BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Beton pada umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama, yaitu semen, agregat, dan air. Jika diperlukan, bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. Menurut Nawy (1985, dalam Mulyono, 2005), beton adalah sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Menurut Mulyono (2005), beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (portland cement), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*).

Beton mempunyai segi kekurangan dan kelebihan yang sepatutnya dimengerti oleh para perencana dan konstruktor, karena pengertian ini dapat mencegah kesulitan-kesulitan dalam segi perencanaan dan perawatan beton (Tjokrodimuljo, 1996). Kelebihan beton antara lain adalah :

1. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan lokal, kecuali semen portland.
2. Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan/pembusukan oleh kondisi lingkungan.
3. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran seberapapun tergantung keinginan.
4. Kuat tekannya yang tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) mampu untuk struktur berat.
5. Beton segar dapat disemprotkan di permukaan beton lama yang retak maupun diisikan ke dalam retakan beton dalam proses perbaikan.

6. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
7. Beton termasuk tahan aus dan tahan kebakaran, sehingga biaya perawatan termasuk rendah.

Kekurangan beton adalah :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
2. Beton segar mengerut saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah, sehingga dilatasi (*contraction joint*) perlu diadakan pada beton yang panjang/lebar untuk memberi tempat bagi susut pengerasan dan pengembangan beton.
3. Beton keras mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi (*expansion joint*) untuk mencegah terjadinya retak- retak akibat perubahan suhu.
4. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusakkan beton.
5. Beton bersifat getas (tidak daktail) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan dapat bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa.

B. Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Mutu dan Keawetan Beton

Pada umumnya jika berhubungan dengan tuntutan mutu dan keawetan yang tinggi diinginkan, ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dan diperhatikan dalam menghasilkan sebuah beton yang bermutu tinggi

1. **Faktor Air Semen (FAS).**

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang samakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Ada batas-batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65.

2. **Kualitas agregat halus.**

Agregat normal yang dipakai dalam campuran beton harus sesuai dengan SII.0052

a. Modulus halus butir 1,5 sampai 3,8
b. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074mm) maksimum 5%.
c. Kadar zat organik yang terkandung yang ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan netrium sulfat ($NaSO_4$) 3%, jika dibandingkan dengan warna standar/pembanding tidak lebih tua dari pada warna standar.
d. Kekerasan butiran jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kwarsa Bangka memberikan angka tidak lebih dari 2,20.
e. Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika dipakai magnesium sulfat, maksimum15%

3. **Kualitas Agregat kasar.**

Agregat normal yang dipakai dalm campuran beton sesuai dengan SII.0052 :

a. Modulus halus butir 6,0 samai 7,1

b. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074mm) maksimum 1%.
c. Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
d. Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, dan jika dipakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%.
e. Tidak bersifat reaktif terhadap alkali jika kadar alkali dalam semen sebagai Na_2O lebih besar dari 0,6%.
f. Tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%.
g. Kekerasan agregat harus memenuhi syarat.

4. Penggunaan bahan tambah (*admixture*) dan aditif (mineral).

Admixture adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya. *Additive* merupakan bahan yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Pada saat ini, bahan tambah mineral ini lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja tekan beton, sehingga bahan tambah mineral ini cenderung bersifat penyemenan.

C. Bahan Penyusun Beton

1. Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah (PUBI-1982 dalam Tjokrodimuljo, 1996).

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar

10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting (Mulyono, 2005).

Semen portland terutama terdiri dari oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO_2), oksida alumina (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3). Kandungan dari keempat oksida kurang lebih 95% dari berat semen dan biasanya disebut "*major oxides*", sedangkan sisanya sebanyak 5% terdiri dari oksida magnesium(MgO) dan oksida lain. Komposisi spesifik semen portland tergantung pada jenis semen dan komposisi bahan baku yang dipergunakan. Komposisi kimia semen portland mempunyai limitasi seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1.Komposisi Kimia Semen

Senyawa	Nama umum	% berat
CaO	Kapur	63
SiO_2	Silika	22
Al_2O_3	Alumina	6
Fe_2O_3	Ferrit oksida	2.5
MgO	Magnesia	2.6
K_2O	Alkalis	0.6
Na_2O	Disodium oksida	0.3
SO_2	Sulfur dioksida	2
CO_2	Karbon dioksida	-
H_2O	Air	-

Sumber : Paul dan Antoni, 2005

Walaupun komplek, tapi pada dasarnya terdapat empat senyawa yang paling penting, yaitu :

a. Trikalsium silikat, $3CaO.SiO_2$ disingkat C_3S

Sifat C_3S hampir sama dengan sifat semen, yaitu apabila ditambahkan air akan menjadi kaku dan dalam beberapa jam saja pasta akan mengeras. Pada saat hidrasi C_3S membebaskan Kalsium Hidroksida hampir 3 kali lebih banyak dari C_2S sehingga menunjang kekuatan awal yang tinggi dengan panas hidrasi yang ditimbulkan cukup tinggi ±500 joule/gram sehingga berpengaruh besar terhadap pengerasan semen

sebelum mencapai 14 hari. Kandungan C_3S pada semen portland bervariasi biasanya antara 70%-80% tergantung pada jenis semen portland.

b. Dikalsium silikat, $2CaO.SiO_2$ disingkat C_2S

Sifat C_2S, pada penambahan air segera terjadi reaksi, menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan sedikit panas yaitu ± 250 joule/gram. Karena sedikitnya panas hidrasi yang dikeluarkan maka pengerasan semen menjadi lambat tapi stabil, pengaruh kekuatan pengerasan baru nampak setelah berumur lebih dari 7 hari kemudian mencapai kekuatan tekan akhir hampir sama dengan C_3S. Kelebihan lainnya unsur C_2S dapat membuat semen lebih tahan terhadap serangan kimia (*chemical attack*) dan juga mengurangi besar susutan pengeringan. Kandungan C_2S pada semen portland bervariasi antara 70%-80%.

c. Trikalsium aluminat, $3CaO.Al_2O_3$ disingkat C_3A

Sifat C_3A, dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi yaitu ± 850 joule/gram baik pada pengerasan awal maupun pengerasan berikutnya. Perkembangan kekuatan terjadi pada satu sampai dua hari. Batas kandungan unsur C_3A tidak boleh lebih dari 5% karena hasil hidrasi C_3A mudah bereaksi dengan larutan asam sulfat (SO_4) yang dapat membentuk zat kimia baru yaitu *ettringite* sehingga dapat membuat beton retak-retak.

d. Tetra kalsium alumino ferrite, $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ disingkat C_4AF

Sifat C_4AF, dengan air bereaksi dengan cepat dan pasta terbentuk dalam beberapa menit, menimbulkan panas hidrasi ± 420 joule/gram. Warna abu-abu pada semen dipengaruhi oleh C_4AF. Kandungan C_4AF pada semen portland bervariasi antara 5%-10%.

Perbedaan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase 4 komponen utama dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan penggunaannya.

Sesuai dengan tujuan pemakainnya, semen portland di Indonesia (SII 0013-81 dalam Tjokrodimuljo, 1996). Semen dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

a. Jenis I

Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

b. Jenis II

Semen Portland yang dalam penggunaannnya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

c. Jenis III

Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.

d. Jenis IV

Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.

e. Jenis V

Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sanat tahan terhadap sulfat.

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar/beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar/beton. Walaupun namanya hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/beton sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton (Tjokrodimuljo, 1996).

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

Batasan antara agregat halus dan agregat kasar berbeda antara disiplin ilmu yang satu dengan yang lainnya. Meskipun demikian, dapat diberikan batasan ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4,80 mm (British Standard) atau 4,75 mm (Standar ASTM) (Mulyono,2005).

a. Agregat kasar/kerikil

Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm) dan hanya mengandung bahan lebih halus seperti yang telah diijinkan untuk bermacam-macam ukuran. Agregat kasar dapat diartikan sebagai kerikil yang utuh, kerikil pecah, batu pecah atau sebagian terdiri dari kerikil pecah dengan kombinasi kerikil pecah dan kerikil utuh.

b. Agregat halus/pasir

Agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4,80 mm (4,75 mm). Komposisi kimia pasir dan keadaan geologi mempengaruhi kualitas agregat halus. Gradasi yang baik dari agregat halus tersebut juga memberikan efek yang penting di dalam kelecakan dan ketahanan pada beton. Agregat halus dengan butiran yang sangat halus tidak praktis untuk kelecakannya, sehingga pada umumnya harus ditambahkan semen untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran yang halus tersebut untuk mendapatkan kelecakan yang baik. Beton yang menggunakan pasir dengan butiran besar biasanya lemah, karena rongga antara butiran cukup lebar sehingga tegangan tidak dapat menyebar secara merata.

3. Air

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting, namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air hanya diperlukan 25% dari berat semen saja. Selain itu, air juga digunakan

untuk perawatan beton dengan cara pembahasan setelah dicor (Tjokrodimuljo, 1996).

Kebutuhan kualitas air untuk beton mutu tinggi tidak jauh berbeda dengan air untuk beton normal. Pengerasan beton dipengaruhi reaksi semen dan air, maka air yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Air yang memenuhi persyaratan air minum merupakan air yang memenuhi syarat untuk bahan campuran beton, tetapi air untuk campuran beton adalah air yang bila dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% dari kekuatan beton yang menggunakan air suling.

4. 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 baik pada saat masih segar maupun setelah mengeras (Tjokrodimuljo,1996).

Bahan tambah biasanya digunakan pada dosis tertentu, kesalahan dalam dosis penggunaan serta cara pemakaiannya dapat berpengaruh merugikan terhadap kualitas beton yang dihasilkan. Pada pelaksanaannya bahan tambah dapat dipakai sebagai bahan tambahan (tanpa mengurangi semen/bahan susun lain) atau sebagai pengganti sebagian bahan susun.

a. Limbah Karbit

Limbah Karbit adalah sisa pembakaran karbit yang tidak terpakai. Pengujian senyawa yang terkandung dalam limbah karbit di Laboratorium Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Surabaya menunjukkan bahwa limbah karbit mengandung unsur kalsium yang cukup tinggi, yaitu 72,33% (Suhilman dan Santoso, 2007). Komposisi limbah karbit dapat dilihat pada

Tabel 2.2. Komposisi Kimia Limbah Karbit

Senyawa	Jumlah %
SiO_2	0,50
CaO	72,33
Fe_2O_3	0,04
Al_2O_3	3,20
Lain-lain	23,93

Sumber: Suhilman dan Santoso, 2007

b. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi (*rice husk ash*) dihasilkan dari pembakaran sekam/kulit padi pada industri pembuatan bata. Sudah diketahui abu sekam padi mengandung silika yang tinggi (sejenis senyawa kimia yang bersifat *pozzolan*) sehingga abu sekam padi bisa dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian semen. Dari kemampuan 1 % abu sekam padi diperoleh kenaikan kuat tekan 1,06 % nilaikuat tekan campuran beton tanpa abu sekam padi (Pasaribu, 2007). Komposisi kimia abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3. komposisi kimia abu sekam padi

Komposisi kimia	Keterangan(%)
Silica diaoxe (Sio_2)	84,16
Aluminium oxide (Al_2o_3)	4,57
Iron oxide (Fe_2o_3)	0,37
Calcium oxide (Cao)	3,99
Carbon dioxide (Co_2)	0,51
Magnesium (Mgo)	3,53
Loss on ignition	3,8

D. Hasil Penelitian Terdahulu

Dari penelitian dahulu pada Kasnanto (2009) dan Jaya (2009) telah membahas tentang campuran limbah karbit (LK) dan abu sekam padi (ASP) dengan variasi umur terhadap kuat tekan beton dengan menggunakan LK 5% dan ASP 5% sebagai bahan pengganti sebagian semen dan pengaruh campuran LK dan ASP sebagai bahan pengganti semen dengan proporsi campuran 0%, 5%, 10%, 20% dari berat semen terhadap kuat tekan beton. Hasil penelitian tersebut kuat tekan beton rata-rata untuk variasi umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, 28 hari sebesar 21,38Mpa, 27,01Mpa, 26,66Mpa, 34,68Mpa, 40,38Mpa dan pada pengaruh proporsi campuran LK dan ASP sebesar 34,87Mpa, 41,20Mpa