

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Beton

Beton terdiri atas agregat, semen dan air yang dicampur bersama-sama dalam keadaan plastis dan mudah untuk dikerjakan. Karena sifat ini menyebabkan beton mudah untuk dibentuk sesuai dengan keinginan pengguna. Sesaat setelah pencampuran, pada adukan terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat hidrasi dan menghasilkan suatu pengerasan dan pertambahan kekuatan.

Beton dalam konstruksi teknik didefinisikan (dibataskan) sebagai batu buatan yang dicetak pada suatu wadah atau cetakan dalam keadaan cair atau kental, yang kemudian mampu untuk mengeras secara baik. Beton terdiri dari agregat halus, agregat kasar dan suatu bahan pengikat. Bahan pengikat yang lazim dipakai umumnya adalah bahan pengikat yang bersifat hidrolis dalam arti akan mengikat dan mengeras secara baik kalau dicampur dengan air. (Soetjipto, Ismoyo; 1978)

3.2 Material Penyusun Beton

Material penyusun pada beton dengan campuran *fly ash*, serat baja dan *viscocrete* ini tidak berbeda dengan material penyusun beton pada umumnya, yaitu terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Semua bahan-bahan diatas mempunyai karakteristik yang berbeda. Berikut karaterisitik dari setiap bahan yang akan di gunakan.

3.2.1. Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lainnya (SNI- 15-2049-2004).

Semen dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan penggunaannya. Jenis semen berdasarkan kegunaannya adalah sebagai berikut:

1. Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada semen jenis lain.
2. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi terhadap sulfat (SNI-15-2049-2004).

Bahan-bahan dasar semen portland terdiri dari bahan-bahan yang mengandung unsur kimia sebagaimana tercantum pada tabel 3.1 seperti di bawah ini.

Tabel 3.1. Susunan unsur semen portland

| Unsur | Komposisi (%) |
|--|---------------|
| Kapur (CaO) | 60-65 |
| Silika (SiO ₂) | 17-25 |
| Alumina (Al ₂ O ₃) | 3.0-8.0 |
| Besi (Fe ₂ O ₃) | 0.5-6.0 |
| Magnesia (MgO) | 0.5-4.0 |
| Sulfur (SO ₃) | 1.0-2.0 |
| Soda/potash (Na ₂ O+K ₂ O) | 0.5-1.0 |

Sumber : Tjokrodimuljo (2007)

3.2.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Kira-kira 70 % volume mortar atau beton diisi oleh agregat. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. Dari segi ekonomis lebih menguntungkan jika digunakan campuran beton dengan sebanyak mungkin bahan pengisi dan sedikit mungkin jumlah semen. Namun keuntungan dari segi ekonomis harus diseimbangkan dengan kinerja beton baik dalam keadaan segar maupun setelah mengeras. Pengaruh kekuatan agregat terhadap beton begitu besar, karena umumnya kekuatan agregat lebih besar dari kekuatan pasta semennya. Namun kekasaran permukaan agregat berpengaruh terhadap kekuatan beton. Agregat dapat dibedakan berdasarkan ukuran butiran. Agregat yang mempunyai ukuran butiran besar disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir kecil disebut agregat halus. Dalam bidang teknologi beton nilai batas daerah agregat kasar dan agregat halus adalah 4,75 mm atau 4,80 mm. Agregat yang butirannya lebih kecil dari 4,8 mm disebut agregat halus. Secara umum agregat kasar sering disebut kerikil,

kericak, batu pecah atau split. Adapun agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai, tanah galian atau dari hasil pemecahan batu. Agregat yang butirannya lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, sedangkan butiran yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut lanau, dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut lempung.

Agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu:

1. Batu, umumnya besar butiran lebih dari 40 mm
2. Kerikil, untuk butiran antara 5 sampai 40 mm
3. Pasir, untuk butiran antara 0,15 sampai 5 mm

Agregat harus mempunyai bentuk yang baik (bulat dan mendekati kubus), bersih, keras, kuat dan gradasinya baik. Bila butiran agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butirannya bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini karena butiran yang kecil dapat mengisi pori diantara butiran yang lebih besar sehingga pori-pori menjadi sedikit, dengan kata lain agregat tersebut mempunyai kemampuan tinggi. Agregat harus pula mempunyai kestabilan kimiawi dan dalam hal-hal tertentu harus tahan aus dan tahan cuaca (Tjokrodimuljo, 2007).

Untuk mendapatkan beton yang baik diperlukan agregat berkualitas baik pula. Menurut Tjokrodimuljo (2007), agregat yang baik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

1. Butirnya tajam dan keras.
2. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.

3. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar.
4. Tidak mengandung zat organik dan zat reaktif terhadap alkali.

Dari jenis, agregat dibedakan menjadi dua yaitu agregat alami dan agregat buatan (pecahan). Pada penelitian yang dilaksanakan digunakan dua agregat yaitu agregat halus dan kasar.

1. Agregat halus.

Menurut Tjokrodimuljo (2007), agregat halus (pasir) adalah batuan yang mempunyai ukuran butir antara 0,15 mm–5 mm. Agregat halus dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai atau dari tepi laut. Oleh karena itu, pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu: pasir galian, pasir sungai dan pasir laut. Agregat halus (pasir) menurut gradasinya sebagaimana tercantum pada tabel 3.2 seperti di bawah ini:

Tabel 3.2. Batas-batas gradasi agregat halus

| Lubang Ayakan (mm) | Berat butir yang lewat ayakan dalam persen | | | |
|--------------------|--|------------|------------|--------|
| | Kasar | Agak Kasar | Agak Halus | Halus |
| 10 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4.8 | 90-100 | 90-100 | 90-100 | 95-100 |
| 2.4 | 60-95 | 75-100 | 85-100 | 95-100 |
| 1.2 | 30-70 | 55-90 | 75-100 | 90-100 |
| 0.6 | 15-34 | 35-59 | 60-79 | 80-100 |
| 0.3 | 5-20 | 8-30 | 12-40 | 15-50 |
| 0.15 | 0-10 | 0-10 | 0-10 | 0-15 |

Sumber : Tjokrodimuljo (2007)

2. Agregat kasar.

Menurut Mulyono (2004), agregat kasar adalah batuan yang mempunyai ukuran butir lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm), sedangkan menurut Tjokrodinuljo (2007) agregat kasar dibedakan menjadi 3 berdasarkan berat jenisnya, yaitu sebagai berikut:

a. Agregat normal.

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antar 2,5–2,7 gram/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basal, kuarsa dan lain sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat 2,3 gram/cm³ dan biasa disebut beton normal.

b. Agregat berat.

Agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 gram/cm³, misalnya magnetit (Fe₃O₄), barites (BaSO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis yang tinggi yaitu sampai dengan 5 gram/cm³ yang digunakan sebagai dinding pelindung atau radiasi sinar X.

c. Agregat ringan.

Agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2 gram/cm³ misalnya tanah bakar (*bloated clay*), abu terbang (*fly ash*), busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnace slag*). Agregat ini biasanya digunakan untuk beton ringan yang biasanya dipakai untuk elemen non-struktural.

3.2.3. Air

Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan. Air diperlukan pada pembentukan semen yang berpengaruh terhadap sifat kemudahan pengerjaan adukan beton (*workability*), kekuatan, susut dan keawetan beton. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25 % dari berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit jika kurang dari 0,35. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan dipakai sebagai pelumas, tambahan air ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton menjadi rendah dan beton menjadi keropos. Kelebihan air ini dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan terbentuk suatu selaput tipis (*laitance*). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah (Tjokrodinuljo,1996).

Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan (PBI 1971) :

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

3.3 *Self Compacting Concrete*

Beton memadat mandiri (*Self Compacting Concrete* atau *SCC*) adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat di cetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak di padatkan sama sekali. Beton ini di campur memnfaatkan pengaturan ukuran agregat, porsi agregrat dan *van admixture superplastiziser* untuk mencapai kekentalan khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri tanpa bantuan alat pemadat. Sekali di tuang kedalam cetakan, beton ini akan mengalir sendiri mengisis semua ruang mengikuti prinsip – prinsip gravitasi, termasuk pada pengecoran beton dengan tulangan pembesian yang sangat rapat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton. (Ladwing,II-M et.al 2001)

Menurut Hela dan Hubertova (2006) kemampuan mengalir dengan tingkat ketahanan terhadap segregasi yang tinggi pada beton memadat mandiri di sebabkan oleh dua hal yaitu (1) Penggunaan *superplastiziser* yang memadai dengan sangat ketat mengatur komposisi agregat pada campuran. (2) Rasio air semen (*w/c – ratio*) yang rendah dengan mengendalikan volume agregat yang di kombinasikan dengan agregat pengisi 0.125 mm menyebabkan campuran beton ini tidak mudah mengalami segregasi.

Pada campuran beton perbedaan utama beton memadat mandiri dengan beton konvensional adalah penggunaan porsi bahan pengisi yang cukup besar, sekitar 40 % dari volume total campuran beton. Bahan pengisi ini adalah pasir butiran halus dengan ukuran butiran maksimum ($d_{max} \leq 0,125$ mm). Porsi besar

bahan pengisi ini menyebabkan campuran beton cenderung berperilaku sebagai pasta. Penggunaan *superplastizer* yang memadai, biasanya berbahan polycarboxylate, memungkinkan penggunaan air pada campuran dapat di kurangi, namun pengurangan pengerjaan (*workability*) dan kemampuan pengaliran (*flowability*) campuran beton dapat di jaga.

3.3.1 Campuran SCC

Campuran SCC mempunyai beberapa kelebihan di antaranya:

1. Segi Durabilitas
 - a. Meningkatkan homogenitas dari beton
 - b. Dapat membungkus tulangan dengan baik
 - c. Tingkat porositas yang rendah
2. Segi Produktivitas
 - a. Pengecoran yang cepat
 - b. Pemompaan yang mudah
 - c. Pekerjaan pemadatan tidak perlu di lakukan lagi
3. Segi Tenaga Kerja
 - a. *Human error* akibat pemadatan yang kurang sempurna dapat di hilangkan
 - b. Angka kecelakaan tenaga kerja dapat di perkecil
 - c. Tidak adanya polusi suara akibat *vibrator*. (Handoko, dkk 2001)

3.4 *Fly ash* (Abu Terbang)

Abu terbang (*fly ash*) diperoleh dari hasil residu PLTU. Material ini berupa butiran halus ringan, bundar, tidak porous, mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik, yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan adanya air. *Fly ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis (ACI Manual of Concrete Practice 1993 Part 1 226.3R-3), yaitu :

1. Kelas C.

Fly ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub-bitumen batubara (batubara muda).

- a. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%.
- b. Kadar CaO mencapai 10%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 35% dari berat binder.

2. Kelas F.

Fly ash yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau bitumen batubara.

- a. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%.
- b. Kadar CaO < 5%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 25% dari berat binder.

3. Kelas N.

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opaline chertz*, *shales*, *tuff* dan abu vulkanik, yang mana biasa

diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik.

3.4.1 Sifat-sifat *Fly Ash* (Abu Terbang)

1. Warna

Abu terbang berwarna abu-abu, bervariasi dari abu-abu muda sampai abu-abu tua. Makin muda warnanya sifat pozzolannya makin baik. Warna hitam yang sering timbul disebabkan karena adanya karbon yang dapat mempengaruhi mutu abu terbang.

2. Komposisi

Unsur pokok abu terbang adalah silika dioksida SiO_2 (30% - 60%), aluminium oksida Al_2O_3 (15% - 30%), karbon dalam bentuk batu bara yang tidak terbakar (bervariasi hingga 30%), kalsium oksida CaO (1% - 7%) dan sejumlah kecil magnesium oksida MgO dan sulfur trioksida SO_3 .

3. Sifat Pozzolan

Sifat pozzolan adalah sifat bahan yang dalam keadaan halus dapat bereaksi dengan kapur padam aktif dan air pada suhu kamar (24°C - 27°C) membentuk senyawa yang padat tidak larut dalam air. Abu terbang mempunyai sifat pozzolan seperti pada pozzolan alam, mempunyai waktu pengerasan yang lambat. Hal ini dapat diketahui dari daya ikat yang dihasilkan apabila dicampur dengan kapur. Kehalusan butiran abu terbang mempunyai pengaruh pada sifat pozzolan, makin halus makin baik sifat pozzolannya.

4. **Kepadatan (*density*)**

Kepadatan abu terbang bervariasi, tergantung pada besar butir dan hilang pijarnya. Biasanya berkisar antara 2,43 gr/cc sampai 3 gr/cc. Luas permukaan spesifik rata-rata 225 m²/kg - 300 m²/kg. Ukuran butiran yang kecil kadang-kadang terselip dalam butiran yang besar yang mempunyai fraksi lebih besar dari 300µm.

5. **Hilang pijar**

Hilang pijar menentukan sifat pozzolan abu terbang. Apabila hilang pijar 10%- 20% berarti kadar oksida kurang, sehingga daya ikatnya kurang, yang berarti sifat pozzolannya kurang. (Sumber : Suarnita, 2011)

6. **Persyaratan mutu menurut SK SNI S-15-1990-**

7. **Persyaratan kimia dan fisik abu terbang dapat di lihat pada tabel 3.3 dan 3.4**

Tabel 3.3. Persyaratan Kimia Abu Terbang

| No. | Senyawa | Kadar (%) |
|-----|--|-----------|
| 1 | Jumlah oksida SiO ₂ +Fe ₂ O ₃ Minimum | 70 |
| 2 | SO ₃ maks | 5 |
| 3 | Hilang pijar maks | 6 |
| 4 | Kadar air maks | 3 |
| 5 | Total alkali dihitung sebagai Na ₃ O maks | 1,5 |

Sumber: SNI 03-2460-199

Tabel 3.4. Persyaratan Fisik Abu terbang

| No. | Senyawa | Kadar (%) |
|-----|--|--|
| 1 | Kehalusan : Jumlah yang tertinggal dia atas ayakan no. 325 (0,045mm) maks % | 34 |
| 2 | Indeks keaktifan pozzolan : 1) Dengan menggunakan semen portland kuat tekan pada umur 28 hari, minimum 2) Dengan menggunakan kapur padam yang aktif, kuat tekan 7 hari, minimum N/m | 75 % KT adukan pembeding 550 |
| 3 | Kekekalan bentuk pengembangan/penyusutan dengan autoclave, maksimum % | 0,8 |
| 4 | Jumlah air yang digunakan | 105 % dari jumlah air untuk adukan pembeding |
| 5 | Keseragaman : Berat jenis dan kehalusan dari contoh uji masing-masing tidak boleh banyak berbeda dari rata-rata 10 benda uji atau dari seluruh benda uji yang jumlahnya kurang dari 10 buah, maka untuk : 1) berat jenis, perbedaan maksimum dari rata-rata, % 2) presentase partikel yang tertinggal pada ayakan no. 325 perbedaan dari rata-rata, % | 5 5 |
| 6 | Pertambahan penyusutan karena pengeringan (pada umur 28 hari maksimum, %) | 0,03 |
| 7 | Reaktifitas dengan alkali semen : Pengembangan mortar pada umur 14 hari, maksimum % | 0,02 |

Sumber: SNI 03-2460-1991

3.4.2. Pengaruh *Fly Ash* (Abu terbang)

1. Untuk pekerjaan beton/bahan bangunan bersemen :
 - a. Sebagai bahan tambah untuk memperbaiki mutu beton karena mempunyai sifat pozzoland, memudahkan pekerjaan beton juga menambah kekuatan.
 - b. Sebagai pengganti sebagian semen sehingga lebih murah pada beton, *paving block* dan lain-lain.

- c. Sebagai bahan pengisi sehingga beton akan lebih kedap terutama untuk DAM, bak penampung dan pipa drainase.
2. Untuk penggunaan lainnya :
 - a. Pada pekerjaan jalan sebagai jalan penstabil tanah dan bahan pengisi di bawah lapisan drainase.
 - b. Bahan baku pembuatan agregat ringan dengan proses kalisinasi.
 - c. Sebagai bahan pembuat bahan keramik, pemisah besi, mineral aluminat dan lain-lain. (Sumber : Suarnita, 2011)

3.4.3 Kelebihan dan Kelemahan *Fly Ash* (Abu Terbang)

a. Kelebihan

1. Pada beton segar :
 - a. Memperbaiki sifat pengerjaan.
 - b. Mengurangi terjadinya *bleeding* dan segregasi.
 - c. Mengurangi jumlah panas hidrasi yang terjadi
 - d. Mengurangi jumlah air campuran.
2. Pada beton keras :
 - a. Meningkatkan kerapatan pada beton.
 - b. Menambah daya tahan beton terhadap serangan agresif (sulfat).
 - c. Meningkatkan kekuatan beton pada jangka panjang

b. Kelemahan

1. Pemakaian abu terbang kurang baik untuk pengerjaan beton yang memerlukan waktu pengerasan dan kekuatan awal yang tinggi karena proses pengerasan dan

penambahan kekuatan betonnya agak lambat yang disebabkan karena terjadinya reaksi pozzoland.

2. Pengendalian mutu harus sering dilakukan karena mutu abu terbang sangat tergantung pada proses (suhu pembakaran) serta jenis abu batubaranya.
(Sumber : Suarnita, 2011)

3.5 Serat Baja (kawat bendrat)

Penambahan serat kedalam beton akan meningkatkan kuat tarik beton yang umumnya sangat rendah. Pertambahan kuat tarik akan memperbaiki kinerja komposit beton serat dengan kualitas yang lebih bagus di bandingkan dengan beton konvensional.

Penambahan serat kawat kedalam adukan beton adalah untuk mengatasi sifat-sifat kurang baik dari beton. Ide dasar penambahan serat adalah memberikan tulangan serat pada beton yang disebar merata secara acak (*random*) untuk mencegah retak-retak yang terjadi akibat pembebanan (Sudarmoko, 1990).

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan diperoleh bahwa penambahan fiber kedalam adukan akan menurunkan kelecakan (*workability*) secara cepat sejalan dengan pertambahan konsentrasi fiber dan aspek rasio fiber. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang optimal ada dua hal yang harus diperhatikan dengan seksama yaitu (1) *Fiber aspect ratio*, yaitu rasio antara panjang fiber (l) dan diameter fiber (d), dan (2) *Fiber volume fraction* (V_f), yaitu persentase volume fiber yang ditambahkan pada setiap satuan volume beton. (Suhendro, 1990).

3.5.1 Kelebihan dan Kelemahan Serat Baja :

a. Kelebihan

1. Dapat meningkatkan kuat lentur beton
2. Kemungkinan terjadi segregasi kecil
3. *Daktilitas* meningkat
4. Retak-retak yang terjadi dapat direduksi
5. Meningkatkan kuat tarik belah serta kuat tekan beton

b. Kelemahan

1. Terjadinya *billing* pada saat pengadukan
2. Proses pengerjaan menjadi lebih sulit (*workability* susah)
3. Mudah korosi bila terkena udara secara langsung

3.6 Sika *Visocrete-10*

Sika *Visocrete-10* merupakan *superplastizicer* berwarna putih kecoklatan yang sangat kuat bekerja dengan berbagai mekanisme yang berbeda. *Superplastizicer* ini cocok digunakan untuk campuran beton yang membutuhkan waktu transportasi lama dan kelecakan (*workability*) lama. Kebutuhan pengurangan air yang sangat tinggi dan kemudahan mengalir (*flowability*) yang sangat baik. (PT. Sika Indonesia)

3.6.1 Aplikasi dan kelebihan Sika *Visocrete-10* :

a. Aplikasi Sika *Visocrete-10*

1. Beton dengan kebutuhan pengurangan air dalam jumlah besar (hingga 30 %)
2. Beton dengan kemampuan tinggi.

3. Beton dalam cuaca panas yang membutuhkan waktu transportasi dan kelecakan dalam waktu panjang.
4. Beton kedap air (*Watertight Concrete*).
5. Beton *Readymix* (Beton siap pakai).
6. Beton Memadat Sendiri (*Self Compacting Concrete/SCC*).
7. Beton berkekuatan tinggi.
8. Beton dengan volume besar (*Mass Concrete*).

b. Kelebihan Sika *Vicocrete-10*

1. Pengurangan air dalam jumlah besar menghasilkan kepadatan beton yang tinggi, beton mutu tinggi dan mengurangi permeabilitas.
2. Efek *plastizing* (pengurangan air) yang sangat baik menghasilkan kelecakan yang lebih baik, kemudahan pengecoran dan pemadatan. Sehingga sangat cocok di gunakan untuk beton yang memadat dengan sendirinya (*Self Compacting Concrete*).
3. Mengurangi penyusutan dan keretakan.
4. Mengurangi karbonasi.
5. Meningkatkan sifat kedap air.

3.7 *Workability*

Salah satu sifat beton sebelum mengeras (beton segar) adalah kemudahan pengerjaan (*workability*). *Workability* adalah tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan tanpa homogenitas beton berkurang dan beton tidak mengalami *bleeding* (pemisahan) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan.

Workability akan lebih jelas pengertiannya dengan adanya sifat-sifat berikut ini.

1. *Mobility* adalah kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan.
2. *Stability* adalah kemampuan adukan beton untuk selalu tetap homogen, selalu mengikat (koheren), dan tidak mengalami pemisahan butiran (*segregasi* dan *bleeding*).
3. *Compactibility* adalah kemudahan adukan beton untuk dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat berkurang.
4. *Finishibility* adalah kemudahan adukan beton untuk mencapai tahap akhir yaitu mengeras dengan kondisi yang baik.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat *workability* antara lain adalah sebagai berikut ini.

1. Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Semakin banyak air yang digunakan, maka beton segar semakin mudah dikerjakan.
2. Penambahan semen dalam campuran juga akan memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai *f_s* tetap.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
4. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
5. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan.

6. Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan (Tjokrodimuljo, 1996).

3.8 Segregation

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan seregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil pada beton akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton (Mulyono, 2004).

Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal, yaitu:

1. campuran yang kurang semen,
2. terlalu banyak air,
3. ukuran maksimum butir agregat lebih dari 40 mm,
4. permukaan butir agregat kasar yang terlalu kasar.

Kecenderungan terjadinya segregasi ini dapat dicegah dengan cara:

1. tinggi jatuh diperpendek,
2. penggunaan air sesuai syarat,
3. cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan,
4. ukuran agregat sesuai dengan syarat,
5. pemadatan baik.

3.9 Bleeding

Kecenderungan air untuk naik ke permukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air akan naik membawa semen dan butir-butir

halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*) (Mulyono, 2004). *Bleeding* dipengaruhi oleh:

1. Susunan butir agregat

Jika komposisinya sesuai kemungkinan *bleeding* kecil.

2. Banyak air

Semakin banyak air akan memungkinkan terjadinya *bleeding*.

3. Kecepatan hidrasi

Semakin cepat beton mengeras semakin kecil terjadinya *bleeding*.

4. Proses pemadatan

Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan *bleeding*.

Bleeding ini dapat dikurangi dengan cara:

1. memberi banyak semen,
2. menggunakan air sedikit mungkin,
3. menggunakan butir halus lebih banyak,
4. memasukkan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus.

3.10 *Slump Flow*

Nilai *slump flow* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecikan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (*workability*). Semakin besar nilai *slump flow* maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai *slump flow*, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan. Nilai *slump flow* bervariasi antara 600-725 mm (Lisantono, 2009).

3.11 Umur Beton

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan tekan beton pada kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I (OPC-1). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja tekannya (Mulyono, 2005).

Kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksud umur disini adalah dihitung sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu akan semakin lambat dan laju kenaikan itu akan menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari. Sebagai standar kuat tekan beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) adalah kuat tekan beton pada umur 28 hari (Tjokrodimuljo, 2007).

Laju kenaikan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis semen portland, suhu keliling beton, faktor air-semen dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton. Hubungan antara umur dan kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel 3.6 (Tjokrodimuljo, 2007).

Tabel 3.5 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur

| Umur beton | 3 | 7 | 14 | 21 | 28 | 90 | 365 |
|---|------|------|------|------|----|------|------|
| Semen portland biasa | 0,4 | 0,65 | 0,88 | 0,95 | 1 | 1,2 | 1,35 |
| Semen portland dengan kekuatan awal yang tinggi | 0,55 | 0,75 | 0,9 | 0,95 | 1 | 1,15 | 1,2 |

3.12 Kuat Geser Beton

Kuat geser adalah kekuatan suatu komponen struktur yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur dan menahan gaya-gaya lateral atau gaya geser yang timbul akibat lenturan. Kondisi kritis geser akibat lentur ditunjukkan dengan timbulnya tegangan-tegangan tarik tambahan di tempat-tempat tertentu pada komponen struktur terlentur. Untuk komponen struktur beton bertulang, apabila gaya geser yang bekerja sedemikian besar sehingga melebihi kuat geser beton maka perlu pemasangan tulangan tambahan untuk menahan gaya geser tersebut (Dipohusodo, 1996).

Besarnya tegangan geser transversal balok beton bertulang rata-rata dapat dihitung dengan rumus (Wahyono, 2005):

$$v = \frac{V}{b \cdot d} \quad \dots (3-1)$$

Dimana:

v = tegangan geser rata-rata (MPa)

V = gaya geser (N)

b = lebar balok (mm)

d = tinggi efektif balok, yaitu jarak antara serat atas dengan titik berat tulangan tarik (mm)