

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton adalah sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentukannya seperti semen hidrolis (*Portland Cement*), agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambah Mulyono (2004). Sedangkan menurut Tjokrodinuljo (2007), beton adalah campuran antara semen portland, agregat, air, dan terkadang ditambah dengan menggunakan bahan tambah yang bervariasi mulai dari bahan tambah kimia, serta sampai dengan bahan bangunan non-kimia pada perbandingan tertentu.

Membuat beton sebenarnya tidaklah sederhana hanya sekedar mencampurkan bahan – bahan dasarnya untuk membentuk campuran yang plastis sebagaimana yang sering kita lihat pada pembuatan bangunan sederhana, tetapi jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara – cara memperoleh adukan beton. Beton segar (*fresh concrete*) yang baik dan beton keras (*hardened concrete*) yang dihasilkannya juga baik. Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi segregasi (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan). Hal ini karena segregasi maupun *bleeding* mengakibatkan beton yang diperoleh akan jelek. Beton (beton keras) yang baik ialah beton yang kuat, tahan

lama, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (Tjokrodimuljo,2007).

3.2 Beton Ringan

Beton normal merupakan bahan yang relatif cukup berat, dengan berat jenis berkisar 2,4 atau berat 2400 kg/m³. Untuk mengurangi beban mati suatu struktur beton atau mengurangi sifat penghantaran panas maka telah banyak dipakai beton ringan. Beton dengan berat kurang dari 1800 kg/m³ biasa disebut dengan beton ringan. Pada dasarnya beton ringan diperoleh dengan cara penambahan pori-pori udara ke dalam campuran betonnya. Oleh karena itu pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara-cara berikut :

- a) Dengan membuat gelembung gelembung gas/udara dalam adukan semen. Dengan demikian akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Bahan tambah khusus (pembentuk udara dalam beton) yaitu *air entrance* ditambahkan ke dalam semen akan timbul gelembung-gelembung udara.
- b) Dengan menggunakan aggrerat ringan, misalnya tanah liat bakar, dan batu apung. Dengan demikian beton yang terbentuk akan menjadi lebih ringan daripada beton normal.
- c) Pembuatan beton tidak menggunakan agregat halus. Beton yang dihasilkan merupakan beton non pasir. Beton jenis ini hanya dibuat dengan menggunakan semen dan agregat kasar saja. Dengan penggunaan ukuran maksimal butir agregat kasar sebesar 10 atau 20 mm. Beton non pasir mempunyai pori-pori yang hanya berisi udara (yang semula terisi oleh butir-butir agregat halus) (Tjokrodimuljo,2007).

3.3 Beton Non Pasir

No fines concrete atau beton non pasir merupakan bentuk sederhana dari jenis beton ringan, yang diperoleh dengan cara menghilangkan agregat halus 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.

Kelebihan utama dari pemakaian beton non-pasir ini adalah kebaikannya sebagai bahan isolasi panas, pembuatan beton yang lebih cepat dan sederhana, bobotnya yang ringan, serta susutnya yang hanya sedikit. Adukan beton non-pasir ini tidak ada kecenderungan untuk bersegregasi dan dapat dijatuhkan dengan tinggi jatuh yang lebih tinggi. Selain itu, karena tidak ada pasir maka luas semen yang di pakai untuk menyelimuti butir pasir tidak diperlukan lagi, sehingga kebutuhan semen hanya sedikit, dengan demikian harganya lebih murah. (Tjokrodimulyo, 2007).

3.4 Faktor Air Semen

Faktor air semen pada beton non pasir berkisar 0,36 dan 0,46 sedangkan nilai faktor air semen optimum sekitar 0,40. Perkiraan faktor air semen tidak dapat terlalu besar karena jika faktor air semen terlalu besar maka pasta semen akan terlalu encer sehingga pada waktu pemadatan pasta semen akan mengalir ke bawah dan tidak menyelimuti permukaan agregat. Jika faktor air semen terlalu rendah maka pasta semennya tidak cukup menyelimuti butir-butir agregat kasar penyusun beton. Maka pada beton non pasir perlu ditambahkan admixture untuk menambah *workability*. Nilai *slump* umumnya sangat kecil bahkan mencapai 0,

sehingga untuk pada pelaksanaan dalam jumlah besar beton non pasir menggunakan conveyor dan tidak disarankan menggunakan concrete pump. Dengan nilai faktor air semen optimum akan dihasilkan pula kuat tekan maksimum suatu beton non pasir (Tjokrodimulyo, 2007)

3.5 Bahan Penyusun Beton Non Pasir

3.5.1 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).

Sebagai bahan dasar dari semen adalah batu kapur (CaO), silika (SiO₂), Oxid besi (Fe₂O₃), alumina (Al₂O₃) dan bahan – bahan lain dalam jumlah kecil seperti trioxid belerang (SO₃), belerang (S) dan sebgainya. Oxid besi bersama alumina dan silika selalu terdapat dalam tanah liat, maka itu ia selalu terdapat di dalam semen. Pada semen yang baik akan terdapat bahan – bahan utama dengan komposisi sebagai berikut :

Tabel 3.1 Kandungan Semen

Senyawa	Persentase
Kapur (CaO)	58 – 65 %
Silika (SiO ₂)	10 – 26 %
Alumina (Al ₂ O ₃)	5 – 9 %
Oxid besi (Fe ₂ O ₃)	1 – 5 %
Magnesia (MgO)	1 – 4 %
Trioxid belerang (SO ₃)	0.5 – 2 %
Belerang (S)	0 – 2 %

Sumber : SNI-15-2049-2004

3.5.2 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 yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25%-30% dari berat semen, namun dalam kenyataannya jika nilai faktor air semen kurang dari 0,35 maka adukan beton akan sulit dikerjakan. Akan tetapi jumlah air untuk pelicin pada adukan beton tidak boleh terlalu banyak karena dapat mempengaruhi

beton setelah mengeras yaitu beton akan porous sehingga kekuatannya akan rendah (Tjokrodimuljo, 2007).

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.

- 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 (Tjokrodimuljo, 2007).

Air diperlukan untuk proses hidrasi semen untuk pembuatan beton. Air yang paling baik untuk digunakan dalam campuran adukan beton adalah yang memenuhi syarat air bersih. Air yang digunakan dalam campuran adukan beton juga harus dengan jumlah yang tepat, karena menurut Tjokrodimuljo. (2007) air yang digunakan dalam proses pembuatan beton jika terlalu sedikit maka akan menyebabkan beton akan sulit dikerjakan, tetapi jika air yang digunakan terlalu sedikit maka akan menyebabkan beton akan sulit dikerjakan, tetapi jika air yang digunakan terlalu banyak maka kekuatan beton akan berkurang dan terjadi penyusutan setelah beton mengeras.

3.5.3 Agregat Kasar atau Kerikil

Agregat kasar dapat diperoleh dari alam (hasil desinterasi alam, biasanya berbentuk bulat), hasil pemecahan batu menjadi berukuran sesuai yang di inginkan dengan menggunakan tenaga manusia maupun mesin pemecah batu, agregat buatan dengan menggunakan tanah liat bakar (keramik) yang dibentuk bulat – bulat dan agregat buatan dari terak tanur tinggi. Agar dapat menghasilkan beton bermutu baik sesuai yang disyaratkan, maka kerikil harus memenuhi syarat – syarat.

1. Berbutir keras dan tidak berpori agar dapat menghasilkan beton yang keras dan sifat tembus air kecil. Pengujian kekerasan agregat kasar untuk beton dengan menggunakan mesin aus Los Angeles atau bejana Rudeoff dengan persyaratan seperti Tabel 3.2.

tabel 3.2 Persyaratan Agregat Kasar untuk Beton

Kekuatan Beton	Bejana Rudeloff (maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 2 mm) dalam 2 %		Mesin Los – Angeles (maksimum bagian yang hancur menembus ayakan 1,7 mm dalam %)
	19-30 mm	9,5 – 19 mm	
Kelas I (sampai 10 MPa)	30	32	50
Kelas II (10-20 MPa)	22	24	40
Kelas III (di atas 20 MPa)	14	16	27

Sumber : Tjokrodijuljo, 2007

2. Bersifat kekal (tidak mudah hancur atau pecah). Untuk pengujian sifat kekal dari agregat kasar menggunakan larutan Na_2SO_4 dengan cara di

rendam dan dikeringkan sebanyak 5 kali dan kehilangan berat maksimum 12 % sedangkan menggunakan larutan $MgSO_4$ kehilangan berat maksimum 18 %.

3. Tidak mengandung zat reaktif alkali (dapat menyebabkan pengembangan beton).
4. Tidak boleh lebih dari 20 % bentuk butir pipih (butir pipih kurang mampu menahan beban, rongga besar dan membutuhkan pasta semen banyak).
6. Begradasi baik agar beton yang dihasilkan pampat. Adapun gradasi kerikil yang baik sebaiknya masuk dalam batas – batas yang tercantum dalam.

Tabel 3.3. (Tjokrodimuljo, 2007).

tabel 3.3 Persyaratan Gradasi Kerikil

Lubang	Besar butir maksimum (% berat butir yang lewat ayakan)	
	40 mm	20 mm
40	95 – 100	100
20	30 - 70	95-100
10	10 – 35	25-55
4,8	0 – 5	0-10

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

3.6 Bahan Tambah

Bahan tambah adalah berupa bubukan atau cairan yang dibubuhkan ke dalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk mengubah beberapa sifatnya. Bahan tambahan digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran, memperlambat waktu pengikatan, mempercepat waktu pengikatan dan menambah kekuatan awal beton yang diuji dengan beton pembanding dengan proporsi yang sama tanpa bahan tambahan (SNI 03-2495-1991).

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).

3.6.1 Pozzolan

Pozzolan adalah sejenis bahan yang mengandung silika dan alumina yang tidak mempunyai sifat penyemenan. Butirannya halus dan dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu ruang serta membentuk senyawa senyawa yang mempunyai sifat-sifat semen (Mulyono, 2004).

Pozzolan merupakan satu bahan jika dikombinasikan dengan kalsium hidroksida, akan membentuk senyawa-senyawa yang mempunyai sifat-sifat *cementitious*. Pozzolan digunakan sebagai suatu bahan penambahan (istilah teknik adalah “*admixtures*”) pada campuran beton semen Portland untuk meningkatkan kekuatan jangka panjang dari beton semen Portland. Pozzolan mengandung silika yang bereaksi dengan kalsium hidroksida untuk membentuk kalsium silikat, bahan-bahan *cementitious* lain bisa juga dibentuk tergantung pada unsur-unsur pozzolan sesuai dengan persamaan berikut (Mulyono, 2004).



Salah satu jenis pozzolan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah abu terbang (*fly ash*). Abu terbang (*fly ash*) adalah bagian dari sisa pembakaran batu bara pada boiler pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk partikel halus

dan bersifat pozzolan, berarti abu terbang tersebut dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar (24°C - 27°C) dengan adanya media air membentuk senyawa yang bersifat mengikat. Dengan sifat pozzolan tersebut abu terbang mempunyai prospek untuk digunakan berbagai keperluan bangunan (Tjokrodimulyo, 2007).

Menurut SNI 06-6867-2002 pembagian tipenya abu terbang dibedakan dalam beberapa kelas yaitu sebagai berikut.

1. Abu terbang kelas F adalah abu terbang yang dihasilkan 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 pozzolan alam seperti tanah *diatomice*, *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 dihasilkan dari pembakaran lignit atau batu bara dengan kadar carbon + 60% (Sub bitomious); abu terbang ini mempunyai sifat pozzolan dan menyerupai semen dengan kadar kapur di atas 10%.

Suarnita, (2011) memaparkan mengenai sifat – sifat abu terbang (*fly ash*) berupa:

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. 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.

6. Persyaratan kimia abu terbang dapat di lihat pada tabel 3.4.

(Sumber : Suarnita, 2011)

tabel 3.4 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 06-6867-2002

Penambahan abu terbang (*fly ash*) pada campuran beton memiliki kelebihan pada beton segar dan beton keras. Kelebihan penambahan abu terbang (*fly ash*) berupa:

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 (Suarnita, 2011).

Sedangkan kelemahan dari penggunaan abu terbang (*fly ash*) pada beton berupa:

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

3.6.2 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. Kadar pengurangan air dalam bahan ini lebih tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit, tetapi tingkat pekerjaan juga lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini dapat berupa *superplasticizer* (RILEM, 1995).

Viscocrete-10 adalah bahan tambah kimia berupa *Superplasticizer* yang melarutkan gumpalan – gumpalan dengan cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar dengan merata pada adukan beton dan mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Bahan ini digunakan dalam jumlah yang relatif sedikit karena sangat mudah mengakibatkan terjadinya *bleeding*. Penggunaan bahan ini antara 0,2-0,6% untuk beton normal sedangkan untuk beton *self compacting concrete* (SCC) sebesar 0,5-

1,8%. Viscocrete-10 dapat mereduksi air sampai 30% dari campuran awal (PT. Sika Tbk, 2007).

Sika Viscocrete-10 sangat cocok sebagai bahan campuran beton dengan jarak transportasi yang jauh dan *workability* yang lama, pengurangan air yang besar, pengaliran yang jauh, beton *precast*, beton *ready mix*, dan beton memadat sendiri.

Viscocrete-10 terutama digunakan dalam

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*) (PT. Sika Tbk, 2007).

Sika Viscocrete-10 sebagai *superplasticizer* berpengaruh besar dalam berbagai mekanisme. Melalui penyerapan pada permukaan dan *sterical effects* memisahkan ikatan dengan sifat sebagai berikut.

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. (PT. Sika Tbk, 2007).

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 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, 2007).

3.8 Segregasi

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil pada beton akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton.

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 (Mulyono, 2004).

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

Slump adalah besaran kekentalan (*viscosity*) / plastisitas dan kohesif dari beton segar. Pengukuran slump dilakukan dengan cara mengukur tegak lurus antara tepi atas cetakan dengan tinggi rata - rata benda uji, untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti dilakukan dua kali pemeriksaan dengan adukan yang sama dan dilaporkan hasil rata – rata (SNI 03-1972-1990).

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 3.5 (Tjokrodimuljo, 2007).

tabel 3.5 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 struktur dibawah tanah	9	2,5
Plat, balok, kolom, dinding	15	7,5
Perkerasan jalan	7,5	5
Pembetonan massal (beton massa)	7,5	2,5

Sumber : Trokrodimuljo, 2007

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, 2004).

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).

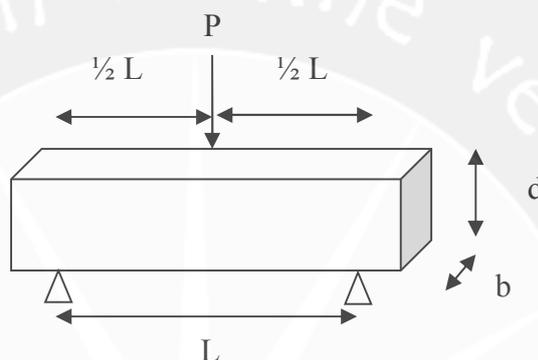
Tabel 3.6 Rasio Kuat Tekan Beton pada Berbagai Umur

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

(Tjokrodimuljo, 2007)

3.12 Kuat Lentur Beton

Kuat lentur adalah kemampuan balok beton untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu yang diberikan padanya sampai balok beton patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) (SNI 03-4154-1996).



Gambar 3.1 Benda Uji Balok Kuat Lentur Beton

Menurut SNI 03-4154-1996, kuat lentur beton dengan beban terpusat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$f_{lt} = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3-2)$$

Keterangan :

- f_{lt} = Kuat lentur (MPa)
- P = Beban uji maksimum (benda belah/hancur) dalam Newton (N)
- L = Panjang benda uji dalam (mm)
- b = Lebar benda uji (mm)
- d = Tinggi benda uji (mm)

Sedangkan menurut SNI 03-2847-2002 nilai kuat lentur balok dapat menggunakan pendekatan

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} \quad (3-3)$$

Keterangan :

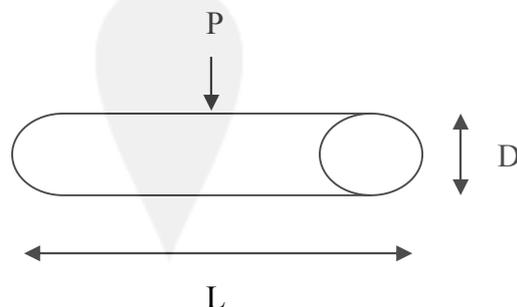
f_r = Kuat lentur (MPa)

f_c' = Kuat tekan beton (MPa)

3.13 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan (SNI 03-2491-2002).

Nilai kuat tarik beton relatif rendah. Pendekatan yang baik untuk menghitung kekuatan tarik beton (f'_{ct}) dengan koefisien kuat tekan beton (f_c') adalah dengan rumus $0,1 f_c' < f'_{ct} < 0,2 f_c'$ (Nawi,1990). Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton di perkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan membantu kelemahannya terutama pada bagian yang menahan gaya tarik (Dipohusodo, 1994).



Gambar 3.2 Benda Uji Silinder Kuat Tarik Belah Beton

Menurut Dipohusodo (1996) rumus untuk menghitung nilai kuat tarik belah menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$fct = \frac{2P}{\pi LD} \quad (3-4)$$

Keterangan

- fct = Kuat tarik belah (MPa)
 P = Beban uji maksimum (benda belah/hancur) dalam Newton (N)
 L = Panjang benda uji dalam (mm)
 D = Diameter benda uji (mm)