

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton Non Pasir (*No-Fines Concrete*)

Beton non pasir (*no-fines concrete*) ialah bentuk inovasi dari jenis beton normal yang diperoleh dengan cara menghilangkan bagian halus agregat pada pembuatan beton. Tidak adanya agregat halus dalam campuran menghasilkan suatu sistem berupa keseragaman rongga yang terdistribusi di dalam massa beton, serta berkurangnya berat jenis beton. Rongga di dalam beton tersebut mencapai 20-25% (Tjokrodimuljo, 1996).

Beton non pasir lebih menonjolkan estetikanya dan hanya menggunakan sedikit semen yaitu karena untuk melapisi permukaan agregat kasar saja. Beton non pasir terdiri dari campuran air, semen *portland*, dan kerikil/agregat kasar. Beton non pasir merupakan suatu gumpalan butir-butir kerikil yang saling melekat karena terlapisi oleh pasta semen dengan ketebalan sekitar 1,3 mm. Adanya rongga dalam beton non pasir mengakibatkan kekuatan beton berkurang. Namun, beton non pasir memiliki berat jenis yang rendah dan tidak mudah menghantarkan panas walaupun mudah lolos air (Tjokrodimuljo dan Sumartono, 1993).

3.2 Bahan Penyusun Beton Non Pasir

Beton adalah suatu elemen struktur yang memiliki karakteristik yang terdiri dari beberapa bahan penyusun seperti berikut.

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 Air

Air merupakan salah satu bahan yang paling penting dalam pembuatan beton karena menentukan mutu dalam campuran beton. Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kima semen *portland* dan sebagai bahan pelicin antara semen dengan agregat agar mudah dikerjakan. Air diperlukan pada adukan beton karena berpengaruh pada sifat pengerjaan beton (*workability*).

Air untuk campuran beton minimal yang memenuhi persyaratan air minum, akan tetapi bukan berarti air untuk campuran beton harus memenuhi standar air minum. Penggunaan air sebagai bahan campuran beton sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 2007) :

- a. air harus bersih,
- b. tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter,
- c. tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton, asam, zat organik lebih dari 15 gram/liter,
- d. tidak mengandung klorida atau Cl > 0,5 gram/liter,
- e. tidak mengandung senyawa sulfat > 1 gram/liter,

3.2.3 Agregat Kasar

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Walau hanya bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton (Tjokrodimuljo, 2007).

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

1. 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.
2. 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.
3. 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.

3.3 Bahan Tambah

Bahan tambah adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Pemberian bahan tambah pada adukan beton bertujuan untuk memperlambat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, mengurangi panas hidrasi, menambah kekedapan, menambah keawetan (Tjokrodimuljo, 2007).

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan pada saat pengadukan atau pada saat pelaksanaan pengecoran (*placing*), sedangkan bahan tambah *additive* ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan (Mulyono, 2004).

Bahan tambah kimia biasanya lebih banyak berfungsi untuk mengubah perilaku beton pada saat pelaksanaan pekerjaan karena dapat memperbaiki kinerja pelaksanaan. Sedangkan bahan tambah *additive* merupakan bahan tambah yang lebih banyak bersifat penyemenan, sehingga bahan *additive* lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatan.

3.3.1 Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Bahan tambah mineral ini merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton, sehingga bahan tambah mineral cenderung bersifat penyemenan. Bahan tambah mineral terdiri dari beberapa macam (Mulyono, 2004) sebagai berikut ini.

1. Abu terbang batu bara (*fly ash*) adalah butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara.
2. *Slag* adalah produk non-metal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalkan dengan mencelupkan kedalam air.
3. *Silica fume* adalah material *pozzoland* yang halus, dimana komposisi *silica* lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi *silicon* atau *alloy* besi *silicon* (dikenal sebagai gabungan antara *microsilica* dengan *silica fume*).
4. Penghalus gradasi (*finely divided mineral admixtures*) digunakan untuk memperhalus perbedaan-perbedaan pada campuran beton dengan memberikan ukuran yang tidak ada atau kurang dalam agregat. Contoh bahan ini adalah kapur hidrolis, semen *slag*, *fly ash*, dan *pozzoland* yang sudah menjadi kapur atau mentah.

Keuntungan menggunakan bahan tambah mineral antara lain :

- 1) memperbaiki kinerja *workability*,
- 2) mengurangi panas hidrasi,
- 3) mengurangi biaya pekerjaan beton,

- 4) mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat,
- 5) mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika,
- 6) mempertinggi usia beton,
- 7) mempertinggi kekuatan beton,
- 8) mempertinggi keawetan beton,
- 9) mengurangi penyusutan,
- 10) mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton.

3.3.2 Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*)

Bahan tambah kimia yaitu bahan tambahan pada campuran beton untuk mengubah beberapa sifat beton. Bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe (Mulyono, 2004) sebagai berikut ini.

1. Tipe A (*Water-Reducing Admixtures*)

Water-Reducing Admixtures adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

2. Tipe B (*Retarding Admixture*)

Retarding Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya untuk menghambat pengikatan beton (*setting time*), misalnya karena kondisi cuaca panas dimana tingkat kehilangan sifat pengerjaan beton sangat tinggi.

3. Tipe C (*Accelerating Admixture*)

Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

4. Tipe D (*Water Reducing and Retarding Admixture*)

Water Reducing and Retarding Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air yang diperlukan campuran beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

5. Tipe E (*Water Reducing and Accelerating Admixtures*)

Water Reducing and Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

6. Tipe F (*Water Reducing High Range Admixtures*)

Water Reducing High Range Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Pengurangan kadar air dalam bahan ini lebih tinggi, bertujuan agar kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit tetapi tingkat kemudahannya lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini adalah *superplasticizer*, dosis yang disarankan adalah sekitar 1%-2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

7. Tipe G (*Water Reducing High Range Retarding Admixtures*)

Water Reducing High Range Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang digunakan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan penunda waktu pengikatan. Digunakan pada kondisi yang sempit karena sedikitnya sumber daya yang mengelola beton yang disebabkan oleh keterbatasan ruang kerja.

3.4 *Superplasticizer*

Superplasticizer adalah bahan tambah kimia tipe F (*water reducing high range admixtures*) yang mempunyai pengaruh dalam meningkatnya workabilitas beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Alternatif lain, bahan ini dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workabilitas yang sama (Murdock dan Book, 1986).

Sika Viscocrete-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. Keuntungan dari Viscocrete-10 adalah dapat mengurangi penggunaan

air hingga 30%. Dosis yang dapat digunakan 0,2% - 0,6% dari berat material semen (PT. Sika Indonesia, 2007).

3.4.1 Aplikasi Sika Viscocrete-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*).

3.4.2 Kelebihan Sika Viscocrete-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 pematatan. 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.

3.5 ***Fly Ash* (Abu Terbang)**

Menurut SNI 06-6867-2002, abu terbang adalah sisa hasil pembakaran serbuk batu bara dari tungku pembangkit tenaga uap yang terbawa gas buangan cerobong asap.

Dalam pembagian tipenya abu terbang di bedakan dalam beberapa kelas.

1. Abu terbang kelas F adalah abu terbang yang di hasilkan dari pembakaran batu bara jenis atrasit pada suhu 1560°C , abu terbang ini memiliki sifat pozzolan.
2. Abu terbang kelas N adalah hasil kalsinasi dari pozolan alam seperti tanah *diatonice*, *shole* (serpih), *tuft*, dan batu apung yang beberapa jenis dari bahan tersebut ada yang tidak mengalami kalsinasi.
3. Abu terbang kelas C adalah abu terbang yang di hasilkan dari pembakaran ligmit atau batu bara dengan kadar carbon + 60 % (Sub bitomious), abu terbang ini mempunyai sifat pozzolan dan menyerupai semen dengan kadar kapur di atas 10 % .

3.5.1 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 $225 \text{ m}^2/\text{kg}$ - $300 \text{ m}^2/\text{kg}$. Ukuran butiran yang kecil kadang-kadang terselip dalam butiran yang besar yang mempunyai fraksi lebih besar dari $300\mu\text{m}$.

5. Persyaratan kimia dan fisik abu terbang dapat di lihat pada tabel 3.2 dan 3.3

Tabel 3.2 Persyaratan Kimia Abu Terbang

No.	Senyawa	Kadar (%)
1	Jumlah oksida $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ Minimum	70
2	SO_3 maks	5
3	Hilang pijar maks	6
4	Kadar air maks	3
5	Total alkali dihitung sebagai Na_2O maks	1,5

Sumber: SNI 03-2460-1991

Tabel 3.3 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

3.5.2 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 (Suarnita, 2011).

3.5.3 Kelebihan *Fly Ash* (Abu Terbang)

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.

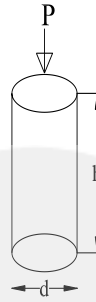
3.5.4 Kelemahan *Fly Ash* (Abu Terbang)

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 (Suarnita, 2011).

3.6 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi = 300 mm, diameter = 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996).



Gambar 3.1 Benda Uji Silinder

Rumus yang digunakan pada persamaan (3-1) untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut (Antono, 1995):

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (3-1)$$

Keterangan: f_c' = kuat tekan (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

Beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75% volume beton (Dipohusodo, 1996). Oleh karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah:

- a. permukaan dan bentuk agregat,
- b. gradasi agregat, dan
- c. ukuran maksimum agregat.

3.7 Modulus Elastisitas Beton

Berbeda dengan baja, modulus elastisitas beton berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji. Biasanya modulus sekan pada 25% sampai 50% dari kekuatan tekan f_c' diambil sebagai modulus elastisitas (Wang dan Salmon, 1986).

Sesuai dengan SK SNI T-15-1990-03 Pasal 3.1.5, digunakan rumus nilai modulus elastisitas beton sebagai berikut (Dipohusodo, 1996).

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \times \sqrt{f_c'} \quad (3-2)$$

Keterangan :

E_c = modulus elastisitas beton tekan (MPa)

W_c = berat isi beton (kg/m^3)

f_c' = kuat tekan beton (MPa)

3.8 Daya Serap Air

Menurut SNI 03-2914-1990, untuk mengetahui penyerapan air pada beton dihitung dengan persamaan :

$$WA(\%) = \left(\frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \right) \quad (3-3)$$

Keterangan :

WA = Daya Serap Air (%)

W1 = Berat beton oven (kg)

W2 = Berat beton kering permukaan – SSD (kg)

3.9 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 fas 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).

3.10 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.

3.11 **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 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.

3.12 Nilai Slump

Nilai *slump* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecakan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (*workability*). Semakin besar nilai *slump* maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai *slump*, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan. Penetapan nilai *slump* untuk berbagai pengerjaan beton dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Penetapan Nilai *Slump* Adukan Beton

Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Nilai <i>Slump</i> (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12.5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan stuktur dibawah tanah	9	2.5
Pelat, balok, kolom, dinding	15	7.5
Perkerasan jalan	7.5	5
Pembetonan masal (beton massa)	7.5	2.5

Sumber : Trokrodimuljo, 2007

3.13 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, 2004).

Sedangkan menurut Tjokrodimuljo (2007), kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksud umur di sini 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.

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 3.5.

Tabel 3.5 Rasio Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Umur

Umur beton	3	7	14	21	28	90	365
Semen <i>portland</i> biasa	0.4	0.65	0.88	0.95	1	1.2	1.35
Semen <i>portland</i> dengan kekuatan awal yang tinggi	0.55	0.75	0.9	0.95	1	1.15	1.2

Sumber : PBI 1971, NI-2, dalam Tjokrodimuljo, 2007