

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Umum

Teknologi beton terus berkembang seiring dengan tuntutan kebutuhan yang semakin meningkat baik kualitas maupun kuantitas. Beton merupakan suatu bahan komposit dari beberapa material yaitu: semen, agregat kasar, agregat halus, air, serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuknya.

Perkembangan teknologi beton yang ditandai dengan semakin baik dari mutu beton, usaha lain adalah dengan memanfaatkan fenomena bahwa semakin padat beton atau semakin kecil pori-pori yang ada semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan. Pada mortar beton, semen dan air yang berupa pasta mengikat agregat halus dan kasar dengan masih menyisakan rongga atau pori-pori yang tidak dapat tertutup atau terisi oleh butiran semen. Ruang yang tidak ditempati oleh butiran semen merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan dan disebut kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton telah mengeras sehingga beton akan mempunyai sifat tembus air yang besar, akibatnya kekuatan berkurang (A. Antono, 1988). Rongga ini dapat dikurangi dengan bahan tambah meski penambahan ini akan menambah biaya pelaksanaan. Bahan tambah ini merupakan bahan khusus yang ditambahkan dalam mortar sebagai pengisi dan

pada umumnya berupa bahan kimia organik dan bubuk mineral aktif (**Brook, 1986**).

Keaadaan tersebut akan diangkat oleh penyusun pada penelitian ini dengan memanfaatkan limbah pembakaran batu bara proyek PLTU di Suralaya, Banten. Sebagai bahan pengisi untuk memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozzolan dari Fly Ash untuk memperbaiki mutu beton.

Dari makalah seminar oleh Bambang Ismanto pada seminar Mekanika Bahan bertema Stabilitas Abu Terbang Suralaya disebutkan sifat-sifat pozzolan dari abu terbang atau Fly Ash memenuhi persyaratan standart ASTM. Oleh karena itu perlu diadakan penelitian pengaruh penambahan fly Ash dan pada penambahan berupa sifat fisik maupun kimia dari fly Ash ini dapat dioptimalkan untuk peningkatan mutu beton dan seberapa pengaruhnya terhadap berat jenis beton.

## **2.2. Landasan Teori**

Penelitian mengenai beton tahan sulfat sudah pernah dilakukan di Indonesia oleh LIPI dan Badan Penelitian dan pengembangan DPU. Standart spesifikasi beton tahan sulfat sudah dituangkan dalam SK-SNI S-37-1990-03.

Kondisi yang diperlukan dalam memproduksi beton yang tahan terhadap serangan zat kimia, beton harus mempunyai kualitas yang tinggi. Kekuatan beton, kepadatan, permeabilitas merupakan indek daya tahan terhadap agresi. Kesemua faktor tersebut saling kait mengkait (**Brook., 1991**).

Fly Ash atau abu terbang ini mengandung pozzolan sehingga bisa aditif mineral yang baik untuk beton. Pozzolan adalah bahan yang mengandung silikon dioksida

(SiO<sub>2</sub>) alami atau buatan yang tidak mempunyai sifat sifat semen. Karena pozzolan mempunyai kandungan utama silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) maka pozzolan pada suhu biasa dapat bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida membentuk terutama senyawa kalsium silikat hidrat . Pada beton normal yang sudah mengeras seringkali terdapat unsur kalsium hidroksida yang dihasilkan dari proses hidrasi semen dan merupakan bagian lemah beton serta sumber sensitif beton terhadap serangan sulfat. Dengan demikian penambahan abu terbang sebagai pengganti sebagian semen yang dibutuhkan memberikan beberapa keuntungan sebagai berikut :

1. Mengurangi keberadaan unsur kalsium hidroksida di dalam beton yang merupakan bagian lemah beton, serta menggantinya, setelah bereaksi dengan SiO<sub>2</sub> menjadi kalsium silikat hidrat, yang merupakan kekuatan beton. Dengan demikian beton dengan campuran abu terbang pada umumnya akan meningkatkan kekedapan.
2. Pozzolan yang umumnya berbutir sangat halus juga akan mengisi pori-pori pada beton normal secara lebih baik, sehingga didapat beton yang porositasnya lebih rendah. Sensitivitas terhadap agresi sulfat, yang juga didukung oleh meningkatnya kerapatan beton terhadap air yang mengandung senyawa agresi sulfat akan sulit masuk dan dengan demikian tidak mudah menimbulkan korosi pada beton.
3. Reduksi kalsium hidroksida oleh SiO<sub>2</sub> akan mengurangi sensitivitas beton terhadap agresi sulfat, yang juga didukung oleh meningkatnya kerapatan beton sehingga air yang mengandung senyawa agresif akan

sulit masuk dan dengan demikian tidak mudah menimbulkan korosi beton (**Konstruksi, 1996**).

### **2.3. Material Pembentuk Beton**

Beton terbentuk dari material-material campuran yaitu : semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah. Semen dan air membentuk pasta, kemudian pasta semen, Fly Ash dan agregat halus membentuk mortar yang berfungsi mengikat agregat kasar menjadi satu kesatuan.

Kehadiran Fly Ash sebagai bahan tambah diharapkan akan memperbaiki sifat-sifat beton. Bahan tambah ini termasuk pozzolan yang bila bereaksi dengan semen dengan perbandingan tertentu akan memperbaiki sifat beton. Fly Ash akan mengisi pori-pori beton sehingga menjadi beton yang kompak.

#### **2.3.1 Semen**

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu masa yang padat. Meskipun definisi ini dapat diterapkan untuk banyak jenis bahan, semen yang dimaksud untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan jadi yang mengeras dengan adanya air dan dinamakan semen hidrolis. Fungsi semen itu sendiri adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu masa yang padat dan kuat, selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen portland di Indonesia menurut PUBI (1982) dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

1. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang di isyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Pada penelitian ini dipakai semen Gresik yang termasuk semen portland jenis I kemasan 50 kg yang ada dipasaran.

### 2.3.2 Agregat

Agregat adalah bahan penyusun beton yang saling diikat oleh perekat semen. Dalam struktur beton, agregat menempati kurang lebih 70 - 75 % dari volume masa yang telah mengeras. Umumnya agregat diklasifikasikan sebagai agregat halus dan agregat kasar (Nelson dan Winter, 1993).

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari bayuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 5,0 mm (Gideon dan Vis, 1993). Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam (Tjokrodimulyo, 1993), yaitu :

1. Pasir Galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

2. Pasir Sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

3. Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain itu garam-garaman ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton. Oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

Dalam penelitian ini digunakan pasir yang berasal dari sungai Progo Yogyakarta.

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu dengan ukuran 5 - 40 mm (Gideon dan Vis, 1993). Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 golongan (Tjokrodimulyo, 1993) yaitu :

#### 1. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 - 2,7 gram/cm<sup>3</sup>, Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gram/cm<sup>3</sup>.

#### 2. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gram/cm<sup>3</sup>, misalnya magnetik (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), Barit (BaSO<sub>4</sub>), atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gram/cm<sup>3</sup>, Penggunaannya sebagai dinding pelindung radiasi.

#### 3. Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gram/cm<sup>3</sup>, yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih kecil.

Agregat kasar harus memenuhi persyaratan gradasi yang diisyaratkan. Apabila butir butir agregat mempunyai gradasi yang sama atau seragam maka volume pori akan besar, sebaliknya bila ukuran butirnya bervariasi atau bergradasi baik maka akan di dapat volume pori yang kecil . Pada pelaksanaan beton,



diinginkan komposisi butiran dengan kemampatan tinggi karena volume porinya sedikit dan ini berarti hanya membutuhkan bahan ikat yang sedikit pula.

Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut (Tjokrodimulyo, 1993) :

1. Butir butirnya tajam, kuat dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dapat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus ( *Abration Test* ) menggunakan mesin uji Los Angeles atau bejana Rodellof, syarat bagian yang hancur lolos ayakan 1,7 mm maksimum 50 %.
2. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm. Pada agregat halus jumlah kandungan kotoran ini harus tidak lebih dari 5%, sedangkan pada agregat kasar kandungan kotoran ini dibatasi sampai 1 %. Jika agregat mengandung kotoran lebih dari batas maksimum maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum dipakai.
3. Tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara.
4. Tidak mengandung zat organik.
5. Mempunyai variasi besar butir ( gradasi ) yang baik sehingga rongganya sedikit. Untuk pasir, modulus halus butir ( MHB ) berkisar antara 1,5 – 3,8 sehingga hanya mempunyai pasta semen sedikit.
6. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca.
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat harus mempunyai tingkat reakti yang negatif terhadap alkali.
8. Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20 % dari berat jenis keseluruhan.



### 2.3.3 Agregat ringan

Agregat ringan di bedakan dalam dua kelompok (A.N. Naville,1975), yaitu :

1. Agregat alami.

Agregat alami adalah agregat yang langsung dihasilkan dari alam , misalnya batu batuan yang dihasilkan gunung berapi yaitu batu apung ( *pumice* ) *scoria*, *vulkanic*, *vulkani cinder*. Agregat alami ini hanya ditemukan di beberapa wilayah atau daerah tertentu jadi penggunaannya kurang luas.

2. Agregat buatan .

Agregat buatan sering di beri nama sesuai nama perusahaan yang memproduksinya atau bahan dasar yang di gunakan. Termasuk dalam kelompok ini adalah : *akglite*, *leca*, *fly ash*, *fuamed slag* dan lain lain.

Jenis agregat ringan buatan yang sering dipakai antara lain :

a. Leca ( *light weight expanded clay* )

Leca adalah hasil dari tanah liat yang dikembangkan dengan cara dipanaskan sekitar  $1000^{\circ}\text{C}$  sampai  $1200^{\circ}\text{C}$ . Bahan yang dihasilkan berbentuk bulat keras tetapi ringan karena didalamnya berpori. Berat jenis berkisar antara  $650\text{ kg/m}^3$  –  $900\text{ kg/m}^3$ , sedangkan beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis sampai  $1800\text{ kg/m}^3$ .

b. Aglite, lytag.

Aglite adalah hasil dari batu kapur yang dibakar sampai sekitar  $1400^{\circ}\text{C}$ . Butiran yang dihasilkan berbentuk pecahan berpori yang lebih ringan dibanding leca, berat jenis sekitar  $800\text{ kg/m}^3$ . Di Eropa batu sejenis ini

disebut *agloporite* atau *keramjite*. Beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis antara  $1400 - 1800 \text{ kg/m}^3$ . Agregat ringan yang semacam dengan ini disebut lytag.

c. Foamed slag.

Foamed slag yang dihasilkan dari pemadaman bara api yang berasal dari tanur yang memproduksi besi tuang dengan proses pancar air, agregat ini mudah pecah dan bentuknya seperti batu apung. Beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar  $950 - 1750 \text{ kg/m}^3$ .

d. Fly Ash

Fly Ash adalah bahan sisa yang diperoleh dari pembakaran batu bara waktu proses menjadi kapur, bentuk fly Ash tidak teratur, bervariasi dan berwarna. Fly Ash jika dipakai sebagai campuran beton akan menambah kekuatan beton.

Agregat ringan umumnya mempunyai daya serap air yang cukup tinggi, sehingga dalam pengadukan beton cepat keras walaupun hanya dalam beberapa menit saja setelah pencampuran. Untuk itu perlu diadakan pembahasan agregat terlebih dahulu sebelum pengadukan sehingga agregat mencapai keadaan SSD.

#### 2.3.4. Air

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi

dengan semen, air yang diperlukan sekitar 30 % dari berat semen, namun pada kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35.

Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas dengan catatan penambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah dan menghasilkan beton yang porous. Selain itu kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan membentuk lapisan tipis (*laitance*) yang mengurangi lekatan antara lapis lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah.

Air yang memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai campuran beton adalah air minum, tetapi tidak berarti pencampuran beton harus memenuhi persyaratan air minum. Secara umum air yang dapat dipakai untuk bercampur beton ialah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % dari kekuatan beton yang memakai air suling.

Pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter
2. Tidak mengandung garam-garaman yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Labotorium Bahan Kontruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

### 2.3.5. Fly Ash

Fly Ash (abu terbang) umumnya diperoleh dari sisa pembakaran pusat listrik tenaga uap, yang mempergunakan batu bara sebagai sumber energi. Sisa pembakaran berupa partikel halus, keluar bersama-sama gas buang . Partikel halus ini dikenal dengan nama Fly Ash (abu terbang), sedang sisa pembakaran yang berupa butiran kasar keluar melalui bagian bawah di sebut bottom ash. Pada penelitian ini Fly Ash akan digunakan sebagai bahan tambah (mineral admixture) yang berfungsi sebagai bahan pengisi pori-pori adukan beton. Penelitian ini memanfaatkan Fly Ash limbah pembakaran batu bara proyek PLTU di Suralaya, Banten, sebagai bahan pengisi untuk memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat-sifat pozzolan dari Fly Ash untuk memperbaiki mutu beton. Abu terbang atau Fly Ash harus memenuhi persyaratan pozzolan dan persyaratan sebagai mineral admixture standar ASTM yaitu kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  , minimum 70 % berat. Sifat fisik maupun kimia dari Fly Ash dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Sifat Fisik Fly Ash ex Batubara

No	Sifat fisik	Data yang ada
1	Berat jenis	1,99 - 2,40 gr/cm <sup>3</sup>
2	Kehalusan Butir	163,25 - 227,19 m <sup>2</sup> /kg
3	Kadar air	0,55 - 4,6 %

Tabel 2.2 Komposisi Unsur Kimia Fly Ash Dalam Satuan Persen Berat.

No	Komponen pembentuk kimia	Prosentase
1	SiO <sub>2</sub>	62,68
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,60
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,53
4	TiO <sub>2</sub>	2,38
5	CaO	2,96
6	MgO	0,83
7	Na <sub>2</sub> O	3,20
8	K <sub>2</sub> O	0,36
9	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,40

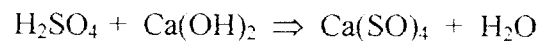
Pengaruh abu terbang terhadap ketahanan sulfat yaitu dapat mengurangi permeabilitas dan mempunyai sifat pozzolan yang baik sehingga dapat menjamin keawetan terhadap rembasan asam sulfat.

#### **Pengaruh kimia**

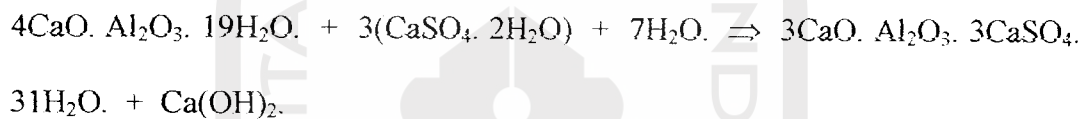
Serangan zat kimia disini yaitu serangan yang disebabkan oleh zat-zat kimia yang reaktif terhadap kandungan senyawa-senyawa dalam semen .

Serangan agresi yang akan dibahas yaitu serangan yang disebabkan oleh sulfat, untuk penelitian ini yaitu asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Semua senyawa sulfat yang larut dalam air bersifat merusak, Beberapa contoh senyawa sulfat yang merusak yaitu: Asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Magnesium sulfat (MgSO<sub>4</sub>), Kalsium sulfat (CaSO<sub>4</sub>), dan lain lain.

Pada saat terjadi serangan sulfat pada beton, sulfat bereaksi dengan  $C_3A$  dan  $Ca(OH)_2$ . Hasil reaksi pada akhirnya membentuk ettringite, hasil reaksi ini menyebabkan pemuaian (menaikkan volume) hingga terjadi craking. Reaksi berlangsung sebagai berikut:

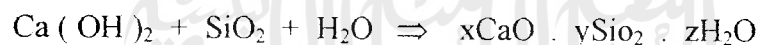


$Ca(SO)_4$  sering disebut *gipsun* dan selanjutnya *gipsun* bereaksi dengan  $C_3A$  membentuk *ettringite*



#### **Pengaruh abu terbang (Fly Ash) terhadap ketahanan sulfat.**

Kemampuan abu terbang yaitu dapat mengurangi permeabilitas dan mempunyai sifat pozzolan yang baik sehingga dapat menjamin keawetan terhadap rembesan asam sulfat. Dalam beton  $SiO_2$  bereaksi dengan  $Ca(OH)_2$  membentuk kalsium silikat.



Semen bereaksi dengan air maka terjadi hidrasi. Selama hidrasi dihasilkan kalsium hidroksida. Karena  $Ca(OH)_2$  bersifat basa kuat maka akan sangat mudah bereaksi dengan asam sulfat yang bersifat merusak. Dengan adanya  $SiO_2$  dalam abu terbang maka dapat mengurangi kandungan  $Ca(OH)_2$ .

Dengan berkurangnya  $Ca(OH)_2$  maka serangan asam sulfat dalam beton dapat dikurangi. Hal ini diakibatkan oleh reaksi antara  $Ca(OH)_2$  dengan  $SiO_2$  dan menghasilkan kalsium silikat hidrat seperti diatas.

## 2.4 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton. Tingkat kelecakan ini berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin besar nilai slump berarti makin encer adukan betonnya, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan. Nilai slump untuk berbagai macam struktur tercantum dalam tabel:

Tabel 2.3 Nilai Slump Untuk Berbagai Macam Struktur.

Jenis konstruksi	Slump (cm)	
	Minimum	Maksimum
Pondasi bertulang, dinding, tiang	5	12,5
Tiang pondasi tak bertulang, Caisson	2,5	10
Plat, balok, kolom	7,5	15
Beton untuk jalan ( <i>pavement</i> )	5	7,5
Beton massa (Kontruksi berat)	2,5	7,5

## 2.5. Workability

Kemudahan pengerjaan (*workability*) merupakan ukuran tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, dituang, dan dipadatkan. Perbandingan bahan bahan penyusun beton dan sifat-sifat bahan penyusun beton, secara bersama-sama



mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton antara lain:

1. Jumlah air yang dipergunakan dalam campuran adukan beton. Jumlah air ini akan mempengaruhi konsistensi adukan, yaitu semakin banyak air yang digunakan maka adukan semakin encer, sehingga semakin mudah untuk dikerjakan.
2. Jumlah semen yang dipergunakan. Penambahan jumlah semen kedalam campuran adukan beton akan memudahkan pengerjaan adukan betonnya, karena akan diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.
3. Penambahan bahan tambah (chemical admixture) tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan workability adukan pada fas rendah, misalnya dengan penambahan plastisizer

Adukan dengan tingkat kelecakan tinggi mempunyai resiko yang besar terhadap bleeding atau water gain. Hal ini terjadi karena bahan-bahan padat adukan beton mengendap dan bahan susun kurang mengikat air campuran. Resiko bleeding dapat dikurangi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Air campuran yang dipakai sebanyak yang diperlukan sesuai hitungan mix design
2. Pasir yang dipakai mempunyai bentuk yang beragam dan mempunyai kadar butiran yang halus.

3. Gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yang dipakai

## 2.6. Kekuatan Beton

Beton mempunyai kuat desak yang lebih besar dari pada kuat tariknya. Kuat desak beton tergantung pada sifat-sifat bahan dasarnya. Kuat desak beton pada umumnya ditentukan oleh tingkat kekerasan agregatnya, namun demikian perlu diperhatikan juga mutu pasta semennya. Hal ini disebabkan karena semen merupakan bahan yang mengikat agregat-agregat penyusun beton. Mutu pasta semen yang rendah akan menyebabkan kehancuran beton sebelum maksimum dengan ditandai besar prosentase agregat lepas lebih besar dari pada agregat yang pecah. Disamping itu kuat desak beton juga dipengaruhi oleh cara pengadukan, cara penuangan, cara pemadatan, dan cara rawatan beton.

Agar kualitas beton yang dihasilkan memuaskan, perlu diperhatikan proses pemadatan dan perawatan beton:

1. Tinjauan terhadap pemadatan beton.

Tinjauan pemadatan adukan beton adalah untuk mengurangi rongga rongga udara agar beton mencapai kepadatan yang tinggi. Beton dengan kepadatan yang tinggi akan menghasilkan beton dengan kekuatan yang tinggi. Pemadatan secara mekanik dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan cara manual dan mesin (alat penggetar). Kekuatan beton yang dihasilkan dari kedua cara tersebut sedikit berbeda, kekuatan beton yang dihasilkan dengan pemadatan manual tergantung dari kemampuan

manusianya. Kekuatan beton yang dipadatkan dengan mesin penggetar dapat lebih tinggi, tergantung pada metode pelaksanaan dan faktor manusianya. Selain itu mesin penggetar dapat digunakan pada pemadatan campuran yang mempunyai workability yang rendah.

## 2. Tinjauan terhadap perawatan beton.

Reaksi kimia pada pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air tersedia dalam jumlah yang memadai untuk proses hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan reaksi kimia itu. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Oleh karena itu perlu direncanakan suatu cara perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau bahkan selama beberapa minggu, termasuk pencegahan penguapan dengan pengadaan selimut pelindung yang sesuai maupun dengan membasahi permukaannya secara berulang-ulang.

Untuk mendapatkan kuat tekan beton karakteristik harus diperhatikan faktor bentuk dan umur benda uji. Oleh karena benda uji yang digunakan adalah kubus berukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ , maka faktor bentuknya adalah : Perbandingan kuat tekan beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel.2.4. Perbandingan Kuat Tekan Bcton Pada Berbagai Umur

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90	356
Semen Portland type 1	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35

Penyebaran dari hasil-hasil uji tekan akan tergantung dari tingkat kesempurnaan dari pelaksanaannya. Dengan menganggap nilai-nilai dari pemeriksaan tersebut menyebar normal. Ukuran nilai penyebaran hasil pemeriksaan tersebut juga merupakan mutu pelaksanaan yang nilainya disebut deviasi standar. Deviasi standar dapat dihitung dengan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c28} - f_{cr})^2}{N-1}}$$

Keterangan :

- S = Deviasi Standar ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 $F_{c28}$  = Kuat Tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 $F_{cr}$  = Kuat tekan beton rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 N = Jumlah benda uji

Sedangkan untuk menghitung kuat desak beton yang disyaratkan dipakai rumus sebagai berikut :

$$f_c' = f_{cr} - 1,64 kS$$

Keterangan :

$f_c'$  = Kuat desak yang disyaratkan

$f_{cr}$  = Kuat desak rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

$K$  = Pengali deviasi standar

$S$  = Deviasi standar

Untuk mencari angka konversi dari jumlah benda uji yang disyaratkan berdasarkan jumlah benda uji 30 buah dapat dilihat pada tabel.2.5.

Tabel 2.5. Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar Bila Data Benda Uji Yang Tersedia Kurang Dari 30 Buah.

Jumlah benda uji	Faktor pengali deviasi standar
15	1,160
18	1,120
19	1,096
20	1,080
25	1,030
$\geq 30$	1,000