BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1 Beton

Beton adalah suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan bahan tambahan bila diperlukan. Beton yang banyak dipakai pada saat ini yaitu beton normal. Beton normal ialah beton yang mempunyai berat isi 2200–2500 kg/m³ dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah.

Beton normal dengan kualitas yang baik yaitu beton yang mampu menahan kuat tekan yang diberi beban berupa tekanan dengan dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuk, kemudahan pengerjaan (*workability*), faktor air semen (F.a.s) dan zat tambahan (*admixture*) bila diperlukan (Alam, dkk).

Beton merupakan bahan dari campuran antara *Portland cement*, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedimikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Sutikno, 2003:1).

2.1.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Kelebihan dari beton antara lain (Sutikno, 2003:2):

- Mudah dicetak artinya beton segar dapat mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran berapapun tergantung dari keinginan.
- Ekonomis artinya bahan-bahan dasar dari bahan lokal kecuali *Portland cement*, hanya daerah-daerah tertentu sulit mendapatkan pasir maupun kerikil. Dan cetakan dapat digunakan berulang-ulang sehingga secara ekonomis menjadi murah.
- Awet dan tahan lama artinya beton termasuk berkekuatan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap perkaratan dan pembusukan oleh kondisi lingkungan. Bila dibuat secara baik kuat tekannya sama dengan batu alam.

- Tahan api artinya tahan terhadap kebakaran, sehingga biaya perawatan termasuk rendah.
- Energi effisien artinya beton kuat tekannya tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan dapat dikatakan mampu dibuat strukutur berat. Beton dan baja boleh dikatakan mempunyai koefisien muai hampir sama.
- Dapat dicor ditempat, artinya beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sangat sulit. Juga dapat disemprotkan pada permukaan beton yang lama untuk menyambungkan dengan beton baru (di grouting).
- Bentuknya indah artinya dapat dibuat model sesuka hati menurut selera yang diinginkan.

Kekurangan dari beton antara lain (Sutikno, 2003:2):

- Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan.
- Beton segar mengerut pada saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah, sehingga perlu diadakan dilatasi pada beton yang panjang untuk memberi tempat untuk kembang susut beton.
- Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air dan air membawa kandungan garam dapat merusak beton.
- Beton bersifat getas sehingga harus dihitung dengan teliti agar setelah digabungkan dengan baja tulangan dapat bersifat kokoh terutama pada perhitungan bangunan tahan gempa.

2.1.2 Bahan Penyusun Beton

1. **Portland Cement**

   Portland Cement (PC) atau semen adalah bahan yang bertindak sebagai bahan pengikat agregat, jika dicampur dengan air semen menjadi pasta. Dengan proses waktu dan panas, reaksi kimia akibat campuran air dan semen menghasilkan sifat perkerasan pasta semen. Penemu semen (*Portland Cement*) adalah Joseph Aspdin di tahun 1824, seorang tukang batu kebangsaan Inggris. Dinamakan semen Portland, karena awalnya

semen dihasilkan mempunyai warna serupa dengan tanah liat alam di Pulau Portland.

Semen portland dibuat melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesif maupun kohesif. Semen diperoleh dengan membakar karbonat atau batu gamping dan *argillaceous* (yang mengandung aluminia) dengan perbandingan tertentu. Bahan tersebut dicampur dan dibakar dengan suhu 1400º C-1500º C dan menjadi klinker. Setelah itu didinginkan dan dihaluskan sampai seperti bubuk. Lalu ditambahkan gips atau kalsium sulfat (CaSO4) kira–kira 2–4 % sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Bahan tambah lain kadang ditambahkan pula untuk membentuk semen khusus misalnya kalsium klorida untuk menjadikan semmen yang cepat mengeras. Semen biasanya dikemas dalam kantong 40 kg/ 50 kg (Sutikno, 2003:2). Menurut SII 0031-81 semen portland dibagi menjadi lima jenis, sebagai berikut:

1. Jenis 1 : Semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Jenis 2 : Semen untuk beton tahan sulfat dan mempunyai panas hidrasi sedang.
3. Jenis 3 : Semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).
4. Jenis 4 : Semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah.
5. Jenis 5 : Semen untuk beton yang sangat tahan terhadap sulfat.

Menurut R. Sagel, P. Kole dan Gideon Kusuma (1994:145) dalam hal kecepatan dari perkembangan kekuatan, jenis-jenis semen dibedakan dalam tiga kelas :

- Kelas A : semen dengan kekuatan awal normal.
- Kelas B : semen dengan kekuatan awal tinggi.
- Kelas C : semen dengan kekuatan awal sangat tinggi.

Tabel 2. 1 Jenis Kelas Semen

JENIS SEMEN	KELAS			WARNA
	A	B	C	
Semen Portland	*	*	*	Abu-abu
Semen Portland abu terbang	*			Abu-abu
Semen Portland putih			*	Putih

(Sumber:Jenis Kelas Semen, Paul Nugraha dan Antoni (2007))

2.1.3 Beton Segar

Beton segar adalah beton yang belum mengalami pengerasan. Beton segar yang baik adalah beton segar yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dipadatkan, tidak mengalami segregasi (terpisahnya kerikil dari adukan) dan tidak mengalamibleeding (terpisahnya air dan semen dari adukan).Ada 3 (tiga) sifat penting dari beton segar, antara lain : workability, segregation, dan bleeding.

2.2 Mutu Beton

Kinerja suatu beton harus disesuaikan dengan kelas dan mutu beton yang dibuat, sehingga dalam penggunaannya dapat disesuaikan dengan bangunan ataupun kontruksi yang akan dibangun untuk mendapatkan hasil yang memuaskan dan sesuai dengan yang dibutuhkan. Menurut *PBI' 71* beton dibagi dalam kelas dan mutu sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Mutu dan Kelas Beton

Jenis Beton	(Mpa)fc'	σ_{bk}'(Kg/ cm^2)	Uraian
Mutu Tinggi	35 - 65	K400 - K800	Digunakan untuk beton prategang seperti : Tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, plat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20 - < 35	K250 - < K400	Digunakan untuk beton prategang seperti : Pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu Rendah	10 - < 15	K125 -< K175	Digunakan untuk beton prategang seperti : Pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.

(*Sumber : PBI' 71*)

2.3 Bahan Pengisi (Agregat) dan Persyaratannya

Agregat adalah material granular, misalnya pasir , kerikil, batu pecah dan kerak tungku besi, yang dipakai secara bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen adukan (SK SNI T-15-1991-03).

Fungsinya adalah sebagai material pengisi dan biasanya menempati sekitar 75 % - 80% dari isi total beton, karena itu pengaruhnya besar terhadap sifat dan daya tahan beton. Misalnya ketahanan beton terhadap pengaruh pembekuan-pencairan, keadaan basah–kering, pemanasan–pendinginan dan abarasi–kerusakan akibat reaksi kimia (Portland Cemen Association, Principles of Quality Concrete (1975)).

Mengingat bahwa agregat menempati jumlah yang cukup besar dari volume beton dan sangat mempengaruhi sifat beton, maka perlu kiranya material ini diberi perhatian yang lebih detail. Bahan ini relatif murah harganya, sehingga disarankan untuk memakai bahan ini sebanyak mungkin agar lebih ekonomis. Disamping itu dapat mengurangi penyusutan akibat pengerasan beton dan juga mempengaruhi koefisien pemuaian akibat panas. Pemilihan jenis agregat yang akan digunakan tergantung pada mutu agregat, ketersediannya di lokasi, harganya serta jenis konstruksi yang akan menggunakannya.

Dalam SNI T-15-1991-03 berdasarkan ukurannya, agregat ini dapat dibedakan menjadi:

1. Agregat halus diameter 0-5 mm disebut pasir, yang dapat dibedakan lagi menjadi:
    - Pasir halus : diameter 0-1 mm
    - Pasir kasar : diameter 1-5 mm
2. Agregat kasar diameter ≥ 5 mm, biasanya berukuran antara 5 hingga 40 mm, disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi “alami” batuan atau hasil dari industri pemecah batu.

Agregat untuk beton harus memenuhi ketentuan dari “Mutu dan Cara Uji Agregat Beton” dalam SII 0052-80 , dan PBI 89 menyebutkan ASTM C330 tentang “Standar specification for Concrete Agregate”.

Adapun sifat dan syarat agregat yang dapat berpengaruh terhadap beton dapat dilihat pada tabel :

Tabel 2. 3 Jenis Pengujian dan Persyaratan Agregat halus

No	Jenis Pengujian	Standar Uji	Satuan	Persyaratan Nilai Agregat
1	BJ SSD	SNI 03-1970-1990	gr/ml	2,0-2,6
2	BJ Bulk		gr/ml	-
3	BJ Apperent		gr/ml	-
4	Penyerapan Air		%	-
5	Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996	%	<5%
6	Kadar Zat Organik	SNI 03-2816-1992	-	Kode Standar warna
7	Gradasi Agregat	ASTM C330	-	Tabel gradasi

(Sumber: ASTM dan SNI)

Tabel 2. 4 Jenis Pengujian dan Persyaratan Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Standar Uji	Satuan	Persyaratan Nilai Agregat
1	BJ SSD	SNI 03-1970-1990	gr/ml	2,0-2,6
2	BJ Bulk		gr/ml	-
3	BJ Apperent		gr/ml	-
4	Penyerapan Air		%	-
5	Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996	%	<1%
7	Gradasi Agregat	ASTM C330	-	Tabel gradasi

(Sumber: ASTM dan SNI)

Untuk mencapai kekuatan beton yang baik perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena pada umumnya semakin keras massa agregat maka semakin tinggi kekuatan dan durability-nya (daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca). untuk membentuk massa padat diperlukan susunan gradasi butiran agregat yang baik. Disamping bahan agregat harus mempunyai kekerasan, sifat kekal, tidak bersifat reaktif terhadap alkali, dan tidak mengandung bagian-bagian kecil (< 70 micron) atau lumpur. Nilai kekuatan beton yang dicapai sangat ditentukan oleh mutu bahan agregat ini.

2.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah bahan pengisi (*filler*) campuran beton yang ukurannya sudah melebihi ¼ inch (6 mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan sel semen.

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus merupakan pengisi (*filler*) yang berupa pasir. Ukurannya bervariasi di bawah saringan no. 4 (0,075 mm) menurut standar ASTM. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan standar analisis saringan dari ASTM (*American Society of Testing and Materials*).

2.3.3 Gradasi

Menurut Paul Nugraha dan Antoni (2007:44-46). Gradasi (pembagian/distribusi butir, *gradding*) ialah distribusi ukuran butir agregat. Agregat diayak berurutan menurut ayakan standar, yang disusun mulai dari ayakan terbesar di bagian paling atas. Agregat diletakan di bagian teratas tersebut. Setelah digetarkan cukup lama, berat agregat yang tertahan pada setiap ayakan dicatat, dihitung persentasenya. Persentase Kumulatif Tertahan dan Persentase Kumulatif Lolos kemudian di hitung. Kurva gradasi suatu agregat dapat dibuat dengan menggunakan hasil dari analisis ayakan/saringan. Kurva gradasi digambarkan pada skala *semilog.* Yaitu dengan "urutan ayakan" pada absis bersekala log dan "% berat yang melalui ayakan" pada ordinat bersekala linier.

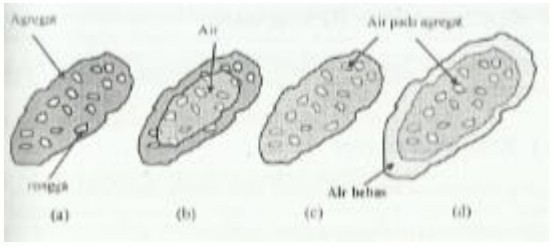
Gradasi dinyatakan dengan suatu angka , yaitu Modulus Kehalusan (*fineness modulus* – FM). Modulus kehalusan adalah suatu angka yang secara kasar menggambarkan rata-rata ukuran butir agregat. Ini dipakai dilapangan, untuk mengukur kehomogenan suatu bagian agregat terhadap keseluruhan. Persamaan untuk menghitung FM ditunjukan pada persamaan dibawah :

$$FM = \frac{Total\ Kumulatif\ \%\ Berat\ Yang\ Tertinggal\ Pada\ Ayakan}{100} \qquad (2.3)$$

2.3.4 Absorpsi dan Kadar Air

Menurut Paul Nugraha dan Antoni (2007:56-57). Air yang terkandung di dalam agregat akan memengaruhi jumlah air yang diperlukan di dalam campuran (mix) agregat yang basah akan membuat campuran lebih basah dan meningkatkan factor air semen, dan sebaliknya agregat yang kering akan menyerap air campuran dan menurunkan kelecekan beton. Jadi kandungan air di dalam agregat harus diketahui.

Pasir yang ditumbuk dan diberi kesempatan untuk mongering hingga 16 jam akan mempunyai kadari sekitar 5%. Dalam keadan basah antara 7 sampai 10%, kadang sampai 15%. Pasir yang lembab terasa agak basah, tetapi tidak meninggalkan kebasahan di tangan. Kadar air sekitar 2% berat, pasir terasa basah dan sedikit membasahi tangan, membentuk bola di tangan. Kadar air sekitar 4% berat, pasir yang sangat basah, airnya sampai menetes ketika diangkut, semakin membasahi tangan dan tampak mengilat.



Gambar 2. 1 Kondisi kandungan air dalam agregat. (a) kering kerontang, (b) kering udara, (c) saturaded surface dry (ssd), (d) lembab.

(*Sumber:Teknologi Beton (Paul Nugraha dan Antoni)*)

Ada 4 kondisi kandungan air di dalam agregat :

a . Kering kerontang (*bone dry* atau *oven dry* – od) Bisa didapat dengan memasukan agregat ke dalam oven selama 24 jam pada temperature 105 – 110 ℃.

b . Kering udara (*air dry* – ad)

Bagian luarnya kering namun bagian dalamnya masih mengandung air. Keadaan agregat dilapangan bila terjemur.

c . Saturaded Surface Dry (SSD)

Ini keadaan teoritis ideal, yaitu butir di dalamnya sudah jenuh air (*saturaded*). Namun bagian sebelah luar masih kering. Kondisi ini dipakai sebagai dasar perhitungan *mix design.*

d . Lembab (*moist* atau *wet*)

Selain bagian dalam jenuh air, bagian luar juga basah. Didapat dengan merendam agregat selama 24 jam.

2.3.5 Air

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia, dengan semen untuk pembentukan pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam

campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses pencampuran yang tidak merata.

Air yang dipergunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya yang lebih dari 2 gram perliter.
- Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton, zat organik dan sebaginya lebih dari 15 gram per liter.
- Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 1 gram per liter.
- Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram per liter.

Adapun pengaruh kotoran dalam air menurut Paul Nugraha dan Antoni (2007:75) kotoran secara umum bisa menyebabkan :

- Gangguan pada hidrasi dan pengikatan.
- Gangguan pada kekuatan dan ketahanan.
- Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan.
- Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
- Bercak-bercak pada permukaan beton.

2.5 Faktor Air Semen

Faktor air semen sangat berpengaruh pada mutu beton, air yang terlalu banyak akan menempati ruang pada waktu beton mengeras dan terjadi penguapan, dan menjadikan ruang pori.

Untuk material yang diberikan, kekuatan beton hanya tergantung pada satu factor saja. Yaitu factor air semen daro pasta. (D.A. Abrams 1918) factor air semen dinyatakan dengan rumus :

$$fas = \frac{w}{c} \qquad (2.5)$$

Dimana :

W = Berat Air

C = Berat Semen

2.6 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan hasi sisa pembakaran sekam padi, pembakaran tersebut dapat menghilangkan zat-zat organik dan memiliki kandungan silica.

Penelitina terdahulu (Khairul Lakum C) mengatakan bahwa Abu sekam padi merupakan hasil dari sisa pembakaran sekam padi, Abu sekam padi merupakan salah satu bahan yang potensial digunakan di Indonesia karena produksi yang tinggi dan penyebaran yang luas. Bila abu sekam padi dibakar pada suhu terkontrol, abu sekam yang dihasilkan dari sisa pembakaran mempunyai sifat pozzolan yang tinggi karena mengandung silika. Selama proses perubahan sekam padi menjadi abu, pembakaran memghilangkan zat-zat organik dan meninggalkan sisa yang kaya akan silika. Perlakuan panas pada sekam menghasilkan perubahan struktur yang berpengaruh pada dua hal. Yaitu tingkat aktivitas pozzolan dan kehalusan butiran abunya.

Kandungan SiO2 (*Silica*) dalam abu sekam padi dapat mencapai sekitar 80% dan biasanya dikategorikan sebagai *pozzolan* reaktif. Abu sekam padi yang ditumbuk akan didapatkan ukuran partikel yang tepat karena ukuran partikel abu sekam padi mempengaruhi *workability* dan kekuatan beton (Habeeb, 2010). Abu sekam padi mampu untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen parsial dan mengurangi penggunaan sumber daya alam dalam proses pembuatan semen. (Habeeb, 2010; Kartini, 2010).

Jika kulit sekam itu dibakar pada tungku pembakar, akan dihasilkan sekitar 55 kg (25%) *RHA.* Sekitar 20% dari berat padi adalah sekam padi, dan bervariasi dari 13% sampai 29% dari komposisi sekam adalah abu sekam yang selalu dihasilkan setiap kali sekam dibakar. Nilai paling umum kandungan silika (SiO2) dalam abu sekam padi adalah 94 – 96% dan apabilam nilainya 60% mendekati atau dibawah 90 % kemungkinan disebabkan oleh sampel sekam yang telah terkontaminasi oleh zat lain yang kandungan silikanya rendah. Abu sekam padi apabila dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi sekitar (500 – 600 ℃) akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia (Prasetyoko, 2001).

2.7 Kapur

Kapur/gamping merupakan salah satu komponen bahan bangunan yang berfungsi sebagai perekat. Kemampuan yang dimiliki kapur ini dapat dimanfaatkan untuk

menambah campuran beton yang sebelumnya hanya menggunakan semen, pasir dan batu pecah.

Batu kapur adalah hasil sedimentasi yang terbentuk CaCo3 (kalsium karbonat) yang dilakukan melalui proses kimia dan mekanik di alam. Batu kapur dibakar tungku (oven vertical pada suhu 800ºC - 1200ºC. kalsium karbonat terurai menjadi kalsium oksida dan karbonat dioksida CaCo3 → CaO + CO2. (Andi Suharyo 2002)

Air memegan gperan penting pada pengikatan dan pengerasan kapur yang terjadi karena reaksi kimia, Kapur mengikat CO2 dari udara dimana akan terjadi pengerasan.

Batu gamping dapat dibedakan menjadi dua yaitu batu gamping non klastik dan batu gamping klastik. Batu gamping non klastik merupakan koloni binatang laut terutama terumbu dan koral yang merupakan anggota *coelenterate* sehingga di lapangan tidak menunjukkan perlapisan yang baik dan belum banyak mengalami pengotoran mineral lain. Sedangkan batu gamping klastik merupakan hasil rombakan jenis batu gamping non klastik. (Sukandarumidi 2004, dalam Koordijanto 2009*)*

2.8 Penakaran, Pencampuran dan Pengangkutan

2.8.1 Penakaran

ini adalah proses untuk mengukur proporsi dan material beton sebelum dimuat kedalam pengaduk (*mixer*). Besarnya proporsi masing-masing bahan didapat dari perencanaan campuran (*mix design*). Proses penakaran yang paling akurat adalah menimbangnya. (Paul Nugraha dan Antoni 2007:121)

2.8.2 Pencampuran (*mix design*)

Material harus dicampur sampai terdistribusi rata. Ini akan terlihat pada warna dan konsistensi, dan harus seragam dengan takaran sebelumnya. (Paul Nugraha dan Antoni 2007:122)

2.8.2.1 Urutan

Kalau pencampuran sempurna, urutan yang bagaimanapun akan menghasilkan adukan yang merata. Namun dalam praktiknya waktu pencampuran terbatas sehingga urutan perlu diperhatikan. Ide pencampuran adalah *sandwich*, dengan pengertian bahwa material terjamin merata. Khususnya untuk jenis hopper.

Umumnya yang dimasukan cenderung agregat kasar dulu, kemudian semen, lalu agregat halus. Air ditambahkan terakhir. Alasannya, waktu hopper dijungkirkan untuk mengeluarkan isinya, bahan yang masuk pertama akan keluar belakangan, oleh karenanya lebih baik jika agregat kasar dapat mendorong agregat halus dan semen yang ada di depannya.

Pencampuran air dimasukan dengan cara memasukan sedikit air terlebih dahulu , sisa air ditambahkan setelah semua material masuk. (Paul Nugraha dan Antoni 2007:124)

2.8.2.2 Waktu

Waktu pencampuran pada saat pengecoran berkisar 30 detik. Tujuan dari waktu pencampuran adalah untuk mendapatkan campuran yang seragam.

Lama pencampuran dapat berkisar dari 30 detik untuk jenis *pan-type* dan jenis *reversing*, sampai sekitar 3 menit untuk pengaduk *free-fall*. PBI 89 mensyaratkan minimal 1,5 menit.

Untuk drum yang berputar dengan kapasitas 1 m^3, waktu pencampuran yang dibutuhkan adalah 1,5 sampai 2 menit setelah semua material masuk. (Paul Nugraha dan Antoni 2007:125)

2.8.2.3 Jenis Mixer/Molen

- Pan Type



Gambar 2. 2 Pan Type Mixer
(Sumber: http://matest.com/CONCRETE-MIXERS)

Drum-type mixer mempunyai kombinasi bilah (*blade*) dan bentuk drum yang memungkinkan pertukaran material dari ujung ke ujung sejajar sumbu rotasi maupun gerakan menyebar.

- Counter Current Pan Mixer



Gambar 2. 3 Counter Current Pan Mixer
(Sumber: dir.indiamart.com)

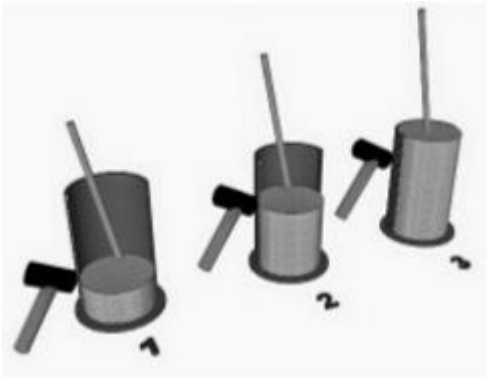
Jenis *counter-current*, bilah berputar berlawanan arah jarum jam. Berfungsi lebih baik dan lebih mudah mengawasi dan menyesuaikan takaran untuk koreksi kelecakan.

2.8.2.4 Penuangan

Untuk melakukan penuangan ada berbagai hal yang perlu diperhatikan, diantaranhya :

- Sebelum melakukan uji mutu beton pastikan beton yang kita gunakan, sebelumnyasudah dilakukan proses trial mix. Harus dilakukan review terhadap dokumen-dokumen trial mix (Mix design, analisa bahan, kalibrasi alat, dll).
- Pengambilan beton yang akan digunakan untuk sample beton/ silinder harus berasaldari truk mixer yang betonnya akan digunakan untuk pengecoran. (Beton segar).Pastikan sebelum menuangkan beton, beton didalam mixer telah teraduk secara baik.
- Tuangkan beton dari mixer ke gerobak sorong yang sudah disediakan. (Penggunaangerobak sorong dimaksudkan agar memudahkan untuk menganggkut sisa-sisa betonyang digunakan untuk test slump/ beton yang sudah tidak terpakai).
- Carilah tempat/ lokasi yang rata dan tidak mengganggu pekerjaan yang lainnya. Tuangkan beton sesuai kebutuhan jumlah silinder dan test slump.
- Kemudian isi cetakan silinder beton dengan beton secara bertahap dari 100mm,200mm, dan 300mm (3 lapis). Pada setiap lapisan diwajibkan

untuk dipadatkandengan menggunakan tongkat besi yang sudah disediakan, dan beri ketukan denganmenggunakan palu karet agar cetakan silinder terisi dengan sempurna (tidak adakeropos). Kemudian ratakan permukaan atas silinder beton.



Gambar 2. 4 Prosedur Penuangan Beton pada Cetakan Silinder
(Sumber: www.scribd.com/Tata-Cara-Pengambilan-Contoh-Uji-Beton-Segar)

- Setelah beberapa menit, pada bagian permukaan atas silinder beton dituliskan kodesample beton. Kode sample beton harus ditulis selengkap mungkin agar memudahkankita untuk melakukan identifikasi/ penelusuran terhadap beton yang digunakan. Kodesample beton berupa nama proyek, lokasi pengecoran, tanggal pengecoran, mutu beton dan nomor urut benda uji. Jika terdapat lebih dari 1 supplier beton ditambahkan juga kode untuk nama supplier.

2.9 Perawatan (*Curing*)

Curing secara umum dipahami sebagai perawatan beton, yang bertujuan untuk menjaga supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, atau sebagai tindakan menjaga kelembaban dan suhu beton.

Memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan atau pengganti supaya dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai, dan menjaga supaya tidak terjadi susut yang berlebihan pada beton akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga dapat menyebabkan retak. Kualitas dan durasi/lama pelaksanaan curing/perawatan beton berpengaruh pada :

- Mutu/kekuatan beton (strength).
- Keawetan struktur beton (durability).

- Kekedapan air beton (water-tightness).
- Ketahanan permukaan beton terhadap keausan (wear resistance).
- kestabilan volume, yang berhubungan dengan susut atau pengembangan (volume stability : shrinkage and expansion).

Beberapa peraturan menetapkan acuan pelaksanaan curing/perawatan beton, yang sama-sama bertujuan untuk menjaga dan menjamin mutu pelaksanaan pembetonan.

1. SNI 03-2847-2002 mensyaratkan curing selama :
    - 7 (tujuh) hari untuk beton normal
    - 3 (tiga) hari untuk beton dengan kuat tekan awal tinggi.
2. ACI 318 mensyaratkan curing dilakukan :
    - sampai tercapai min 70% kuat tekan beton yang disyaratkan (fc')
3. ASTM C-150 mensyaratkan :
    - Semen tipe I, waktu minimum curing 7 hari
    - Semen tipe II, waktu minimum curing 10 hari
    - Semen tipe III, waktu minimum curing 3 hari
    - Semen tipe IV atau V minimum curing 14 hari

2.10 Terminologi Kelecakan (Workability)

Kelecakan adalah kemudahan mengerjakan beton, dimana menuang (*placing*) dan memadatkan (*compacting*) tidak menyebabkan munculnya efek negative berupa pemisahan (*segregation*) dan pendarahan (*bleeding*). (Paul Nugraha dan Antoni 2007:113). Beton dikatakan lecak bila memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- Kompaktibilitas : Kemudahan mengeluarkan udara dan membungkus tulangan.
- Mobilitas : Kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan dan membungkus tulangan.
- Stabilitas : kemmapuan untuk tetap menjadi massa homogeny tanpa pemisahan.

Pada adukan yang tidak setabil, air bisa terpisah dari benda padat, kemudian naik ke permukaan. Fenomena ini disebut pendarahan (*bleeding*). Sebaliknya, agregat kasar bisa terpisah dari mortar. Fenomena ini disebut pemisahan (*segregation*).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kelecakan :

- Kandungan air dan semen di dalam campuran, dimana meningkatnya kandungan air dapat mempermudah dalam pelaksanaan pengecoran dan pemadatan.
- Admixtures

2.11 Ketahanan (*Durability*)

Struktur beton harus mampu menghadapi kondisi dimana dia direncanakan, tanpa mengalami kerusakan (*deteriorate*) selama jangka waktu yang direncanakan. Beton yang demikian disebut mempunyai ketahan yang tinggi (*durable*). Kurangnya ketahanan dapat disebebkan oleh pengaruh luar seperti pengaruh fisik, kimia maupun mekanis, misalnya pelapukan oleh cuaca, perubahan temperature yang drastic, abrasi, aksi elektrolisis, serangan oleh cairan atau gas alami yang ataupun industry. Besarnya kerusakan yang timbul sangat tergantung pada kualitas beton, meskipun pada kondisi yang ekstrem, beton yang terlindungi dengan baik pun akan mengalami kehancuran. (Paul Nugraha dan Antoni 2007:207)

Beriku beberapa contoh kerusakan pada beton, menurut (R. Sagel, P. kole dan Gideon Kusuma 1994:194)

1. Kerusakan beton akibat pengaruh mekanis
    - Tabrakan dan sejenisnya.
    - Pengikisan permukaan, misalnya oleh air.
    - Ledakan, gempa bumi.
    - Pembebanan yang berlebihan.
    - Kelelahan, getara.
2. Kerusakan beton akibat pengaruh fisik
    - Pengerahu temperature, panas hidrasi atau kebakaran.
    - Akibat-akibat yang bergantung waktu, seperti susut rayap.
    - Peletakan yang tidak sama dari pondasi atau titik-titik tumpu.
3. Kerusakan beton akibat pengaruh kimia
    - Kerusakan berkaitan langsung dengan struktur dan lingkungan, korosi, tingkat keasaman yang tinggi.

2.12 Kuat Tekan Beton

Pengujian kekuatan tekan menggunakan standar ASTM C39-86 “Standard Test Mehod For Compressive Cylindrical Concrete Spesimens” [ASTM, 1993].

Kuat tekan beton pada umur tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Kuat\ Tekan\ Beton\ (\ \mathrm{Kg}/cm^2\ ) = \frac{P}{A} \qquad (2.12)$$

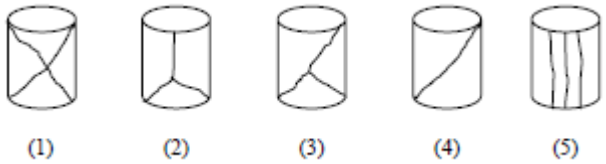
Dimana :

P = Beton Tekan Maksimum (Kg)

A = Luas Permukaan Tekan (cm^2)

2.13 Pola Retak Beton

Jenis pola retak dalam ASTM standard 2002 Volume 04. dibedakan menjadi 5 jenis pola retak, yaitu sebagai berikut :



Gambar 2. 5 Pola Retak Pada Beton Silinder
(Sumber: ASTM standard 2002 Volume 04)

1. Pola retak kerucut (cone).
2. Pola retak kerucut dan pecah (*cone* dan *split*).
3. Pola retak kerucut dan geser (*cone* dan *shear*).
4. Pola retak geser (*shear*).
5. Pola retak *columnar*.

Penyimpangan dalam pola retak sering kali disebut sebagai pola retak horizontal, pola retak ini terjadi pada umumnya disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

- Letak benda uji yang tidak sentris pada saat dilakukan pengujian kuat tekan.
- Pencampuran material / homogenitas yang tidak sempurna sehingga terdapat salah satu sisi yang lemah dan mengalami runtuh terlebih dahulu, hal ini mengakibatkan terjadinya tarik pada sisi lain sehingga terbentuklah pola retak horizontal.
- Caping benda uji atau permukaan benda uji yang tidak rata sehingga mengakibatkan salah satu sisi mengalami tekan lebih dulu. Terjadinya

pola retak horizontal ini menyebabkan menurunnya kuat tekan maksimum yang dapat dicapai oleh beton.

2.14 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
1.	Khairul Lakum. C 2009	Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Untuk Peningkatan Kekuatan Beton	Dari data penelitian yang diperoleh dan dari analisa data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : 1. Kuat tekan beton dengan menggunakan abu sekam padi, lebih inggi dari beton normal, dengan kadar komposisi abu sekam padi 5% - 10% 2. Penggunaan abu sekam padi lebih dari 10%, akan mengakibatkan kekuatan beton akan semakin berkurang.. 3. Dari hasil penelitian diperoleh nilai penyerapan air dengan menggunakan abu sekam padi yaitu 764%-11.36%. 4. Dari hasil percobaan besarnya porositas yang diperoleh dengan menggunakan abu sekam padi	Penelitian yang dilakukan Khairul Lakum .C menggunakan bahan tambahan material berupa abu sekam padi saja, sedangkan bahan tambahan yang digunakan peneliti tidak hanya abu sekam padi saja melainkan adanya penambahan material kapur.

			adalah 19,42% - 36,01%. 5. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa abu sekam padi dapat dipergunakan sebagai campuran untuk pengganti semen dalam pembuatan beton. 6. Pemanfaatan abu sekam padi pada pembuatan beton, akan menghasilkan beton yang lebih kuat dan ekonomis.	
2.	Sri Raharja, Sholihin As'ad dan Sunarmasto	Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi	Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton kinerja tinggi berpengaruh pada kuat tekan. Kuat tekan beton kinerja tinggi mengalami peningkatan dan penurunan akibat penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen. Peningkatan kuat tekan beton kinerja tinggi terjadi pada penggunaan abu sekam padi sebesar 2,5% , 5% , 7,5% , dan 10%. Kuat tekan maksimal terjadi pada penggunaan abu sekam padi sebesar 10% dari	Penelitian yang dilakukan Sri Raharja, Sholihin As'ad dan Sunarmasto menggunakan bahan tambahan material berupa abu sekam padi saja, sedangkan bahan tambahan yang digunakan peneliti tidak hanya abu sekam padi saja melainkan adanya penambahan material kapur

			berat semen yaitu 101,07 MPa, lebih besar dari kuat tekan beton kinerja tinggi tanpa abu sekam padi sebesar 85,55 Mpa atau meningkat 18,15%. Proses peningkatan kuat tekan beton kinerja tinggi ini disebabkan oleh dua kontribusi abu sekam padi yang menggantikan sebagian berat semen. Kontribusi yang pertama yaitu abu sekam padi berperan dalam penyempurnaan hasil hidrasi semen, dimana kandungan silika (SiO_2) sebesar 82,26% dalam abu sekam padi dapat mengikat kapur mati ($Ca(OH)_2$) kemudian menghasilkan kalsium silikat hidrat (C-S-H Gel) yang lebih baik dari beton kinerja tinggi tanpa abu sekam padi dan kontribusi kedua yaitu abu sekam padi juga dapat mengisi kekosongan pada celah atau rongga antara agregat halus sehingga membuat beton menjadi lebih padat. Penurunan kuat tekan beton kinerja tinggi terjadi saat penggunaan abu sekam padiu sebesar 15% dari berat semen. Kuat tekan beton kinerja tinggi dengan penggunaan abu sekam padi sebesar 15% dari berat semen yaitu 84,17 MPa atau menurun 1,61% dari	

			kuat tekan beton kinerja tinggi tanpa abu sekam padi. Pengaruh abu sekam padi terhadap modulus elastisitas berbanding lurus dengan kuat tekannya. Pada beton kinerja tinggi nilai modulus elastisitas mengalami peningkatan 2,45% - 14,11% dan juga penurunan 5,09%. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai modulus elastisitas sama seperti halnya yang terjadi pada kuat tekan, yaitu karena kandungan senyawa silika (SiO2) yang dimiliki abu sekam padi cukup besar dan ukuran butiran abu sekam padi yang sangat kecil sehingga dapat berfungsi sebagai pengisi (mikrofiller) celah atau pori-pori antara butiran agregat halus. Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton kinerja tinggi dapat mengurangi nilai workabilitas beton segar. Semakin besar penggunaan abu sekam padi pada campuran beton, maka akan semakin rendah nilai workabilitas beton tersebut. Penurunan workabilitas tersebut disebabkan karena abu sekam padi merupakan material yang bersifat	

			hidroskopis (menyerap air), sehingga sebagian air yang terdapat pada adukan beton diserap oleh abu sekam padi.	
3.	Syibral Malasyi, Wesli, dan Fasdarsyah	Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Jerami Terhadap Kuat Tekan Beton	Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut : 1. Nilai kuat tekan beton tidak berpengaruh dengan penggunaan abu jerami padi bersamaan dengan semen karena nilai kuat tekan dengan penggunaan abu jerami padi beton menurun dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton tanpa menggunakan abu jerami padi. 2. Komposisi optimum abu jerami padi dalam campuran tidak bisa didapat, karena semakin banyak penambahan abu jerami padi dalam campuran beton nilai kuat tekan beton semakin menurun. 3. Pada beton normal didapat nilai kuat tekan beton sebesar 24,53 Mpa sedangkan pada penambahan abu jerami 5% didapat sebesar 21,04 Mpa, 10% abu jerami didapat nilai kuat tekan sebesar 17,17 Mpa, 15% abu jerami didapat nilai kuat tekan	Penelitian yang dilakukan Sri Raharja, Sholihin As'ad dan Sunarmasto menggunakan bahan tambahan material berupa abu sekam padi saja, sedangkan bahan tambahan yang digunakan peneliti tidak hanya abu sekam padi saja melainkan adanya penambahan material kapur

			sebesar 16,61 Mpa, 20% abu jerami didapat nilai kuat tekan sebesar 15,56 Mpa, dan dengan penambahan 25% abu jerami didapat nilai kuat tekan sebesar 15,56 Mpa, 4. Berdasarkan persamaan regresi linier dengan menggunakan metode numerik kuat tekan yang masih dalam batasan yang direncanakan yaitu pada variasi 8 % abu jerami padi dengan kuat tekan beton 20,008 Mpa.	