Sifat Abu Terbang

Sifat-sifat abu terbang (*fly ash*) akan mempengaruhi semua aspek dari sifat campuran beton, baik beton segar, beton yang telah mengeras, maupun pada proporsi campuran beton.

⁷ Djwantoro Hardjito, “Abu Terbang Solusi Pencemaran Semen”, Sinar Harapan, 29 Oktober 2001

Sifat-sifat abu terbang, yaitu :

1. Memperbaiki sifat pengerjaan (*workability*)

Dengan adanya abu terbang yang memiliki butiran bulat dan halus akan menguntungkan terhadap workabilitas dari campuran beton karena dapat bergerak lebih bebas dan partikel halus dapat memasuki rongga-rongga antar butiran, sehingga campuran beton menjadi lebih plastis dan kohesinya lebih baik.

2. Meningkatkan ketahanan beton (*durability*)

Sifat pozzolan yang dimiliki abu terbang akan bereaksi dengan Ca(OH) , yang bebas dan larut dalam air pada waktu hidrasi semen dan membentuk Kalsium Silikat dan Kalsium Aluminat Hidrat yang sangat membantu ketahanan beton.

3. Meningkatkan kerapatan beton

Ruang-ruang yang ditinggalkan larutan Ca(OH) , yang hilang bersama air dalam proses pengeringan terisi oleh Kalsium Silikat dan Kalsium Aluminat Hidrat maka kerapatan beton menjadi lebih baik.

4. Menurunkan panas hidrasi

Reaksi kimia antara abu terbang dengan kapur jauh lebih lambat dari proses hidrasi, sehingga akan menghasilkan perubahan panas yang lebih lambat pula dan akhirnya akan mengurangi derajat panas yang terjadi selama hidrasi.

5. Menurunkan kerusakan akibat sulfat

Bersamaan dengan meningkatnya kerapatan dan kepadatan beton dengan abu terbang, maka ketahanan terhadap serangan sulfat lebih kuat daripada beton tanpa abu terbang.

6. Mengurangi penyusutan

Rendahnya ketegangan dalam beton karena lambatnya perkembangan temperatur dan rendahnya derajat panas hidrasi, akan menurunkan penyusutan pada tahap pengeringan.

7. Menurunkan bleeding dan segregasi

Disebabkan butiran yang halus akan menghalangi kecenderungan dari campuran beton untuk bleeding dan segregasi.

2.3.2. Bahan Penyusun Geopolimer

Bahan penyusun geopolimer adalah prekursor dan aktivator, kedua bahan tadi akan bersintesa membentuk material padat dimana proses polimerisasinya yang terjadi adalah diikuti dengan proses polikondensasi.⁸

2.3.2.1. Prekursor

Bahan mentah (*raw materials*) atau prekursor yang digunakan untuk bentuk geopolimer dapat berupa mineral Alumina Silikat alami seperti lempung atau limbah industri tanah lempung perlu dikalsinasi (*calcined*) pada suhu sekitar 650°C sebagai pengolahan awal untuk mengubah struktur kristal dari kristalin menjadi senyawa *amorf* yang reaktif. Limbah industri yang memiliki banyak kandungan alumina dan silika dapat digunakan sebagai prekursor geopolimer. Limbah industri yang termasuk ke dalam klasifikasi ini diantaranya adalah *Blast Furnace Slag*, abu terbang (*fly ash*), serbuk granit, dan lumpur merah (*red mud*).

2.3.2.2. Aktivator

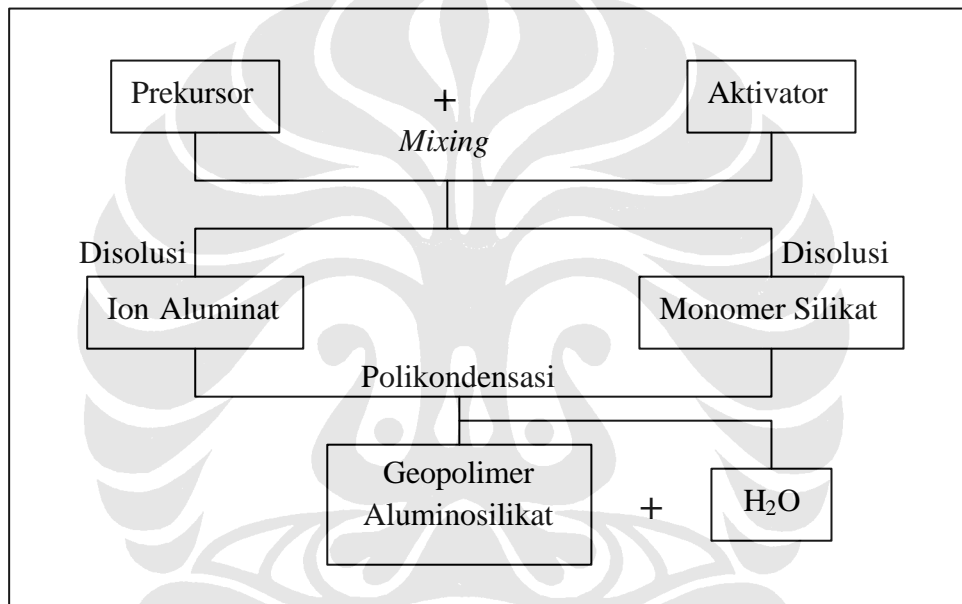
Aktivator dibutuhkan untuk reaksi disolusi dan polimerisasi monomer alumina dan silika. Alkali melarutkan (disolusi) prekursor kedalam monomer (SiO_4) dan (AlO_4). Selama proses curing monomer-monomer tadi terkondensasi dan membentuk jaringan polimer tiga dimensi yang berikatan silang. Ion alkali bertindak sebagai penetral muatan untuk tiap molekul tetrabedron alumina.

Larutan sodium silikat adalah aktivator yang secara umum digunakan karena mudah didapat dan ekonomis. Kandungan sodium silikat menyediakan kation berikatan valensi satu (Na^+) sebagai aktivator dimana ion resi prokolnya Si^{4+} merupakan komposisi utama geopolimer sodium silikat terlarut dalam air, menyediakan lingkungan reaksi cairan padatan yang ideal untuk pelarutan material prekursor.

⁸ Daniel Agustinus Hartanto. "Pembuatan Beton Geopolimer Dengan Menggunakan Sisa Beton Semen". Skripsi. Universitas Indonesia. hlm.32

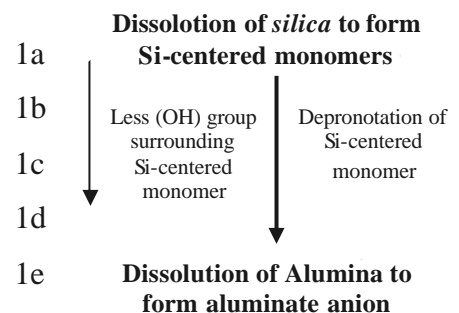
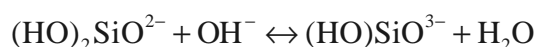
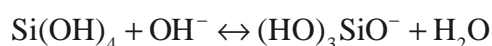
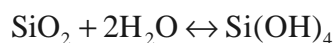
2.3.2.3. Proses Polimerisasi

Sintesa geopolimer aluminosilikat membutuhkan dua konstituen utama dalam reaksi pencampuran, yaitu: (1) Prekursor yang kaya akan kandungan Al dan Si; dan (2) larutan alkali silikat. Meskipun mekanisme polimerisasinya masih belum dapat dipastikan, Davidovits mengemukakan reaksi polimerisasi awal adalah berupa disolusi prekursor untuk membentuk monomer aluminat dan silikat. Kemudian dilanjutkan dengan proses polikondensasi. Sebagaimana digambarkan pada Gambar 2.8, proses polimerisasi akan menghasilkan geopolimer dengan hasil samping H_2O .



Gambar 2.8. Alur Polimerisasi

Disolusi sodium silikat dan *silica* dari prekursor metakaolin dapat membentuk beberapa tipe spesies numerik berinti-Si (Si-centred monomeric), sebagaimana diterangkan pada persamaan 1a-1d



Perpanjangan lengan monomer $\text{Si}(\text{OH})_4$ untuk membentuk monomer berinti -Si dengan sedikit grup OH, sebagian besar tergantung pada konsentrasi pH larutan tersebut. Kehadiran OH, tidaklah esensial pada proses disolusi silika, namun OH lebih bersifat sebagai katalis. Sebaliknya, pada disolusi alumina dari prekursor, OH dikonsumsi untuk menghidrolisis unsur Al untuk membentuk anion aluminat $\text{Al}(\text{OH})_4$ (pers. 1e). Atas pertimbangan diatas, untuk mencapai disolusi yang sempurna pada pembentukan monomer aluminat dan silikat dibutuhkan larutan alkali aktivator yang mencukupi.

2.4. TEKNOLOGI BAHAN

Beton merupakan bahan yang keras menyerupai batu, terbuat dari campuran semen hidrolis, air dan agregat. Beton yang masih segar bersifat plastis sehingga mudah dikerjakan. Beton yang plastis makin lama akan mengalami pengikatan sehingga menjadi keras. Lamanya pengikatan dipengaruhi oleh jenis semen dan suhu sekitarnya.

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh susunan campurannya, terutama perbandingan antara berat air dan berat semen atau dinyatakan dengan Faktor Air Semen (*FAS*), kekuatan agregat serta cara perawatannya.

2.4.1. Sifat-Sifat Beton Segar

Sifat beton segar sangat mempengaruhi terhadap sifat beton keras. Apabila beton pada saat plastis tidak ditangani dengan baik, maka beton yang sudah keras tidak dapat diperbaiki lagi. Sifat-sifat beton segar adalah sebagai berikut:

2.4.1.1. Berat isi (unit weight)

Berat isi beton adalah perbandingan antara berat beton dengan volume silinder sebagai alat pengukur volume. Berat isi beton sangat dipengaruhi berat jenis agregatnya. Fungsi dari berat isi adalah untuk mengoreksi susunan campuran beton jika hasil perencanaan berbeda dengan pelaksanaan.

2.4.1.2. Workability

Sifat mudah dikerjakan adalah faktor utama dari beton segar cara mengukur sifat mudah dikerjakan yang paling banyak digunakan adalah dengan alat ukur slump. Alat slump berbentuk kerucut terpancung dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm serta tinggi 30 cm. Nilai slump didapat dari membandingkan antara selisih tinggi asal (tinggi alat slump) dengan tinggi jatuhnya beton. Makin besar nilai slumpnya maka workabilitynya tinggi sebaliknya makin kecil nilai slumpnya workabilitynya rendah.

Nilai slump untuk setiap konstruksi berbeda. Berdasarkan SK SNI nilai slump yang harus dipenuhi untuk pengecoran pada beton segar adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2. Besar nilai slump untuk pekerjaan beton⁹

Uraian	Slump Maks Cm	Slump Min Cm
Dinding pelat pondasi telapak bertulang	12,5	5
Pelat, balok, kolom, dinding	15	7,5
Pekerjaan jalan	7,5	5
Pembetonan masal	7,5	2,5

⁹ A. Gunawan Y, Yacob Yunizar. 1987. "Penuntun Praktis Praktikum pada Laboratorium Teknik Sipil", Jakarta, Intermedia.

2.4.1.3. Waktu ikat

Lamanya waktu ikat dipengaruhi oleh jenis semen, suhu disekitarnya, dan adanya admixture, serta cara perawatannya. Waktu pengikatan pada beton ada dua macam yaitu waktu ikat awal dan waktu ikat akhir. Waktu ikat awal adalah waktu yang dibutuhkan sejak semen bereaksi dengan air sampai adukan hasil penyaringan beton memberikan tahanan sebesar 500psi. Waktu ikat akhir adalah waktu yang dibutuhkan sejak semen bereaksi dengan air sampai adukan hasil penyaringan beton memberikan tahanan sebesar 4000psi.

2.4.2. Sifat-Sifat Beton Keras

2.4.2.1. Kuat Tekan

Kuat tekan dipengaruhi oleh faktor air semen, yaitu perbandingan antara berat air dengan berat semen. Selain itu kekuatan agregat juga sangat menentukan mutu beton. Dalam perencanaan pembuatan beton, mutu beton yang akan dibuat harus diketahui terlebih dahulu. Untuk menentukan mutu beton menurut SK SNI dibuat berbentuk silinder 15 cm dan tinggi 30 cm.

Tabel 2.3. Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	s' bk kg/cm ²	s' bk (s=46) kg/cm ²	Tujuan	Pengawasan Terhadap	
					Mutu Agregat	Kuat Tekan
I	Bo	-	-	Non	Ringan	Tanpa
				Struktural	Sedang	Kontinu
II	B1	-	-	Struktural	Sedang	Kontinu
	K-125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K-175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K-225	225	300	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K>225	>225	>300	Struktural	Ketat	Kontinu

Kuat tekan beton merupakan besaran mekanik yang sangat penting karena besaran ini digunakan sebagai acuan dasar dalam perencanaan struktur bangunan sipil. Besarnya kuat tekan beton pada umur tertentu dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

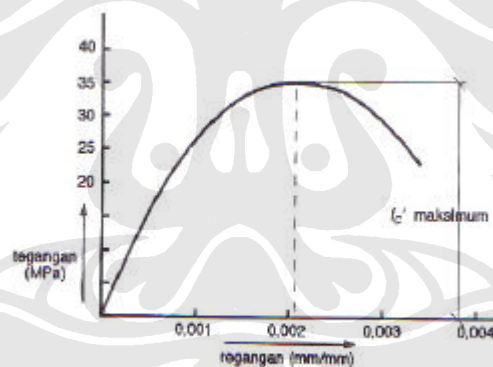
Dimana :

f_c' = kuat tekan beton pada umur rencana (Mpa)

P = beban uniaksial tekan maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji beton normal umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan.¹⁰



Gambar 2.9. Tegangan Tekan Benda Uji Beton Normal

Dengan mengamati kurva tegangan-regangan kuat beton, tampak bahwa umumnya kuat tekan maksimum tercapai pada saat nilai satuan regangan tekan e' mencapai $\pm 0,002$. Selanjutnya nilai tegangan f_c' akan turun dengan bertambahnya nilai regangan sampai benda uji hancur pada nilai e' mencapai 0,003-0,005. Beton kuat tinggi lebih getas dan akan hancur pada

¹⁰ Istimawan Dipohusodo, "Struktur Beton Bertulang", Gramedia Pustaka Utama, 1994,

nilai regangan maksimum yang lebih rendah dibandingkan dengan beton kuat rendah.

2.4.2.2. *Kuat Tarik Lentur*

Kuat tarik lentur benda ujinya berbentuk balok beton tanpa tulangan, dengan ukuran 10x10x50 cm, kemudian balok tersebut diletakkan pada dua tumpuan dan dibebani pada dua titik dengan jarak 1/3 bentang sampai benda uji patah. Tegangan yang bekerja adalah tegangan tekan pada serat atas dan tegangan tarik pada serat bawah, dapat dihubungkan dengan rumus balok biasa yaitu :

$$s = \frac{M \cdot y}{I}$$

Dimana :

s = tegangan pada serat balok

M = besarnya momen

y = jarak vertikal antara titik yang dicari tegangannya

I = momen inersia penampang