

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Beton

Beton merupakan campuran dari berbagai bahan seperti semen portland atau bahan hidrolis sejenisnya, agregat kasar, agregat halus, serta air dan dapat dicampurkan dengan bahan tambahan lainnya yang membentuk masa padat. Biasanya bahan tambah yang digunakan kedalam campuran beton adalah admixture yang berfungsi untuk memperbaiki kualitas beton. Campuran dari bahan susun tersebut (semen, pasir, agregat dan air) akan membentuk masa plastis atau beton segar, proses hidrasi campuran semen dan air menyebabkan perkerasan beton yang kemudian akan membentuk masa padat. Beton padat memiliki sifat kuat terhadap kuat tekan dan lemah terhadap kuat tarik (SNI - 03 - 2847 - 2002, 2002)

Secara umum beton mengandung rongga udara sekitar 1%-2%, pasta semen (campuran air dan semen) sekitar 25%-40% dan agregat (agregat kasar dan agregat halus) sekitar 60%-75% (Mulyono, 2005). Berikut adalah Kekurangan dan kelebihan beton (Mulyono, 2005), diantaranya:

1. Beton mudah dibentuk sesuai kebutuhan.
2. Dapat menahan beban yang berat.
3. Tahan terhadap suhu tinggi.
4. Biaya perawatan yang relatif murah.
5. Beton yang sudah jadi, akan sulit diubah.
6. Membutuhkan ketelitian tinggi pada saat pelaksanaan pekerjaan beton.
7. Memiliki beban yang berat.
8. Memiliki daya pantul suara yang besar.

2.1.1 Beton Porous

Beton porous adalah salah satu jenis beton dengan porositas tinggi yang di desain agar air dapat masuk melalui pori-pori untuk melewatinya, sehingga dapat meredam limpasan air yang ada di permukaan dan dapat meningkatkan muka air tanah (NRMCA, 2004). Beton porous merupakan beton tanpa pasir yang terdiri dari

sekumpulan agregat kasar yang berukuran tunggal diselimuti lapisan pasta semen dengan tebal 1,3 mm (Neville & Brook, 2010). Beton porous banyak memiliki nama, diantaranya beton tanpa agregat halus (*zero-fines concrete*), beton yang dapat ditembus (*pervious concrete*), dan beton berpori (*porous concrete*) (Harber, 2005). Beton porous memiliki campuran yang mirip dengan beton konvensional

Perbedaan keduanya terdapat dalam agregat kasar yang memiliki gradasi yang sama untuk beton porous. Hal ini menyebabkan beton porous memiliki pori-pori, dimana dapat dijadikan sebagai celah sehingga air dapat melewati beton porous. Adanya pori-pori udara pada beton porous mengakibatkan pula terhadap nilai kuat tekan yang menjadi lebih rendah jika dibandingkan dengan beton konvensional.

Fungsi utama porositas pada beton porous ialah sebagai jalur masuknya air dari permukaan beton hingga diteruskan ke dalam tanah. Selain itu, fungsi lainnya adalah sebagai penyaring kotoran sehingga kotoran tidak terserap ke dalam tanah (Artiningsih, 2009). Persyaratan beton porous menurut (Grajuantomo, 2008), adalah:

1. Air yang masuk melalui porositas beton porous adalah air yang tidak tercemar atau limbah.
2. Beton porous tidak boleh digunakan pada jalan yang dilalui oleh kendaraan berat.
3. Dilihat dari sisi lingkungan, beton porous memiliki sisi positif dari penggunaan, adalah:
 - a. Meningkatkan kembali muka air tanah.
 - b. Dapat menyalurkan air ke dalam akar-akar tumbuhan pada area sekitar, sehingga mengurangi kebutuhan dalam irigasi.

2.1.2 Beton Tanpa Pasir (*No-Fines Concrete*)

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

Beton non pasir lebih menonjolkan estetikanya dan hanya menggunakan sedikit semen yaitu karena untuk melapisi permukaan agregat kasar saja. Beton non

pasir terdiri dari campuran air, semen portland, dan agregat kasar. Beton non pasir merupakan suatu gumpalan butir-butir kerikil yang saling melekat karena terlapsi oleh pasta semen dengan ketebalan sekitar 1,3 mm. Adanya rongga dalam beton non pasir mengakibatkan kekuatan beton berkurang. Namun, beton non pasir memiliki berat jenis yang rendah dan tidak mudah menghantarkan panas walaupun mudah lolos air (Tjokrodimuljo dan Sumartono, 1993).

2.1.2.1 Kelebihan Beton Tanpa Pasir

Terdapat beberapa keunggulan dari pemakaian jenis beton non pasir dalam dunia pembangunan. Adapun beberapa kelebihan atau keunggulan jenis beton yang satu ini antara lain adalah sebagai berikut :

1. Beton jenis ini merupakan beton ringan dengan tingkat kerapatan 25 hingga 30 persen. Hal ini membuat beton non pasir memiliki berat yang terasa lebih ringan dibandingkan beton normal.
2. Lantaran tidak memiliki pasir dalam penyusunannya, beton tersebut memiliki susut pengeringan lebih sedikit dibandingkan jenis beton normal.
3. Beton ini mempunyai karakteristik isolasi termal lebih baik dibandingkan beton normal. Hal tersebut berguna dalam proses konstruksi dinding terluar.
4. Lantaran tidak memiliki pasir, maka luas permukaan yang diperlukan untuk pelapisan semen berkurang, Hal tersebut mempengaruhi kebutuhan semen yang diperlukan menjadi berkurang per m³ dibandingkan dengan beton normal dapat terbilang lebih ekonomis.
5. Sifat ringan dari jenis beton tidak berpengaruh pada mutu disebabkan pemisahan agregat kasar, sehingga tidak mempunyai agregat halus.
6. Beton dapat dipadatkan tanpa perlu jenis vibrator dan kemudahan dengan cara ditekuk memakai batang.

2.1.2.2 Kekurangan Beton Tanpa Pasir

Selain memiliki keunggulan, beton non pasir memiliki beberapa kelemahan. Adapun beberapa kelemahan dari jenis beton ini adalah :

1. Lantaran tidak ada agregat halus dalam pengisian kekosongan beton tersebut, hal ini memicu laju infiltrasi yang cenderung tinggi dibandingkan jenis beton

normal. Maka dari itu, pemakaiannya tidak baik untuk jenis beton bertulang karena penguatnya mudah mengalami korosi.

2. Penambahan biaya apabila ingin membuat beton non pasir kead air dengan memakai lapisan plester batu.
3. Jenis beton ini juga tidak dapat dilakukan pengujian untuk menunjukkan kemampuan kerja dengan uji normal baik pengujian kemerosotan maupun pemadatan. Nilai kemampuan dan metodenya masih belum diketahui.

2.2 Bahan Penyusun Beton Porous

Bahan atau material adalah zat atau benda yang dari mana sesuatu dapat dibuat darinya, atau barang yang dibutuhkan untuk membuat sesuatu. Material adalah sebuah masukan dalam produksi. Material sering kali adalah bahan mentah yang belum diproses, tetapi kadang kala telah diproses sebelum digunakan untuk proses produksi lebih lanjut. Umumnya, dalam masyarakat teknologi maju, material adalah bahan konsumen yang belum selesai.

2.2.1 Semen Portland

Semen Portland bisa diartikan sebagai semen hidrolis yang diproses dengan cara menggiling terak yang tersusun atas kalsium silikat hidrolis, yang biasanya mengandung satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat sebagai bahan tambahan dan digiling bersama-sama (SNI 15-2049-2004, 2004). Bahan baku untuk membuat semen diantaranya:

1. Kapur (CaO) berasal dari batuan kapur.
2. Silika (SiO_2) berasal dari lempung.
3. Alumunia (Al_2O_3) berasal dari lempung.

Fungsi utama dari semen Portland sendiri adalah sebagai pengikat antar agregat pada beton sehingga membentuk suatu massa padat. Semen yang digunakan harus memenuhi standar yang ada di Indonesia. Selain itu banyak tipe-tipe Semen Portland yang terbagi dalam beberapa tipe yang sesuai dengan implementasinya, antara lain:

1. Tipe I: digunakan untuk penggunaan umum dan tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Tipe II: digunakan untuk ketahanan terhadap sulfa tantara 10%-20% dan panas hidrasi sedang. Biasanya untuk bangunan yang terletak di pesisir laut seperti dermaga.

3. Tipe III: digunakan untuk bangunan bersyarat khusus, karena semen tipe ini harus memiliki kekuatan tinggi Ketika waktu pengikatan terjadi. Biasanya digunakan pada bangunan tingkat tinggi.
4. Tipe IV: digunakan untuk bangunan dam hingga bandar udara, karena semen tipe ini membutuhkan panas hidrasi rendah sehingga dalam waktu pengikatan tidak terjadi keretakan.
5. Tipe V: Semen Portland digunakan untuk konstruksi bangunan yang memiliki persyaratan sangat tahan terhadap sulfat seperti bangunan pada kawasan tambang.

Untuk semen yang akan digunakan dalam penelitian ini menggunakan semen PPC. Menurut (Intara, 2017), Ada jenis semen lainnya yaitu:

1. Portland Pozolan Cement (PPC)
Semen Portland Pozzolan didefinisikan sebagai semen hidrolis yang terbuat dari campuran semen Portland dan Pozzolan halus, diproduksi dengan menggiling klinker semen Portland dan Pozzolan bersama-sama, dengan kadar pozzolan 15 % hingga 40 % massa Semen Portland Pozzolan.
2. Semen Portland Komposit Semen Portland (PCC)
Semen Komposit adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak Semen Portland dan gipsium dengan salah satu bahan anorganik atau lebih, atau bisa juga dari hasil pencampuran bubuk Semen Portland dengan bubuk bahan anorganik lain.

2.2.2 Agregat

Agregat pada beton merupakan komponen utama dalam menentukan kualitas beton. Agregat berfungsi sebagai pengisi utama dalam beton dan dapat mengurangi penyusutan beton ketika mengalami pengerasan. Penggunaan agregat dalam campuran beton harus bebas dari debu, lumpur dan partikel-partikel lainnya, dikarenakan akan dapat mengganggu daya ikatan antara pas ta semen dengan agregat. Agregat terdapat dua jenis berdasarkan ukuran butirannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah kerikil yang yang dihasilkan dari disintegrasi alami dari batuan yang mempunyai ukuran 5 - 40 mm (SNI 03 – 2847 – 2002, 2002).

Agregat halus adalah butiran material keras berbentuk mendekati bulat, tajam dan kekal yang berukuran 0,07 mm sampai 5 mm (SNI 03-1750-1990, 1990). Pada

campuran beton porous menggunakan agregat kasar dan agregat halus atau tidak sama sekali. Komposisi agregat halus pada beton porous maksimum 6% terhadap berat gabungan agregat kasar dan agregat halus sesuai dengan ketentuan ACI 522R-10. Agregat kasar harus memenuhi persyaratan (SK SNI S-04-1989-F, 1989) tentang Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, sebagai berikut:

1. Butirannya keras dan tidak berpori, indeks kekerasan $< 5\%$.
2. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%.
3. Tidak berlumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06) lebih dari 1%.
4. Tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
5. Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20%.
6. Modulus halus butir antara 6–7,1 dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
7. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari: $1/5$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $1/3$ tebal pelat beton, $3/4$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.

Menurut pedoman (SNI 03-1750-1990) agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Agregat halus terdiri atas butir-butir yang bersifat kekal dan tidak dapat hancur atau pecah oleh pengaruh cuaca.
2. Mempunyai modulus kehalusan susunan butir sebesar 1,50-3,80.
3. Mempunyai kadar lumpur maksimum 5 %.
4. Mempunyai kadar organik yang ditentukan larutan natrium hidroksida 3 %.

Menurut pendapat (Haris & Hidayat, 2020), agregat halus memiliki sifat-sifat :

1. Sangat berpori.
2. Antar butiran lepas atau tidak bersatu (non kohesif).
3. Memiliki warna putih hingga abu-abu gelap.
4. Memiliki permeabilitas yang tinggi.

2.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini agar tidak meluas maka dari itu penulis akan memberi Batasan masalah sebagai berikut:

1. Kuat tekan rencana beton porous adalah ($f_c' 15 \text{ Mpa}$)

2. Pemeriksaan pada material dari hasil uji di Laboratorium Trie Mukty Pertama Putra antara lain: agregat kasar, pecahan kulit kerang, dan perencanaan campuran menggunakan ACI 211.
3. Menggunakan pecahan kulit kerang dara sebagai substitusi agregat halus dengan persentase 3% dan 6%.
4. Pengujian yang dilakukan merupakan uji kuat tekan dan laju infiltrasi pada beton porous.
5. Sampel yang digunakan untuk pengujian kuat tekan berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm sebanyak 27 sampel.
6. Benda uji yang digunakan untuk pengujian laju infiltrasi berbentuk pelat dengan ukuran 50cm x 50cm x 5cm sebanyak 6 sampel.
7. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat beton porous (silinder) berumur 7, 14 dan 28 hari.
8. Pengujian laju infiltrasi dilakukan pada saat beton porous (pelat) berumur 28 hari.
9. Perencanaan campuran beton porous (*mix design*) sesuai dengan standar ACI 522R-10 *Report on Pervious Concrete*.

2.3.1 Air

Air merupakan salah satu bahan dasar dalam pembuatan beton. Fungsi air disini sebagai reaksi kimia dalam proses pengikatan atau setting time semen. Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 persyaratan air sebagai berikut:

1. Air tidak boleh mengandung lumpur atau benda mengapung lainnya lebih dari 2 gram/liter.
2. Air tidak boleh mengandung bahan yang dapat merusak beton seperti asam, zat organik dan bahan lainnya lebih dari 15 gram/liter.
3. Air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Air tidak boleh mengandung sulfat lenih dari 1 gram/liter.

Penggunaan air dalam pembuatan beton harus sesuai dengan rencana, hal ini harus diperhatikan karena jika pemakaian air yang melebihi batas rencana akan menyebabkan banyaknya gelembung-gelembung yang dihasilkan setelah proses hidrasi selesai. Sedangkan jika pemakaian air kurang dari rencana menyebabkan

proses hidrasi tidak dapat menyeluruh. Sehingga akibatnya dalam 2 kasus tersebut menghasilkan kekuatan beton kurang dari rencana seharusnya (Fajaryanto 2014). Penggunaan air dalam campuran beton didapat dari hasil perbandingan dengan berat semen. Menurut ACI 522R-10 persentase terbaik faktor air semen untuk beton porous berkisar 0,26 sampai 0,45. Hal ini didukung dengan penelitian, bahwa persentase faktor air semen sebesar 0,3 dengan mix agregat 50% memiliki hasil yang optimal untuk beton porous (Joshi & Dave, 2016).

2.3.2 Kulit Kerang

Kerang adalah sekumpulan moluska dwicangkerang yang merupakan salah satu famili cardiidae (Balgies, Dewi, and Dahlan 2011). Komoditi kerang banyak dijadikan mata pencaharian bagi masyarakat pesisir pantai karena dalam budidayanya tidak memerlukan keahlian khusus dan tidak memerlukan modal besar serta masa panen yang relatif singkat, menurut Kementrian Kelautan dan Perikanan tahun 2012 dalam majalah (WWF-Indonesia 2015), Jumlah panen kerang di indonesia mencapai 50.460 ton.

Pada serbuk kulit kerang terdapat senyawa kimia pozzolan yaitu mengandung zat kapur, alumina dan senyawa kimia silika sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan baku beton alternatif yang diharapkan mampu memberikan dampak positif terhadap lingkungan dan dunia konstruksi Menurut (Karimah, Rusdianto, dan Susanti 2020). Ditinjau dari komposisi kimiawi, menurut Maryam (2006), hasil pembakaran kulit kerang mengandung unsur kimia dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan Kimiawi Kerang

Komponen	Kadar (% berat)
CaO	66,70
SiO ₂	7,88
Fe ₂ O ₃	0,03
MgO	22,28
Al ₂ O ₃	1,25

Sumber: Maryam 2006

Pada serbuk kulit kerang terdapat senyawa kimia pozzolan yaitu mengandung zat kapur, alumina dan senyawa kimia silika sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan baku beton alternatif yang diharapkan mampu memberikan

dampak positif terhadap lingkungan dan dunia konstruksi Menurut (Karimah, Rusdianto, dan Susanti 2020).

2.3.3 Bahan Tambah Beton

Bahan tambah pada beton adalah material yang digunakan untuk tambahan komposisi campuran beton yang berfungsi untuk mengubah sifat beton pada saat keadaan segar maupun pada saat sudah mengeras. Penambahan bahan tambah pada beton dapat memberikan dampak yang besar, sehingga dalam penggunaannya perlu diperhatikan sesuai dengan kebutuhan atau pekerjaan tertentu. Bahan tambah beton dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bersifat kimiawi (admixture) dan bersifat mineral (additive) (Candra et al 2020).

2.3.3.1 Zat Admixture

Menurut standar ASTM.C.949 dan Pedoman beton 1989 SKBI.1.4.53.1989, zat admixture dibedakan menjadi 7 tipe, diantaranya:

1. Tipe A “Water-Reducing Admixture” berfungsi untuk mengurangi penggunaan air dalam campuran beton dengan konsistensi tertentu. Penggunaan bahan tambah ini tidak mengurangi kadar semen dan nilai slump dengan faktor air semen yang rendah.
2. Tipe B “Retarding Admixture” berfungsi sebagai penghambat waktu pengikatan beton. Digunakan untuk memperpanjang waktu pelaksanaan pengecoran.
3. Tipe C “Accelerating Admixture”: berfungsi mempercepat waktu pengikatan dan kekuatan beton. Digunakan untuk mempersingkat waktu proses hidrasi beton dalam mencapai kekuatan awal beton.
4. Tipe D “Water Reducing and Retarding Admixture” berfungsi untuk mengurangi penggunaan air dalam campuran beton dengan konsistensi tertentu dan sebagai penghambat waktu pengikatan beton. Penggunaan bahan tambah ini mengurangi kandungan semen dan faktor air semen.
5. Tipe E “Water Reducing and Accelerating Admixture” berfungsi untuk mengurangi penggunaan air dalam campuran beton dengan konsistensi tertentu dan mempersingkat waktu pengikatan beton.

6. Tipe F “Water Reducing, High Range Admixture” berfungsi untuk mengurangi penggunaan air dalam campuran beton dengan konsistensi tertentu, pengurangan airnya bisa mencapai 12% atau lebih.
7. Tipe G “Water Reducing, High Range Retarding Admixtures”: berfungsi untuk mengurangi penggunaan air dalam campuran beton dengan konsistensi tertentu, pengurangan airnya bisa mencapai 12% atau lebih dan sebagai penghambat waktu pengikatan beton.

2.3.3.2 Zat Additive

Tujuan bahan tambah zat *additive* untuk campuran beton adalah untuk memperbaiki nilai kuat tekan beton. Selain itu ada beberapa dampak positif jika menggunakan bahan tambah *additive* (Mulyono 2003), diantaranya:

1. Memperbaiki kinerja *workability*.
2. Mengurangi panas hidrasi, penyusutan beton, porositas dan daya serap air dalam beton.
3. Mengurangi biaya dalam pelaksanaan pekerjaan beton.
4. Memperbesar daya tahan terhadap sulfat dan reaksi alkali-silica.
5. Mempertinggi usia beton, kuat tekan beton, dan keawetan beton.

2.4 Pengujian Material Beton

Material bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji beton dilakukan pengujian bahan terlebih dahulu. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui mutu dan spesifikasi dari bahan penyusun beton tersebut agar sesuai dengan standart yang digunakan.

2.4.1 Bobot Isi Padat dan Gembur

Bobot isi agregat merupakan perbandingan antara berat agregat dengan volume yang ditempatinya. Hal ini dapat membantu dalam perhitungan campuran beton. Pada umumnya dilaboratorium agregat dirancang dalam keadaan padat, akan tetapi, pada kenyataannya kondisi agregat dilapangan ditemui dalam keadaan gembur karena banyak faktor yang mempengaruhi, salah satu contohnya adalah penurunan material dari truk. Maka dari itu perlu adanya faktor koreksi dari volume padat yang di dapat di laboratorium menjadi volume gembur seperti yang ada di lapangan. Bobot isi agregat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Bobot isi} = \frac{W_{ac}-W_c}{V_c} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (2.1)$$

Keterangan:

W_{ac} = Berat agregat + Berat bejana (gr)

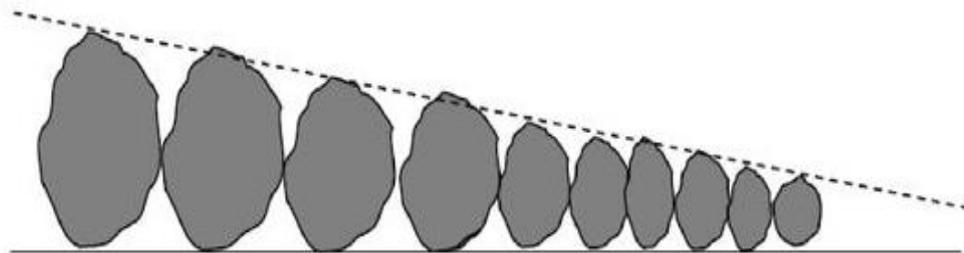
W_c = Berat bejana (gr)

V_c = Volume bejana (cm³).

2.4.2 Analisa Ayak

Agregat merupakan bahan utama dalam pembuatan beton yang jumlahnya antara 70% - 80% dari pembentukan beton. Agregat diahruskan bersih, keras dan mempunyai gradasi (susunan butir) yang baik. Hal ini dapat mempengaruhi pada kekuatan beton.

Gradasi agregat yang paling baik untuk beton adalah dimana susunan agregat dari susunan butiran halus hingga butiran kasar secara berurutan. Seperti pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Gradasi Agregat Menerus/Baik

Sumber: SlidePlayer.info

Agregat dibedakan dalam 2 kelompok susunan butir, diantaranya:

1. Agregat kasar, yaitu butiran yang tertahan ukuran ayakan No.4.
2. Agregat halus, yaitu butiran yang lolos ukuran ayakan No.4.

Menurut prosedur uji ASTM C – 136, analisa saringan meliputi:

1. Penentuan jumlah agregat maksimum.
2. Penentuan ukuran ayakan yang digunakan.
3. Penentuan persen (%) tertinggal dan tembus kumulatif.
4. penentuan kurva gradasi.
5. penentuan angka kehalusan

Dalam melakukan analisa ayakan ini dapat digunakan beberapa tipe ayakan dengan ukuran lubang dalam mm, menurut standar-standar yang telah ditetapkan untuk mutu beton dari suatu negara, diantaranya:

1. ISO (International Standard Organization) dan PBI – 1971, adalah 31,5 mm; 16mm; 8mm; 4mm; 2mm; 1mm; 0,5mm; 0,25mm; 0,125mm.
2. ASTM (American Standard), adalah 50mm; 25mm; 19mm; 12,5mm; 9.5mm; 4,75mm; 2,36mm; 1,18mm; 0,6mm; 0,3mm; 0,15mm.
3. Standard Belanda (N. 480), adalah 46mm; 23mm; 11,2mm; 5,6mm; 2,8mm; 1,4mm; 0,6mm; 0,3mm; 0,15mm.
4. British Standard (BS) adalah 50mm; 37,5mm; 20mm; 14mm; 10mm; 5mm; 2,36mm; 1,18mm; 0,6mm; 0,3mm; 0,15mm.

Dalam perhitungan analisa ayak, menurut ASTM C.33 dan SK SNI S-04-1989 F, diharuskan nilai FM agregat halus masing-masing: 2,3-3,1 dan 1,5-3,8. Sedangkan untuk agregat kasar SK SNI S-04-1989, mensyaratkan 6,0-7,1. Analisa Ayak bisa di hitung dengan rumus:

$$\text{Persentase Tertahan di A (mm)} = \frac{W_1}{W_{Total}} \times 100\% \quad (2.2)$$

$$\text{Persentase Lolos Kumulatif} = 100\% - \% \text{ Tertahan komulatif} \quad (2.3)$$

$$\text{Fine Modulus (FM)} = \frac{\sum \% \text{ Tertahan Kumulatif}}{100} \quad (2.4)$$

Keterangan:

A = ukuran ayakan

W1 = berat agregat tertahan di ukuran ayakan a mm (gram)

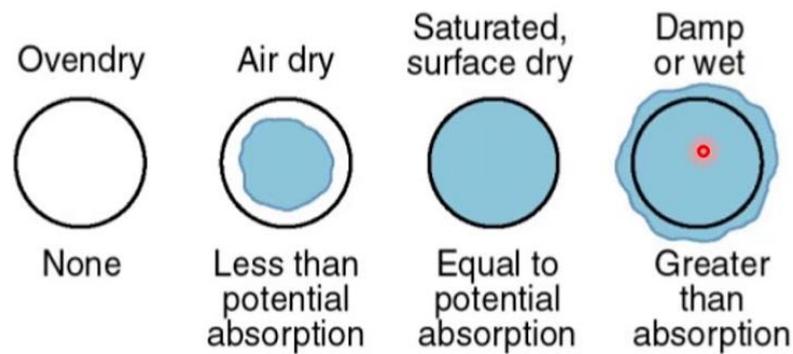
Wtotal = berat agregat total (% Tertahan komulatif sebelumnya + % Tertahan)

2.4.3 Berat Jenis dan Penyerapan Air

Tujuan dalam pengujian ini adalah untuk menentukan berat jenis agregat kasar dan halus dalam kondisi jenuh kering permukaan (SSD), kering atau curah (Bulk), dan semu (Apparent). Dan dapat mengetahui penyerapan air agregat kasar dan halus. Kadar air dibedakan menjadi 4 jenis, diantaranya:

1. Kadar kering oven, yaitu agregat kering tanpa air sedikitpun.
2. Kadar air kering udara, yaitu agregat yang permukaannya kering tetapi didalam porinya sedikit mengandung air sehingga masih dapat menyerap air.

3. Kadar air jenuh kering permukaan (Saturated Surface Dry/SSD), dimana agregat yang permukaannya tidak terdapat air tetapi di dalam porinya sudah penuh air.
4. Kondisi basah, yaitu kondisi dimana permukaan dan di dalam porinya mengandung air.



Gambar 2.2 Kandungan Air Pada Agregat

Sumber: (M. Mirza Abdillah Pratama, 2020)

2.4.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

1. Berat Jenis Kering (*Bulk Specific Gravity*)

$$B_j \text{ kering} = \frac{B_k}{B_j + B_P - B_{pj}} \quad (2.5)$$

2. Berat Jenis Jenuh Air Kering Permukaan (*Saturated Surface Dry Specific Gravity*)

$$B_j \text{ SSD} = \frac{B_j}{B_j + B_P - B_{pj}} \quad (2.6)$$

3. Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*)

$$B_j \text{ Semu (Apparent)} = \frac{B_k}{B_k + B_P - B_{pj}} \quad (2.7)$$

4. Penyerapan Air

$$B_j \text{ Penyerapan air} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (2.8)$$

Keterangan:

B_j = Berat agregat SSD

B_P = Berat Piknometer + Air + Tutup Kaca

B_{pj} = Berat Piknometer + Air + Tutup Kaca + Agregat

B_k = Berat Agregat Kering Oven

2.4.3.2 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

1. Berat Jenis Kerang (*Bulk Spesific Gravity*)

$$B_j \text{ kering} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (2.9)$$

2. Berat Jenis Jenuh Air Kering Permukaan (*Saturated Surface Dry Specific Gravity*)

$$B_j \text{ SSD} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \quad (2.10)$$

3. Berat Jenis Semu (*Apparent Spesific Gravity*)

$$B_j \text{ Semu (Apparent)} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \quad (2.11)$$

4. Penyerapan

$$B_j \text{ Penyerapan Air} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (2.12)$$

Keterangan:

B_j = Berat Agregat SSD

B_k = Berat Agregat Kering Oven

B_a = Berat Agregat dalam air

2.4.4 Uji Kadar Lolos Ayakan 200

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar lumpur dari agregat halus. Kebersihan agregat dapat menentukan kualitas beton itu sendiri, dengan menentukan batas jenis material yang tidak diinginkan seperti (tanaman, partikel lunak dan lumpur) yang bercampur dalam agregat diharapkan mampu meningkatkan mutu pada beton. Kadar lumpur yang di izinkan pada agregat adalah sebesar 3% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar. Perhitungan kadar lumpur dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (2.13)$$

Keterangan:

W_1 = Berat benda uji kering oven sebelum dicuci (gram)

W_2 = Berat benda uji kering oven setelah dicuci (gram)

2.5 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton dalam menahan besaran gaya tekan per satuan luas beton hingga beton tersebut hancur akibat gaya tekan. Semakin tinggi

kekuatan struktur, semakin tinggi juga dengan mutu beton yang dibutuhkan (Mulyono 2004).

Beton porous jika dibandingkan dengan beton konvensional memiliki nilai kuat beton yang lebih rendah, hal ini didukung dengan pendapat ACI 522R-10 bahwa nilai kuat tekan beton porous berkisar 2,8 Mpa hingga 28 Mpa, dengan alasan tersebut beton porous difungsikan untuk beton non struktural.

Kualitas beton pada dasarnya akan dipengaruhi oleh material bahan yang digunakan, akan tetapi ada sejumlah faktor-faktor lain yang mempengaruhi kualitas kekuatan.

2.5.1 Faktor Air Semen

Jumlah air yang digunakan untuk campuran beton dapat dihitung berdasarkan perbandingan berat air dan berat semen Portland. Menurut peraturan (PBI-1971) dikenal sebagai fas atau faktor air semen, sedangkan menurut (SNI 03 – 2847 – 2002 2002), Dikenal dengan rasio air semen (ras) atau water cement ratio (wcr). Semakin besar nilai fas, maka semakin besar pula jumlah air yang digunakan sehingga campuran beton akan menjadi encer yang berimbas terhadap mutu beton akan menjadi rendah.

2.5.2 Umur Beton

Kekuatan beton akan bertambah berbanding lurus dengan umur beton tersebut. Ditinjau dari pemakaiannya beton adalah salah satu material bahan yang sangat awet, Menurut PBI (1971) kuat tekan beton akan mencapai 100% dalam umur 28 hari, berikut akan dijelaskan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hubungan antara Umur dan Kuat Tekan Beton

Umur (Hari)	Kuat Tekan Beton (%)
3	40
7	65
14	88
21	95
28	100
90	120
365	135

Sumber: PBI-1971

2.5.3 Jumlah Semen

Jumlah kandungan semen pada campuran beton akan mempengaruhi terhadap kekuatan beton. Jika jumlah semen pada campuran beton terlalu sedikit atau berlebihan, maka kekuatan beton yang diperoleh akan rendah. Pada jumlah semen yang sedikit berbanding lurus dengan jumlah air yang digunakan, sehingga campuran beton akan sulit dipadatkan yang mengakibatkan kekuatan beton menjadi rendah. Demikian juga dengan jumlah semen yang berlebihan, maka penggunaan air juga berlebih yang mengakibatkan beton mengandung banyak pori dan menghasilkan kekuatan beton yang rendah.

2.5.4 Perawatan (*curing*)

Tujuan dalam perawatan beton adalah memelihara beton pasca pembukaan bekisting agar beton dapat mencapai kekuatan yang telah direncanakan. Perawatan ini mencegah air dalam beton agar tidak terjadi penguapan dalam proses hidrasi beton. Jika proses hidrasi beton terganggu, dapat menyebabkan penurunan perkembangan kekuatan beton. Metode dalam perawatan beton diantaranya:

1. Beton dialirkan dengan air dengan interval waktu tertentu.
2. Beton direndam dalam air.
3. Menyelimuti beton dengan material seperti karung basah, film plastik, atau kertas tahan air.

Waktu perawatan tergantung dari jenis semen, cuaca dan rencana kekuatan. Proses perawatan merupakan proses untuk memperbaiki mutu, sehingga bila perawatan dilakukan dengan cara yang tepat maka mutu yang dihasilkan beton akan semakin baik.

2.6 Laju Infiltrasi

Beton porous memiliki kemampuan untuk dilalui air melalui pori porinya. Kemampuan ini disebut laju infiltrasi. Uji infiltrasi ini dilakukan untuk menentukan berapa kadar air yang lolos dari permukaan beton dengan satuan mm/jam. Alat yang digunakan berupa cincin dengan diameter 300 mm, cincin ini ditempelkan ke permukaan beton dengan alat perekat supaya air yang akan dialiri tidak keluar dari samping bawah cincin tersebut.

Berdasarkan ASTM C 1701/C laju infiltrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$I = \frac{K.M}{D^2.t} \quad (2.4)$$

Dimana :

- | | | | | | |
|---|---|--------------------------|---|---|----------------------------|
| I | = | laju infiltrasi (mm/jam) | D | = | Diameter dalam cincin (mm) |
| K | = | Konstanta (4583666000) | t | = | Waktu infiltrasi (s) |
| M | = | Massa air (kg) | | | |

2.7 Kelebihan Beton Porous

Berikut adalah kelebihan yang dimiliki beton porous :

1. Ramah lingkungan
Dikatakan ramah lingkungan karena dapat meloloskan air. Dengan menggunakan beton porous, air tetap dapat meresap ke dalam tanah sehingga tidak menimbulkan banjir saat terjadi hujan deras.
2. Kebutuhan semen berkurang
Beton porous dibuat dengan sedikit atau tanpa agregat halus. Semakin sedikit pasir atau agregat halus maka semakin sedikit kebutuhan semen yang diperlukan.
3. Bobot ringan
Dengan mengurangi atau bahkan menghilangkan elemen pasir dalam beton, bobot beton jelas akan menjadi lebih ringan.
4. Susutnya yang hanya sedikit
Resiko retak yang dapat dialami beton berpori jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan beton normal karena penyusutannya yang hanya sedikit dan cepat.
5. Cara pembuatannya sederhana
Tidak perlu memperhitungkan seberapa banyak agregat halus yang perlu ditambahkan. Oleh karena itu, pembuatan beton berpori menjadi jauh lebih sederhana dan cepat dibandingkan beton biasa.
6. Tahan panas
Dibandingkan dengan bata merah beton porous cenderung lebih tahan panas.
7. Peredam suara yang baik
Dengan menggunakan beton porous efek berisik dapat lebih terminimalisir ketika kendaraan melintas.

2.8 Kekurangan Beton Porous

Berikut adalah kekurangan yang dimiliki beton porous :

1. Kuat tekan rendah

Karena bobot ringan maka kuat tekan beton porous sangat rendah sehingga aplikasi sangat terbatas.

2. Beton Porous

Karakteristik beton porous atau berpori yang dapat meloloskan air akan membuat umur beton jenis ini lebih singkat. Karena adanya pori pada beton membuat udara dan air dapat masuk dengan leluasa, membuat tulangan beton lebih mudah berkarat.