

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Beton adalah material komposit yang rumit. Beton dapat dibuat dengan mudah bahkan oleh mereka yang tidak punya pengertian sama sekali tentang beton teknologi, tetapi pengertian yang salah dari kesederhanaan ini sering menghasilkan persoalan pada produk, antara lain reputasi jelek dari beton sebagai material bangunan (Antoni, 2007).

Menurut SK SNI 03-2487-2002 pengertian beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir alam yang dihasilkan industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

Beton yang digunakan sebagai struktur dalam konstruksi teknik sipil, dapat dimanfaatkan untuk banyak hal. Dalam teknik sipil, beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok, pelat atau pelat cangkang. Dalam teknik sipil hidro, beton digunakan untuk bangunan bangunan air seperti bendung, bendungan, saluran, dan drainase perkotaan. Beton juga digunakan dalam teknik sipil transportasi untuk pekerjaan rigid pavement (lapis keras permukaan yang kaku), saluran samping, gorong-gorong, dan lainnya. Jadi, beton hampir digunakan hampir digunakan dalam semua aspek ilmu teknik sipil (Mulyono, 2004).

Beton mempunyai kuat tekan yang besar sementara kuat tariknya kecil, oleh karena itu untuk struktur bangunan, beton selalu dikombinasikan dengan tulangan baja untuk memperoleh kinerja yang tinggi (Nugraha, 2007).

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang pada saat ini banyak dipakai di Indonesia dalam pembangunan fisik. Karena sifatnya yang unik maka

diperlukan pengetahuan yang cukup luas, antara lain mengenai sifat bahan dasarnya, cara pembuatannya, cara evaluasinya, dan variasi bahan tambahannya (Samekto, 2001).

Kekuatan, keawetan dan sifat beton tergantung pada sifat bahan-bahan dasar penyusunnya yaitu semen *Portland*, air, agregat halus dan agregat kasar, serta pengerjaannya dalam menggunakan bahan tambah (admixture) seperti *superplati Cizer* (Tjokrodimuljo, 1992). Selain itu cara pengadukan maupun pengerjaannya juga mempengaruhi kekuatan, keawetan serta sifat beton tersebut.

Jika ingin membuat beton yang baik, dalam artian memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi maka harus diperhitungkan dengan seksama dan teliti cara-cara memperoleh adukan adukan beton segar, pemadatan beton yang baik dan maksimal maka beton yang dihasilkan juga baik. Beton yang baik adalah beton yang kuat, kedap air dan tahan lama. Adapun kekurangan dan kelebihan beton adalah sebagai berikut :

1. Kelebihan
 - a. Dapat dan mudah di bentuk dan dicetak sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
 - b. Memiliki kuat tekan yang tinggi dan mempunyai sifat tahan terhadap korosi.
 - c. Tahan terhadap temperatur tinggi.
 - d. Biaya pemeliharaan dan perawatan yang relatif murah.
2. Kekurangan
 - a. Bentuk yang telah dibuat susah untuk di ubah.
 - b. Mempunyai kuat tarik yang rendah sehingga mudah retak.
 - c. Sulit untuk dapat kedap air secara sempurna.
 - d. Daya pantul suara yang besar.
 - e. Bersifat getas sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail.

3.2 Material Pembuatan Beton

Berikut ini akan dijelaskan mengenai bahan-bahan pembentuk beton yang juga dipakai sebagai bahan beton yang akan diteliti pada penelitian ini. Adapun material-material dalam pembentuk beton adalah sebagai berikut:

3.2.1 Semen *Portland*

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150, 1985, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81 atau Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi syarat yang ditetapkan dalam standar tersebut (PB.1989:3.2-8) (Mulyono, 2004).

Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Berat jenis yang dihasilkan berkisar antara 3.12 dan 3.16 dan berat volume sekitar 1500 kg/cm^3 . Bahan utama pembentuk semen portland adalah kapur (CaO), silika (SiO₃), alumina (Al₂O₃), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambahkan oksida besi, sedangkan gipsum (CaSO₄.2H₂O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen (Mulyono, 2004).

Berikut ini dapat dilihat jenis-jenis semen portland yang dibagi menjadi 5 jenis (Nugraha, 2007), yaitu:

1. Tipe I, semen portland untuk tujuan umum. Jenis ini paling banyak diproduksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.

2. Tipe II, semen portland modifikasi, adalah tipe yang sifatnya setengah tipe IV dan setengah tipe V (moderat). Belakangan lebih banyak diproduksi sebagai pengganti tipe IV.
3. Tipe III, semen portland dengan kekuatan awal yang tinggi. Kekuatan 28 hari umumnya dapat dicapai dalam 1 minggu. Semen jenis ini umum dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus cepat dapat dipakai.
4. Tipe IV, semen portland dengan panas hidrasi rendah, yang dipakai untuk kondisi di mana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan masif seperti bendungan gravitasi yang besar, pertumbuhan kekuatannya lebih lambat daripada semen tipe I.
5. Tipe V, semen portland tahan sulfat, yang dipakai untuk menghadapi aksi sulfat yang ganas. Umumnya dipakai didaerah di mana tanah atau airnya memiliki kandungan sulfat yang tinggi.

Semen portland mempunyai beberapa sifat yang penting (Mulyono, 2004) yaitu:

1. Kehalusan butiran
Kehalusan semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan (setting time) menjadi lebih lama jika butir semen lebih kasar. Kehalusan penggilingan butir semen dinamakan penampang spesifik, yaitu luas butir permukaan semen. Jika permukaan penampang semen lebih besar, semen akan memperbesar bidang kontak dengan air. Semakin halus butiran semen, proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang.
2. Waktu ikatan
Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikatan awal sangat penting pada

kontrol pekerjaan beton, untuk kasus-kasus tertentu diperlukan initial setting time lebih dari 2 jam agar waktu terjadinya ikatan lebih panjang.

3. Panas hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/gram. Jumlah panas yang dibentuk antara lain bergantung pada jenis semen yang dipakai dan kehalusan butir semen. Dalam pelaksanaan, perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan. Pada beberapa struktur beton, terutama pada struktur beton bermutu tinggi, retakan ini tidak diinginkan.

4. Berat jenis

Berat jenis yang dianjurkan adalah $3,15 \text{ Mg/m}^3$. Pada kenyataannya, berat jenis semen yang diproduksi berkisar antara $3,05 \text{ Mg/m}^3$ sampai $3,25 \text{ Mg/m}^3$.

5. Perubahan volume (kekentalan)

Kekentalan pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan pengembangan bahan-bahan campurannya dan kemampuan untuk mempertahankan volume setelah pengikatan terjadi.

Secara garis besar, ada empat senyawa kimia yang menyusun semen portland, yaitu:

- a. *Trikalsiumsilica* ($3\text{CaO} - \text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C_3S .
- b. *Dikalsium silica* ($2\text{CaO} - \text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C_2S .
- c. *Trikalsium aluminat* ($3\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_3S .
- d. *Tetrakalsium aluminoforit* ($4\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_4AF .

Adapun fungsi atau pengaruh dari masing-masing unsur senyawa dalam semen sebagai berikut (Mulyono, 2004).

1. *Trikalsium silica* (C_3S)

Adapun fungsi atau pengaruh *Trikalsium silica* dalam semen adalah:

- a. Senyawa *Trikalsium silica* akan cepat bereaksi jika terkena air dan menghasilkan panas.
- b. Mempengaruhi kekuatan awal beton terutama sebelum umur 14 beton.

2. *Dikalsium silika (C₂S)*

Adapun fungsi atau pengaruh *Dikalsium silika* dalam semen adalah:

- a. *Dikalsium silika* bereaksi dengan air lebih lambat dan panas hidrasi lebih rendah.
- b. Berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari dan memberikan kekuatan akhir pada beton dan tahan terhadap serangan kimia yang tinggi.

3. *Trikalsium aluminat (C₃A)*

Adapun pengaruh *Trikalsium aluminat* dalam semen adalah:

- a. Bereaksi secara *exothermic* dan beraksi sangat cepat, memberikan kekuatan awal yang sangat cepat pada 24 jam pertama.
- b. Berpengaruh pada nilai panas hidrasi tertinggi, baik di awal maupun pada saat pengerasan berikutnya yang sangat panjang.
- c. Unsur *Trikalsium aluminat* dalam semen tidak boleh melebihi 10%, karena akan menghasikan beton yang kurang bagus dan tidak tahan asam sulfat.

4. *Tetrakalsium aluminoforit (C₄AF)*

Adapun pengaruh *Tetrakalsium aluminoforit* dalam semen adalah:

- a. Bereaksi cepat dengan air, dan pasta berbentuk dalam beberapa menit.
- b. Berpengaruh kurang besar untuk kekerasan semen sehingga kontribusi dalam peningkatan kekuatan kecil.

3.2.2 Agregat

Jenis agregat menurut asalnya dapat dibagi menjadi agregat alam dan agregat buatan, agregat alam langsung diperoleh dari alam melalui pemecahan sehingga batuan - batuan tersebut berbentuk pasir dan kerikil, agregat buatan dibuat untuk

menggantikan fungsi agregat alam, contoh agregat buatan antara lain: agregat lempung, bermis, dan perlit (Amri, 2005). Agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil atau batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolik atau adukan (SK.SNI T-15-1991-03). Kandungan agregat dalam suatu adukan beton biasanya sangat tinggi, komposisinya dapat mencapai 60% - 80% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai bahan pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, maka peran agregat sangat penting. Karena itu karakteristik dari agregat perlu dipelajari dengan baik, sebab agregat dapat menentukan sifat beton yang akan dihasilkan (Manik, 2008).

Penggunaan agregat dalam beton adalah untuk:

1. Menghemat penggunaan semen Portland
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton
3. Mengurangi susut pengerasan pada beton
4. Mencapai susunan beton yang padat dengan gradasi yang yang baik maka akan mendapatkan beton yang mudah dikerjakan.

Berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi dua, yaitu: agregat halus dan agregat kasar.

1. Agregat halus

Disebut agregat halus bila ukuran partikel itu lebih kecil dari 4,75 mm tetapi lebih besar dari 0,75, Agregat halus (SNI T-15-1991-03) didefenisikan sebagai hasil *desintegrasi* secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu yang mempunyai ukuran butiran terbesar 5,0 mm. Agregat halus ialah agregat yang lewat ayakan 3/8 inch (9,5 mm) dan hampir seluruhnya lewat saringan 4,75 mm (saringan no. 4) dan tertahan pada saringan 0,075 mm.

2. Agregat kasar

Agregat kasar adalah bila ukuran partikel lebih besar dari 4,75 mm ayakan no. 4, sifat agregat mempengaruhi kekuatan akhir dari beton keras dan daya tahannya terhadap pengaruh cuaca dan efek-efek perusak lainnya, gregat kasar harus bersih dari bahan-bahan organik dan mempunyai ikatan yang baik dengan semen (Mulyono, 2004).

Agregat harus mempunyai bentuk yang baik, bersih, keras, kuat dan gradasinya baik. Agregat harus pula mempunyai kestabilan kimiawi dan dalam hal-hal tertentu harus tahan aus dan tahan cuaca. Jika dilihat dari tekstur permukaannya, secara umum susunan permukaan agregat sangat berpengaruh pada kemudahan pekerjaan. Semakin licin permukaan agregat akan semakin mudah beton dikerjakan. Akan tetapi jenis agregat dengan permukaan kasar lebih disukai karena akan menghasilkan ikatan antara agregat dan pasta semen lebih kuat (Wuryanti S dan Candra R, 2001 dalam Pahrevi,2015).

1. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila agregat mempunyai butiran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butirnya bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini karena butiran yang kecil dapat mengisi pori diantara butiran yang lebih besar sehingga pori-pori menjadi sedikit, dengan kata lain kemampuan tinggi (Wuryanti S dan Candra R, 2001 dalam Pahrevi,2015). Kekasaran pasir dapat dibagi menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus (daerah I), agak halus (daerah II), agak kasar (daerah III), dan kasar (daerah IV), dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.1 Gradasi Pasir

No	Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butiran Yang Lewat Ayakan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
1.	10	100	100	100	100
2.	4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
3.	2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
4.	1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
5.	0,6	15-34	35-59	35-59	80-100
6.	0,3	5-20	8-30	12-40	15-50

Sumber: Wuryanti S dan Candra R, 2001 dalam Pahrevi 2015

Adapun gradasi agregat kasar yang baik, sebaiknya masuk dalam batasan-batasan yang tercantum pada tabel 3.4.

Tabel 3.2 Gradasi Agregat Kasar

No	Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Yang Lewat Ayakan	
		Berat Butiran Maksimum	
		40 mm	20 mm
1.	40	95-100	100
2.	20	30-70	95-100
3.	10	10-35	25-55
4.	4,8	0-3	0-10

Sumber: Wuryanti S dan Candra R, 2001 dalam Pahrevi 2015

2. Kadar Air Agregat

Kadar air pada suatu agregat (dilapangan) perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang diperlukan dalam campuran beton dan untuk mengetahui berat satuan agregat. Keadaan kandungan air didalam agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat (Wuryanti S dan Candra R, 2001 dalam Pahrevi 2015), yaitu:

- a. Kering oven maksudnya benar – benar tidak berair dan berarti dapat menyerap air secara penuh.
- b. Kering udara maksudnya butiran agregat kering permukaan tetapi mengandung sedikit air didalam pori. Oleh karena itu agregat dalam kondisi ini masih dapat menyerap air.
- c. Kering permukaan jenuh maksudnya pada kondisi ini tidak ada air dipermukaan. Butiran agregat pada kondisi ini tidak menyerap dan juga tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan beton.
- d. Basah maksudnya pada kondisi ini agregat mengandung banyak air, baik dipermukaan maupun didalam butiran, sehingga bila dipakai dalam campuran adukan beton akan menambah air.

Dari keempat keadaan kandungan air dalam agregat diatas, hanya dua keadaan yang sering dipakai sebagai dasar hitungan, yaitu kering oven dan kering permukaan jenuh karena konstan untuk agregat tertentu.

Keadaan kering muka/kering permukaan jenuh (*saturated surface dry, SSD*) lebih disukai sebagai standar, karena:

1. Merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak menambah atau mengurangi air dari pasta.
2. Kadar air lapangan lebih banyak dalam keadaan SSD.

Adapun kadar air lapangan dalam agregat dapat diukur dengan cara, sebagai berikut:

$$\text{Kadar air lapangan} = \frac{\text{Berat Air Didalam Agregat}}{\text{Berat Agregat Kering}} \times 100\% \quad (3.1)$$

Persyaratan-persyaratan yang diperlukan agar agregat dapat digunakan sebagai campuran beton.

3. Pengujian Agregat

Pengujian agregat terdiri dari pemeriksaan kandungan lumpur dan kotoran organis yang terkandung dalam agregat, analisa saringan, analisa kadar air, berat jenis dan penyerapan air. Tujuan dari pemeriksaan kandungan lumpur dan kotoran organis pada agregat adalah untuk menentukan banyaknya kandungan butiran yang lebih kecil dari 50 mikron (lumpur) yang terdapat dalam agregat. Tujuan dari analisa saringan untuk menentukan modulus kehalusan pasir, yaitu harga yang menyatakan tingkat kehalusan agregat.

Pemeriksaan kadar air agregat bertujuan untuk menentukan prosentase air yang terkandung dalam agregat. Sedangkan tujuan dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat adalah untuk menentukan berat jenis dan prosentase berat air yang diserap agregat, dihitung terhadap berat kering. Pada pemeriksaan kadar air berat isi dan berat jenis dilakukan dalam kondisi asli dan SSD (*saturated surface dry*). Kadar air asli adalah kandungan air pada agregat dalam keadaan normal. Sedangkan kadar air SSD (*saturated surface dry*) adalah kandungan air pada kondisi agregat jenuh kering permukaan (Wuryanti S dan Candra R, 2001 dalam Pahrevi,2015).

3.2.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat beton yang dihasilkan (PB 1989).

Pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air dengan total berat campuran yang penting, tetapi perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut sebagai Faktor Air Semen

(*water cement ratio*). Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Untuk air yang memenuhi syarat mutu, kekuatan beton pada umur 7 hari atau 28 hari tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar/suling (PB 1989).

Pemakaian air untuk campuran beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut (Virdaus, 2005):

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur (endapan atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/liter).
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gr/liter.
4. Tidak mengandung klorida lebih dari 0,5 gr/liter.
5. Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter.
6. Air keruh harus diendapkan minimal 24 jam atau disaring sehingga memenuhi syarat yang digunakan.

3.3 Abu Tempurung Kelapa

Abu Tempurung kelapa merupakan salah satu bahan filler yang penting dan diproduksi di Negara tropis seperti Malaysia, Indonesia, Thailand, dan Sri Lanka. Tempurung kelapa murah dan mudah didapatkan dalam jumlah banyak. Tempurung kelapa mengandung 65-75% zat volatile dan uap air yang dikeluarkan selama karbonisasi. Proses karbonisasi adalah perubahan tempurung kelapa menjadi arang (Nagarajan dkk, 2014).

Menurut Child, 1974 (dalam Suhardiyono, 1995), komposisi kimia yang dimiliki tempurung kelapa, meliputi: selulose 26,6%, pentosan 27,7%, lignin 29,4%, abu 0,6%, solvent ekstraktif 4,2%, uronat anydrat 3,5%, nitrogen 0,11%, dan air 8%.

Penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar bahan tersebut kaya silika amorf dapat digunakan dalam penggantian sebagian semen (Utsev dkk., 2012).

3.4 Pengujian Material

Pengujian material ini meliputi jumlah serta jenis agregat yang baik dari air, agregat halus, dan agregat kasar. Bentuk dan cara pengujiannya disesuaikan dengan ketetapan yang telah ditentukan, sehingga hasil pengujian material ini dapat digunakan untuk kepentingan perencanaan, antara lain:

3.4.1 Analisa Gradasi Agregat Halus

Analisa gradasi agregat halus dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir pasir dengan menggunakan saringan (Panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Cara untuk menentukan gradasi agregat halus

1. Pasir dikeringkan didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap.
2. Setelah itu benda uji di timbang untuk mengetahui berat pasir yang telah di oven.
3. Benda uji yang telah ditimbang di cuci dengan air dengan syarat air cucian tersebut di tampung dengan saringan #200. Ini bertujuan untuk mengantisipasi kehilangan butiran agregat halus.
4. Setelah itu benda uji dekeringkan lagi di dalam oven dengan suhu yang sama yaitu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
5. Setelah kering sampel di saring dengan menggunakan saringan no.1” (25,4 mm), no.3/4” (19 mm), no.1/2” (12,7 mm), no.3/8” (9,6 mm), no.4 (4,8 mm), no.8 (2,4 mm), no.16 (1,2 mm), no.30 (0,6 mm),no.50 (0,3 mm), no.100 (0,15 mm), dan no.200 (0,075 mm).
6. Butiran yang tertahan pada masing-masing saringan kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butiran pasir.

3.4.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pemeriksaan ini merupakan suatu pegangan utama dalam pengujian agregat pembuat beton untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan dari agregat halus dan kasar (panduan praktikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Benda uji dimasukan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven (110 ± 5) $^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian pasir direndam didalam air selama ± 24 jam.
2. Setelah direndam ± 24 jam, air rendaman dibuang dan pasir di hamparkan dengan cara pasir yang lolos saringan no. 4. Untuk mengetahui keadaan jenuh kering maka pasir dimasukan kedalam kerucut pancung lalu ditumbuk sebanyak 25 kali sebanyak tiga lapis, kemudian kerucut diangkat maka pasir akan runtuh tetapi runtuh pasir masing berbentuk kerucut tersebut.
3. Pasir dalam keadaan jenuh kering permukaan tersebut kemudian dimasukan kedalam piknometer sebanyak ± 500 gram, lalu dimasukan air sebanyak yang diperlukan, kemudian diguncang-guncang untuk mengeluarkan udara yang terperangkap didalam piknometer tersebut.
4. Setelah itu, piknometer di tambah air pada batas yang telah ditentukan dan ditimbang beratnya dengan ketelitian 0,1 gram.
5. Pasir dikeluarkan dari piknometer didalam cawan, kemudian dikeringkan didalam oven sampai beratnya tetap setelah itu ditimbang beratnya.
6. Piknometer diisi air sampai batas yang telah ditentukan di piknometer dan ditimbang beratnya.
7. Berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- a. Berat jenis curah (Bulk Specific Gravity)

$$\frac{BK}{(B+BA-BT)} \quad (3.2)$$

Keterangan:

1. BK= Berat benda uji kering oven
2. B = Berat Picnometer diisi air
3. BA= Berat benda uji kering permukaan jenuh
4. BT= Berat picnometer + benda uji (SSD) + air

- b. Berat jenis permukaan jenuh (Saturated Surface Dry)

$$\frac{BA}{(B+BA-BT)} \quad (3.3)$$

Keterangan:

1. BK= Berat benda uji kering oven
2. BA= Berat benda uji kering permukaan jenuh
3. BT= Berat picnometer + benda uji (SSD) + air (25° C)

- c. Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)

$$\frac{BK}{(B+BK-BT)} \quad (3.4)$$

Keterangan:

1. BK= Berat benda uji kering oven
2. B = Berat picnometer diisi air
3. BT = Berat picnometer + benda uji (SSD) + air (25° C)

- d. Penyerapan

$$\frac{BA-BK}{BK} \times 100 \quad (3.5)$$

Keterangan:

1. BK= Berat benda uji kering oven
2. BA= Berat benda uji kering permukaan jenuh

3.4.3 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.

Pemeriksaan kadar lumpur ini merupakan cara untuk menetapkan banyaknya kandungan lumpur (tanah liat dan debu) secara teliti (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus, yaitu sebagai berikut:

1. Benda uji dimasukkan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven (110 ± 5) °C sampai beratnya tetap, kemudian pasir ditimbang beratnya (B_1).
2. Benda uji yang telah ditimbang, dicuci dengan air dengan cara air cucian di saring dengan menggunakan saringan #200.
3. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu (110 ± 5) °C sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya (B_2).
4. Hitung kadar lumpur dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{(B_1 - B_2)}{B_1} \times 100 \% \quad (3.6)$$

Keterangan:

1. B_1 = Berat benda uji kering sebelum dicuci
2. B_2 = Berat benda uji kering sesudah dicuci

3.4.4 Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Halus.

Pemeriksaan kadar air merupakan cara untuk mengetahui seberapa besar serapan air yang terjadi didalam agregat (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terdapat pada agregat halus, yaitu sebagai berikut :

1. Benda uji dimasukkan kedalam cawan, kemudian pasir ditimbang beratnya (B_1).
2. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu (110 ± 5) °C sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya (B_2).
3. Hitung kadar air dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{B_1}{B_2} \times 100 \% \quad (3.7)$$

Keterangan:

1. B_1 = Berat air
2. B_2 = Berat benda uji kering oven

3.4.5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Pemeriksaan berat isi merupakan perbandingan antara berat dan volume (termasuk rongga – rongga antara butiran pasir), (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Diambil bejana yang berbentuk selinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, yang akan digunakan sebagai wadah untuk pemeriksaan berat satuan, timbang berat wadah (W_1).
2. Untuk berat isi padat, masukan benda uji kedalam wadah ± 3 lapisan yang sama ketebalannya, setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tumbukan secara merata, sedangkan untuk berat isi lepas benda uji dimasukan secara perlahan-lahan (agar tidak terjadi pemisahan agregat) maksimum 5 cm dari atas wadah dengan mempergunakan sendok lalu didatarkan permukaannya.
3. Timbang dan catat berat wadah yang berisi benda uji (W_2).
4. Hitung berat bersih benda uji dengan rumus sebagai berikut:

- a. Hitung berat bersih benda uji (W_3)

$$W_3 = W_2 - W_1 \quad (3.8)$$

Keterangan:

1. W_3 = Berat isi benda uji
2. W_2 = Berat tempat + benda uji
3. W_1 = Berat tempat

- b. Hitung berat isi tempat (W_4)

$$W_4 = \frac{\frac{1}{4} \pi x d^2 x t}{\pi r^2 \cdot t} \quad (3.9)$$

- c. Berat isi lepas (W_5)

$$W_5 = W_3 \div W_4 \quad (3.10)$$

Keterangan:

1. W5= Berat isi benda uji
2. W4= Volume/Isi Tempat
3. W3= Berat benda uji

3.4.6 Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

Analisa gradasi agregat kasar dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir *Split* dengan menggunakan saringan (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Cara untuk menentukan gradasi agregat kasar sebagai berikut:

1. Agregat kasar dikeringkan didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap.
2. Setelah itu benda uji di timbang untuk mengetahui berat agregat yang telah di oven.
3. Benda uji yang telah ditimbang di cuci dengan air dengan syarat air cucian tersebut di tampung dengan saringan #200. Ini bertujuan untuk mengantisipasi kehilangan butiran agregat kasar.
4. Setelah itu benda uji dekeringkan lagi di dalam oven dengan suhu yang sama yaitu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
5. Setelah kering sampel di saring dengan menggunakan saringan no.1” (25,4 mm), no.3/4” (19 mm), no.1/2” (12,7 mm), no.3/8” (9,6 mm), no.4 (4,8 mm), no.8 (2,4 mm), no.16 (1,2 mm), no.30 (0,6 mm),no.50 (0,3 mm), no.100 (0,15 mm), dan no.200 (0,075 mm).
6. Butiran yang tertahan pada masing-masing saringan kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butiran *split*.

3.4.7 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.

Pemeriksaan ini merupakan suatu pegangan utama dalam pengujian agregat pembuat beton untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan

jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan dari agregat halus dan kasar (panduan praktikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Benda uji dimasukan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven (110 ± 5) °C sampai beratnya tetap, kemudian pasir direndam didalam air selama ± 24 jam.
2. Setelah direndam ± 24 jam, air rendaman dibuang dan *split* di hamparkan dengan cara *split* yang tertahan lolos saringan no. 4. Dan ditunggu kering permukannya.
3. Setelah itu benda uji di timbang, dengan menggunakan keranjang sebelumnya berat keranjang kosong ditimbang di udara terlebih dahulu, setelah itu berat keranjang kosong diudara dengan agregat diudara, berat agregat dengan keranjang di dalam air dan berat keranjang kosong didalam air.
4. Kemudian *Split* dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu (110 ± 5) °C sampai kering tetap.
5. *Split* yang telah kering ditimbang beratnya.
6. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- a. Berat jenis curah (Bulk Specific Gravity)

$$\frac{BK}{(BJ-BA)} \quad (3.11)$$

Keterangan:

1. BK= Berat benda uji kering oven
2. BJ = Berat benda uji kering permukaan jenuh
3. BA= Berat benda uji di dalam air

- b. Berat jenis permukaan jenuh (Saturated Surface Dry)

$$\frac{BJ}{(BJ-BA)} \quad (3.12)$$

Keterangan:

1. BJ = Berat benda uji kering permukaan jenuh
2. BA= Berat benda uji di dalam air

c. Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)

$$\frac{BK}{(BK-BA)} \quad (3.13)$$

Keterangan:

1. BK= Berat benda uji kering oven
2. BA= Berat benda uji di dalam air

d. Penyerapan

$$\frac{BJ-BK}{BK} \times 100 \quad (3.14)$$

Keterangan:

1. BK= Berat benda uji kering oven
2. BJ = Berat benda uji kering permukaan jenuh

3.4.8 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pemeriksaan kadar lumpur ini merupakan cara untuk menetapkan banyaknya kandungan lumpur (tanah liat dan debu) secara teliti (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017). Menurut SK SNI T-15-1990-03 untuk kadar lumpur agregat halus < 5% dan untuk agregat kasar < 1%.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat kasar, yaitu sebagai berikut:

1. Benda uji dimasukan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven (110 ± 5) °C sampai beratnya tetap, kemudian *split* ditimbang beratnya (B_1).
2. Benda uji yang telah ditimbang, dicuci dengan air dengan cara air cucian di saring dengan menggunakan saringan #200.
3. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu (110 ± 5) °C sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya (B_2).

4. Hitung kadar lumpur dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{(B_1-B_2)}{B_1} \times 100 \% \quad (3.15)$$

Keterangan:

1. B1= Berat benda uji kering sebelum dicuci
2. B2= Berat benda uji kering sesudah dicuci

3.4.9 Pemeriksaan Kadar air Lapangan Agregat Kasar

Pemeriksaan kadar air merupakan cara untuk mengetahui seberapa besar serapan air yang terjadi didalam agregat (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terdapat pada agregat kasar, yaitu sebagai berikut:

1. Benda uji dimasukan kedalam cawan, kemudian *split* ditimbang beratnya (B_1).
2. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu (110 ± 5) °C sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya (B_2).
3. Hitung kadar air dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{B_1}{B_2} \times 100 \% \quad (3.16)$$

Keterangan:

1. B1= Berat air
2. B2= Berat benda uji kering oven

3.4.10 Pemeriksaan Berat Isi Satuan Agregat Kasar

Pemeriksaan berat isi merupakan perbandingan antara berat dan volume (termasuk rongga – rongga antara butiran *split*), (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Diambil bejana yang berbentuk selinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, yang akan digunakan sebagai wadah untuk pemeriksaan berat satuan, timbang berat wadah (W_1).
2. Untuk berat isi padat, masukan benda uji kedalam wadah ± 3 lapisan yang sama ketebalannya, setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tumbukan secara merata, sedangkan untuk berat isi lepas benda uji dimasukan secara perlahan-lahan (agar tidak terjadi pemisahan agregat) maksimum 5 cm dari atas wadah dengan mempergunakan sendok lalu didatarkan permukaannya.
3. Timbang dan catat berat wadah yang berisi benda uji (W_2).
4. Hitung berat bersih benda uji dengan rumus sebagai berikut :

- a. Hitung berat bersih benda uji (W_3)

$$W_3 = W_2 - W_1 \quad (3.17)$$

Keterangan:

1. W_3 = Berat isi benda uji
2. W_2 = Berat tempat+benda uji
3. W_1 = Berat tempat

- b. Hitung berat isi tempat (W_4)

$$w_4 = 1/4 \times \pi \times d^2 \times t \quad (3.18)$$

- c. Berat isi lepas (W_5)

$$W_5 = W_3 \div W_4 \quad (3.19)$$

Keterangan:

1. W_5 = Berat isi benda uji
2. W_4 = Volume/Isi tempat
3. W_3 = Berat benda uji

3.5 Perencanaan Campuran Beton Dalam SNI 03-2834-2000

Adapun syarat-syarat perencanaan dari metode SNI 2834-2000 adalah sebagai berikut:

1. Merencanakan kuat tekan ($f'c$) yang diisyaratkan pada umur 28 hari. Beton yang direncanakan harus memenuhi persyaratan kuat tekan beton rata-rata ($f'c_r$).
2. Perhitungan kuat tekan rata-rata ($f'c_r$) yang ditergetkan. Kuat tekan rata-rata direncanakan dihitung dengan rumus:

$$f'c_r = f'c + m \quad (3.20)$$

Keterangan:

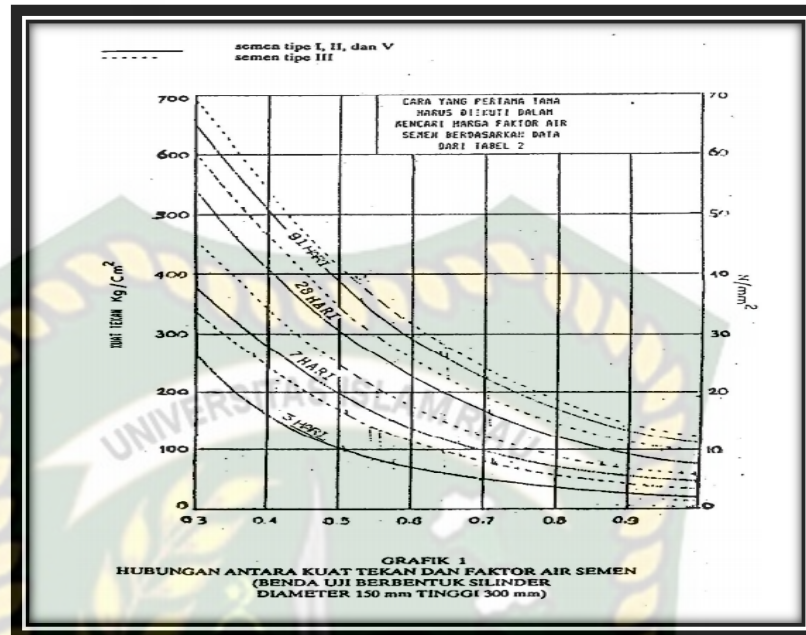
- a. $f'c_r$ = kuat tekan rata-rata (MPa).
 - b. $f'c$ = kuat tekan beton yang direncanakan (MPa).
 - c. M = nilai tambah atau margin (N/mm^2).
3. Menetapkan jenis agregat yang akan digunakan. Baik agregat halus maupun agregat kasar.
 4. Menentukan faktor air semen (F.A.S)

Faktor air semen (f.a.s) adalah perbandingan berat air dengan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan beton, semakin rendah perbandingan semen dengan air berarti semakin kental campuran beton yang dihasilkan dan semakin tinggi juga kuat tekan beton yang dihasilkan. Nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kuat tekan beton semakin tinggi, ada batasan-batasan dalam hal ini. Nilai faktor air semen yang rendah dapat menyebabkan kesulitan dalam pekerjaan (*unworkability*) yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang menyebabkan mutu beton menurun. Faktor air semen didapat dengan menggunakan grafik hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen (f.a.s) untuk benda uji silinder.

Tabel 3.3 Perkiraan Kekuatan Tekan (N/mm^2) Beton Dengan Faktor Air Semen 0,5
Jenis Semen dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai di Indonesia.

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekakuan Tekan (N/mm^2)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (Hari)				
		3	7	28	91	
Semen portland tipe I atau semen tahan sulfat tipe II, V	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	18	27	37	45	
	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Faktor air semen (F.A.S) sangat mempengaruhi kekuatan beton, berarti semakin kental campuran beton yang dihasilkan dan semakin tinggi juga kuat tekan beton yang dihasilkan, namun demikian nilai faktor air semen semakin rendah tidak berarti bahwa kuat tekan beton semakin tinggi ada batasan-batasan dalam hal ini (Mulyono,2004).



Gambar 3.3 Hubungan antara kuat tekan beton dan faktor air semen benda uji silinder 150 x 300 mm (SNI 03-2834-2000).

5. Penetapan nilai *slump*.
6. Penetapan ukuran agregat maksimum.
Dengan ketentuan:
 - a. 3/4 kali jarak bersih minimum antar baja tulangan.
 - b. 1/3 kali tebal plat.
 - c. 1/5 jarak terkecil antar bidang sampai cetakan (*begisting*).
7. Penentuan nilai kadar air bebas yang diperlakukan per meter kubik, berdasarkan jenis agregat ukuran maksimum dan nilai *slump*.
8. Menghitung jumlah semen yang diperlukan berdasarkan kadar air bebas dibagi faktor air semen (f.a.s).
9. Menentukan jumlah susunan butiran agregat halus, sesuai dengan syarat SNI 03-2834-2000.
10. Menentukan persentase agregat halus terhadap campuran berdasarkan nilai *slump*, faktor air semen (f.a.s) dan besar nominal agregat maksimum.
11. Menghitung berat jenis relatif agregat.

$$B_j. \text{ Campuran} = (k_h \times \frac{B_{jh}}{100}) + (k_k \times \frac{B_{kj}}{100}) \quad (3.21)$$

Keterangan:

- a. B_{jh} = berat jenis agregat halus.
- b. B_{kj} = berat jenis agregat kasar.
- c. K_h = presentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.
- d. K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

berdasarkan jenis agregat gabungan dan nilai kadar air bebas.

1. Hitung kadar air gabungan, yaitu berat jenis beton dikurangi dengan kadar semen dan kadar air, langkah.
 2. Hitung kadar agregat halus yang besarnya adalah kadar agregat gabungan dikalikan persentase agregat halus dalam campuran, langkah.
 3. Hitung kadar agregat kasar, agregat gabungan dikurangi kadar agregat kasar, langkah
12. Perhitungan kuat tekan rata-rata ($f_c' r$) yang ditergetkan. Kuat tekan rata-rata direncanakan dihitung dengan rumus:

$$f_c' r = \frac{\sum_1^3 f_c}{n} \quad (3.22)$$

Keterangan:

- a. $f_c' r$ = kuat tekan rata-rata.
- b. $f' c$ = kuat tekan beton yang direncanakan.
- c. n = jumlah benda uji.

13. Deviasi Standar (S).

Deviasi Standar (S) adalah alat ukur tingkat mutu pelaksanaan pembuatan (produksi) beton. Deviasi Standar adalah indentifikasi penyimpangan yang terjadi dalam kelompok data dalam hal ini produksi beton. Nilai S ini

digunakan sebagai salah satu data masukan pada perencanaan campuran adukan beton.

Rumusan menghitung deviasi standar adalah sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'ci - f'cr)^2}{n-1}} \quad (3.23)$$

Keterangan:

- a. S = Deviasi Standar.
- b. f'ci = Kekuatan tekan beton yang didapat dari masing-masing bend uji.
- c. f'cr = Kekuatan beton rata-rata.
- d. n-1 = Jumlah seluruh benda uji hasil pemeriksaan.

Tabel 3.4 Nilai Deviasi Standar Untuk Indikasi Tingkat Pengendalian Mutu Beton

No	Deviasi Standar (S)	Indikasi Tingkat Pengendalian Mutu Beton
1.	2,8	Sangat Memuaskan
2.	3,5	Memuaskan
3,	4,2	Baik
4.	5,6	Cukup
3.	7,0	Jelek
5.	8,4	Tanpa Kendali

Sumber: Mulyono, 2004

Data hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung deviasi standar (S) haruslah:

- a. Mewakili bahan-bahan, prosedur penganwasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- b. Mewakili kuat tekan beton yang diisyarakan $f'c$ yang nilainya dalam batas ± 7 Mpa dari nilai yang ditentukan.
- c. Paling sedikit dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji berurutan jumlah minimum 30 hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.

3.6 Pengangkutan Adukan Beton

Adukan beton yang dibuat dengan tangan maupun dengan mesin harus diangkut ke tempat penuangan sebelum semen mulai berhidrasi (bereaksi dengan air) (Tjokrodimuljo, 1992). Selama pengangkutan harus selalu dijaga agar tidak ada bahan-bahan yang tumpah/keluar atau memisahkan diri dari campuran. Cara pengangkutan adukan beton itu tergantung jumlah adukan yang dibuat dan keadaan tempat penuangan. Pengangkutan adukan beton dapat dilakukan dengan menempatkan di dalam ember, gerobak dorong, truk-adukan-beton, ban berjalan atau pompa.

Umumnya pada proyek-proyek kecil pengadukan beton dilakukan di dekat lokasi penuangan, dan pengangkutan dikerjakan dengan ember atau gerobak dorong.

Bila tempat pengadukan beton cukup jauh dari tempat penuangannya, pengangkutan dilakukan dengan truk-aduk-beton (*truck molen*). Biasanya karena waktu angkut cukup lama maka diperlukan bahan kimia tambahan untuk memperlambat proses ikatan awal dari semen.

Pengangkutan dengan pompa dan selang dilakukan bila antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan “cukup ramai” sehingga tidak dapat diangkut dengan ember atau gerobak dorong. Pada cara ini adukan beton harus encer.

Pengangkutan adukan beton dilakukan dengan ban-berjalan sangat baik bila pengangkutan berlangsung secara terus-menerus dan ditunjuk ke tempat yang jauh lebih tinggi. Biasanya adukan beton diperlukan agak kental.

3.7 *Slump* Test

Slump test adalah salah satu cara untuk mengukur kecairan atau kepadatan dalam adukan beton. Pengujian *slump* test menghasilkan cara praktis dan sederhana untuk mempertahankan informasi yang dapat diterima terhadap konsistensi beton yang dihasilkan di lapangan. Tujuan *slump test* adalah untuk mengecek adanya perubahan kadar air yang ada dalam adukan beton, sedangkan pemeriksaan nilai

slump dimaksud untuk mengetahui konsistensi beton dan sifatnya *workability* (kemudahan dalam pekerjaan) beton sesuai dengan syarat-syarat yang ditetapkan, semakin rendah nilai *slump* menunjukkan bahwa beton semakin kental dan nilai *slump* yang tertinggi menunjukkan bahwa beton tersebut semakin encer.

Untuk itu dianjurkan penggunaan nilai *slump* yang terletak dalam batasan yang telah ditentukan dalam tabel 3.5.

Tabel 3.5 Penetapan nilai *slump*

No	Pemakaian Beton	Slump (cm)	
		Maks	Min
1.	Dinding, plat pondasi dan plat telapak bertulang	12,5	5,0
2.	Pondasi telapat tidak bertulang koison, struktur dibawah tanah	9,0	2,5
3.	Plat, Balok, Kolom, dan Dinding	15,0	7,5
4.	Pengerasan jalan	7,5	5,0
5.	Pembetonan massal	7,5	2,5

Sumber: Tjokrodimulyo, 1992

Pengujian *slump* mengacu pada SNI 1972-2008, dilakukan untuk mengetahui tingkat kekecekan beton segar yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams, pelaksanaan pengujian dengan cara kerucut abrams diletakan diatas talam baja yang rata dan tidak menyerap air. Adukan beton dituang dalam 3 tahap, volume berturut-turut 1/3, 2/3, hingga penuh. Tiap lapisan ditumbuk dengan menggunakan batang baja diameter 16 mm dan panjang 600 mm sebanyak 25 kali, penusukan dilakukan secara merata keseluruh bidang dan dijaga agar tidak mengenai lapisan dibawahnya. Kemudian kerucut diangkat tegak lurus keatas, maka lapisan beton akan turun dari posisi semula, penurunan ini diukur dengan carameletakan kerucut abrams di sampingnya, kemudian diukur selisih beda tingginya penurunan dari posisi seluma ini disebut *slump*.

3.8 Penuangan Adukan Beton

Ditempat penuangan beton harus segera dipadatkan sebelum semen dan air mulai bereaksi (Pada umumnya semen mulai bereaksi dengan air satu jam setelah semen dicampur dengan air).

Hal-hal berikut harus diperhatikan selama penuangan dan pemadatan berlangsung.

1. Adukan beton harus dituang secara terus menerus (tidak terputus) agar diperoleh beton yang seragam dan tidak terjadi garis batas.
2. Permukaan cetakan yang berhadapan dengan adukan beton harus diolesi minyak agar beton terjadi tidak melekat dengan cetakannya.
3. Selama penuangan dan pemadatan harus dijaga agar posisi cetakan maupun tulangan tidak berubah.
4. Adukan beton jangan dijatuhkan dengan tinggi jauh lebih dari satu meter agar tidak terjadi pemisahan bahan-bahan pencampurannya.
5. Pencoran tidak boleh dilakukan pada waktu turun hujan.
6. Sebaiknya tebal lapisan beton untuk setiap kali penuangan tidak lebih dari 45 cm pada beton massa, dan 30 cm pada beton bertulang.
7. Harus dijaga agar beton yang masih segar tidak diinjak.

3.9 Pemadatan Beton

Pemadatan dilakukan segera setelah beton dituang. Bertujuan untuk menghilangkan udara yang terdapat pada campuran beton segar antara dinding dan spesi beton juga di dalam campuran beton itu sendiri. Apabila tidak dilakukan pemadatan maka udara akan membentuk ruang kosong dalam beton. Ruang kosong tersebut membentuk pori-pori yang sangat merugikan bagi kualitas beton, selain kekuatannya berkurang hasil cornya akan buruk dan berongga.

Metode pemadatan dapat dilakukan dengan tongkat baja, meja penggetar dan jarum penggetar. Pada proses penggetaran, campuran beton akan mengalir dan memadat karena rongga-rongga akan terisi dengan butir-butir yang lebih halus.

Alat getar dibagi menjadi dua (Mulyono,2004) yaitu:

1. Alat getar intern (*internal vibrator*), yaitu alat getar yang berupa tongkat dan digerakan dengan mesin. Untuk menggunakannya, tongkat dimasukkan ke dalam beton pada waktu tertentu, tanpa harus menyebabkan *bleeding*.
2. Alat getar cetakan (*external vibrator or form vibrator*), yaitu alat getar yang mengetarkan *form work* sehingga betonnya bergetar dan memadat.

Penggunaan alat jarum penggetar sering digunakan karena langsung masuk kedalam campuran dan mudah untuk dipindahkan.

Penggetaran dilakukan dengan cara memasukkan ujung alat penggetar ke dalam campuran beton secara vertical dengan jarak yang seragam (kira-kira berjarak 1,5 kali radius aksi), dan biarkan campuran turun sendiri dalam jangka waktu tertentu sampai gelembung udara tidak muncul lagi dan permukaan beton telah licin. Bila sudah tercapai, tarik alat penggetar secara perlahan sampai lubangnya menutup kembali. Beberapa pedoman umum dalam proses pemadatan (Mulyono, 2004) adalah:

1. Pada jarak yang berdekatan atau pendek, pemadatan dengan alat getar dilaksanakan dalam waktu yang pendek (singkat).
2. Pemadatan silakukan secara vertical dan jatuh dengan beratnya sendiri.
3. Tidak menyebabkan terjadinya *bleeding*.
4. Pemadatan merata.
5. Tidak terjadi kontak antara alat getar dengan bekisting.
6. Alat getar tidak berfungsi untuk mengalirkan, mengangkut atau memindahkn beton.

3.10 Perawatan Beton

Perawatan beton adalah usaha untuk merawat beton dengan tujuan utama untuk menjaga kadar air (didalam beton) yang mencukupi, artinya dalam kualitas yang mencukupi untuk keperluan pertumbuhan optimal kekakuan beton serta

temperatur normal, terutama pada umur beton yang masih muda agar kekuatan dan kinerja beton dapat tumbuh dengan normal.

Ada beberapa cara perawatan beton yang sering digunakan pada proses pengerasan adalah sebagai berikut (Supartono,1997):

1. Perawatan dengan air

Cara ini merupakan cara yang paling banyak digunakan. Namun demikian, penggunaan cara ini perlu didukung oleh pertimbangan ekonomi sehubungan dengan kondisi lapangan dan tersedianya air dilokasi pekerjaan. Dengan mutu air yang digunakan harus bebas dari bahan-bahan yang agresif terhadap beton.

Ada beberapa macam cara perawatan beton dengan menggunakan air, sebagai berikut:

- a. Penyemprotan dengan menggunakan air.
- b. Perendaman dalam air.
- c. Penumpukan jerami basah.
- d. Pelapisan tanah atau pasir basah.
- e. Penyelimutan dengan kain atau karung basah.

2. Perawatan dengan penguapan

Cara ini banyak digunakan dengan tujuan untuk mendapatkan kuat tekan awal yang tinggi pada elemen-elemen beton pracetak, seperti pada proses pabrikan tiang pancang beton pratekan.

3. Perawatan dengan penguapan pada tekanan tinggi

Cara ini dikenal juga sebagai *high prossure steam curing*, banyak digunakan untuk perawatan elemen beton ringan. Cara ini digunakan sering kali dengan tujuan untuk mengurangi resiko terjadinya retak susut elemen beton dan sekaligus meningkatkan kemampuan ketahanan terhadap sulfat.

4. Perawatan dengan isolasi permukaan beton

Cara perawatan dengan menggunakan lapisan yang rapat untuk menutupi permukaan beton biasa merupakan solusi yang baik, karena cara ini bisa

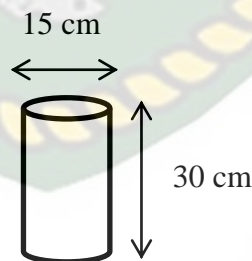
menghambat proses penguapan air pori dari dalam beton, disamping juga bisa mengurangi resiko timbulnya perbedaan temperatur yang menyolok antara bagian dalam beton dengan bagian luar beton. Beberapa material yang biasa digunakan untuk keperluan perawatan ini antara lain:

- a. Lapisan pasir kering
- b. Lembaran plastik
- c. Kertas berserat, yang dilapisi dengan *adhesif bituminous*.

3.11 Kuat Tekan Beton ($f'c$)

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah bangunan, semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Manik, 2008:33). Kuat tekan yang diinginkan selalu menjadi acuan dalam sebuah pengecoran beton, dengan kata lain kuat tekan beton yang memuaskan adalah sebuah indikator untuk mengetahui apakah rancangan campuran beton tersebut merupakan campuran yang bagus atau tidak (Rosida, 2007:22).

Rancangan campuran beton untuk penelitian ini menggunakan benda uji silinder dengan ukuran, diameter 150 mm, panjang 300 mm. Dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 3.2 Benda uji silinder (SNI 03-2834-2000)

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton dapat dikelompokkan menjadi dua 2 bagian kategori (Gambhir,2004), yaitu:

1. Faktor yang berdasarkan kepada metode percobaan
 - a. Ukuran contoh percobaan (benda uji).
 - b. Keadaan tumpuan.
 - c. Ukuran contoh dalam hubungan ukuran agregat.
 - d. Keadaan air.
 - e. Tipe pengangkutan beban.
 - f. Pembebanan rata-rata dari contoh (benda uji).
 - g. Tipe uji mesin.
 - h. Asumsi dari analisa yang berhubungan dengan ketegangan untuk keruntuhan kegagalan beban.
2. Faktor yang berdasarkan kepada metode percobaan
 - a. Tipe semen, umur perawatan dan jenis agregat.
 - b. Derajat kepadatan.
 - c. Proporsi campuran beton, berat isi semen, perbandingan agregat semen, kadar hampa udara dan perbandingan air semen.
 - d. Tipe perawatan dan suhu masa perawatan.
 - e. Sifat jenis pembebanan yang mana sebagai contoh benda uji, statis, pemeliharaan, dinamis dan lain-lain.

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa jenis dilihat pada table 3.6

Tabel 3.6 Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekan

No	Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
1.	Beton Sederhana (plain concrete)	Sampai 10 MPa
2.	Beton Normal (beton biasa)	15-30 MPa
3.	Beton Prategang	30-40 MPa
4.	Beton Kuat Tekan Tinggi	40-80 MPa
5.	Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	>80 MPa

Sumber: Tjokrodimuljo, 1992

Kuat tekan beton didapat melalui pengujian kuat tekan dengan memakai alat uji tekan (*compressive strength machine*). Pemberian beban tekan dilakukan bertahap dengan kecepatan beban tertentu atas uji beton. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2013):

1. Kuat tekan beton ($f'c$)

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3.24)$$

Keterangan:

- a. $f'c$ = Kuat tekan benda uji beton (MPa).
- b. P = Besar beban maksimum (N).
- c. A = Luas penampang beban uji (mm^2).

2. Kuat tekan rata-rata benda uji ($fc'r$)

Kuat tekan rata-rata benda uji adalah kuat tekan beton yang dicapai dari beberapa sampel benda uji dibagi dengan jumlah benda uji, dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$fc'r = \frac{\sum_1^3 f'c}{n} \quad (3.25)$$

Keterangan:

- a. $f'c$ = Kuat tekan benda uji beton (Kg/cm^2).
- b. $fc'r$ = Kuat tekan rata-rata dari jumlah benda uji (Kg/cm^2).
- c. n = Jumlah benda uji.

3. Standar deviasi (s)

Definisi standar deviasi (Rachmat Purwono, 2010) adalah suatu istilah statistik yang dipakai sebagai ukuran tingkat variasi suatu hasil produk tertentu (dalam hal ini produk beton). Rumus standar deviasi dapat dilihat pada persamaan 3.2 (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2013):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'ci - f'c'r)^2}{n-1}} \quad (3.26)$$

Keterangan:

- a. S = Standar deviasi
- b. f'ci = Kekuatan tekan beton yang didapat pada 28 hari.
- c. f'c'r = Kekuatan beton rata-rata pada 28 hari.

