

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Dalam Penelitian yang dilakukan oleh Liga Triswasono (2017) tentang pemanfaatan limbah asbes sebagai agregat halus dengan variasi campuran beton menggunakan komposisi campuran (0%, 5%, 10%, 15%). Diperoleh kesimpulan campuran yang optimum dengan variasi campuran limbah asbes yaitu pada penambahan 5% limbah asbes. Pada penambahan variasi 5% tegangan maksimum diperoleh sebesar 19,49 MPa lebih besar dari beton normal sebesar 19,04 MPa. Penambahan limbah asbes dalam campuran beton konvensional dapat meningkatkan sifat getas berupa patahan dari beton konvensional.

Penelitian sejenis oleh Setiyo Daru Cahyono dan Rosyid Kholilur Rohman (2013) dalam penggunaan limbah asbes sebagai bahan substitusi pasir menggunakan 5 variasi yang berbeda. Penggunaan limbah asbes dengan masing-masing variasi (0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%) menghasilkan daya serap air semakin besar dan nilai kuat tekan yang semakin menurun. Pada hasil uji daya serap air penggunaan limbah asbes 0% (beton normal) menghasilkan porositas sebesar 4,55% dan kuat tekan 9,29 MPa, limbah asbes 25% dengan nilai porositas 5,03% dan kuat tekan 8,83 MPa, dan seterusnya pada penggunaan limbah asbes 50% dan 75% bertambah nilai porositas dan berkurang kuat tekannya secara konstan hingga penggunaan 100% limbah asbes dengan nilai porositas 7,41% dan kuat tekan 6,17 MPa.

Berdasarkan hasil penelitian Rachmadi Agus Yusrizal (2018), dari hasil penelitian direkomendasikan menggunakan limbah cangkang kerang sebagai substitusi agregat kasar dengan campuran limbah botol kaca sebagai bahan substitusi parsial semen, nilai dari kuat tekan beton pada umur 28 hari mengalami peningkatan terhadap beton normal. Nilai kuat tekan optimum didapat pada variasi cangkang kerang 2,5% dan limbah botol kaca 10% dengan nilai kuat tekannya sebesar 21,89 MPa dengan hasil uji kuat tekan beton normal sebesar 20,85 MPa yang artinya mengalami kenaikan sebesar 4,98%

dibandingkan beton normal. Kuat tekan dengan limbah cangkang kerang 2,5% dan limbah botol kaca 10% memiliki selisih sebesar 1,04 MPa terhadap nilai kuat tekan beton normal. Nilai kuat tekan tersebut memenuhi persyaratan sesuai dengan desain kuat tekan perkerasan kaku yaitu K-250 atau  $f'c = 20,75$  MPa dan dapat digunakan sebagai bahan perkerasan kaku pada jalan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Safrin Zuraidah, La Ode Adi S, Budi Hastono, dan Soemantoro (2014) uji kuat tekan menggunakan komposisi cangkang kerang sebesar 0 %, 1,25 %, 2,5 %, 3,75 %, dan 5 % dari berat agregat kasar. Pengetesan dilakukan pada umur 7, 21, dan 28 hari. Mutu beton yang direncanakan adalah  $f'c = 25$  MPa. Beton yang menggunakan limbah cangkang kerang dengan komposisi 1,25 % sampai dengan 5 % yang kuat tekannya secara berurutan adalah 23,59 MPa, 19,06 MPa, 18,02 MPa, 17,36 MPa, 16,61 MPa.

Penelitian sejenis yang dilakukan oleh Mufti A Sultan ST. MT, Arbain Tata ST. MT, Hatta Annur (2013) Dari hasil penelitian menunjukkan penambahan Cangkang kerang sebagai agregat kasar dengan persentase 17%, 31%, 44%, 55% ke dalam campuran beton dapat menurunkan kuat tekan beton, elastisitas beton dan kuat lentur beton. Kuat tekan Beton Normal (BN) 24,03 MPa, Beton Cangkang Kerang (BCK) 17% sebesar 10,59 MPa, BCK 31% sebesar 7,75 MPa, BCK 44% sebesar 7,13 MPa dan BCK 55% sebesar 6,85 MPa. Dari hasil penambahan Cangkang kerang sebagai agregat kasar, dapat menurunkan sifat mekanis beton.

## **2.2 Teori Beton**

### **2.2.1 Beton**

Beton merupakan sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air. Biasanya dipercayai bahwa beton mengering setelah pencampuran dan peletakan. Sebenarnya, beton tidak menjadi padat karena air menguap, tetapi semen berhidrasi, mengelem komponen lainnya bersama dan akhirnya membentuk material seperti batu. Beton digunakan untuk membuat perkerasan jalan, struktur bangunan, fondasi, jalan, jembatan penyeberangan,

struktur parkir, dasar untuk pagar/gerbang, dan semen dalam bata atau tembok blok. Nama lama untuk beton adalah batu cair. (Tri Mulyono, 2004)

Dalam perkembangannya banyak ditemukan beton baru hasil modifikasi, seperti beton ringan, beton semprot (*shotcrete*), beton fiber, beton berkekuatan tinggi, beton mampat sendiri (*self compacted concrete*), dan lain-lain. Saat ini beton merupakan bahan bangunan yang paling banyak dipakai di dunia. (Wikipedia, 2019)

### **2.2.2 Beton Segar**

Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi segregasi (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan). Pada tiap-tiap pengolahan beton segar ini sangat diperhatikan agar bahan-bahan campuran tetap kompak dan tercampur merata dalam seluruh adukan. Sifat pada beton segar perlu diketahui karena dapat mempengaruhi kualitas dari beton yang sudah mengeras. Penanganan pada waktu beton masih segar sangat diperlukan karena sifat pada beton segar sangat mempengaruhi pada beton kerasnya, dan apabila beton sudah mengeras tidak dapat dikerjakan kembali. Maka dari itu sebelum beton tersebut menjadi keras perlu dilakukan pengujian slump sehingga mendapatkan nilai penurunan slump yang benar agar pada waktu beton sudah mengeras sesuai dengan yang diharapkan.

### **2.2.3 Sifat Fisik Beton Segar**

Sifat fisik yang terdapat pada beton segar adalah kemudahan pengerjaan (*workability*), pemisahan kerikil (*segregation*), pemisahan air (*bleeding*).

#### **1. *Workability* (Kemampuan Dikerjakan)**

Kelecekan adalah kemudahan mengerjakan beton, dimana menuang dan memadatkan tidak menyebabkan munculnya efek negatif seperti berupa pemisahan kerikil (*segregation*) dan pemisahan air (*bleeding*). Beton segar yang baik terlihat dari kemudahan adukan tersebut dikerjakan (*workability*) yang mempunyai sifat :

- a. Mobilitas, yaitu kemudahan spesi beton dapat dituangkan (dialirkan) kedalam cetakan pada saat pengecoran.
- b. Kompaktibilitas, yaitu kemudahan spesi beton dipadatkan dan rongga udara dihilangkan.
- c. Stabilitas, yaitu kemampuan spesi beton untuk tetap sebagai mana yang homogen dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi segregasi dari bahan utamanya.

Untuk mengetahui seberapa besar kemudahan beton dikerjakan dengan cara menguji *slump* beton. Beton yang encer akan menghasilkan nilai *slump* yang tinggi, sebaliknya beton yang kaku akan menghasilkan nilai *slump* yang rendah.

## 2. Pemisahan agregat (*Segregasi*)

Segregasi dapat terjadi karena turunnya butiran ke bagian bawah dari beton segar, atau terpisahnya agregat kasar dari campuran, akibat cara penuangan dan pemadatan yang salah. Segregasi tidak bisa diujikan sebelumnya, hanya dapat dilihat setelah semuanya terjadi. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal, antara lain :

- a. Campuran yang terlalu basah atau terlalu kering.
- b. Ukuran partikel yang lebih besar dari 38,10 mm.
- c. Kurangnya jumlah material halus dalam campuran.
- d. Permukaan butir agregat kasar, semakin halus permukaan butir agregat kasar semakin mudah terjadi segregasi.

Untuk mengurangi kecenderungan segregasi maka usahakan air yang diberikan sedikit mungkin, adukan beton jangan dijatuhkan dengan ketinggian yang terlalu besar dan cara pengangkutan, penuangan maupun pemadatan harus mengikuti cara-cara yang benar.

## 3. Pemisahan Air (*Bleeding*)

Pemisahan air sering terjadi setelah beton dituang dalam cetakan. Karena berat jenis semen lebih dari 3 kali berat jenis air maka butir semen dalam pasta terutama yang cair cenderung turun. Pada beton yang normal dengan konsistensi yang cukup, *bleeding* terjadi secara bertahap dengan rembesan

seragam pada seluruh permukaan. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir pasir halus, yang pada saat beton mengeras akan membentuk selaput (*laitence*). Pada beton yang cukup tebal, bisa terjadi 3 lapisan horizontal, yaitu air di lapisan teratas, beton dengan kepadatan seragam, dan beton terkompresi (ada gradien makin bertambah ke bawah). *Bleeding* dapat dikurangi dengan cara :

- a. Memberi lebih banyak semen.
- b. Menggunakan air sedikit mungkin.
- c. Menggunakan pasir lebih banyak.

#### **2.2.4 Sifat Beton**

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun kuat tarik yang lemah. Untuk kuat tekan, di Indonesia sering digunakan satuan  $\text{kg/cm}^2$  dengan simbol K untuk karakteristik beton dan  $f_c$  untuk nilai mutu beton. Kuat hancur dari beton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor :

- a. Jenis dan kualitas semen.
- b. Jenis dan lekak-lekuk bidang permukaan agregat kasar. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat kasar akan menghasilkan beton dengan kuat tekan dan kuat tarik lebih besar daripada penggunaan kerikil halus dari sungai.
- c. Perawatan. Kehilangan kekuatan sampai dengan sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.
- d. Suhu. Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
- e. Umur. Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya.

#### **2.2.5 Nilai Faktor Air Semen (FAS)**

Faktor air semen (FAS) bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh kuat tekan dan modulus elastisitas beton terhadap variasi faktor air

semen dalam campuran beton. Dari variasi tersebut diperoleh kurva hubungan tegangan regangan yang memperlihatkan perbedaan pada tiap-tiap perlakuan. Sehingga, dari persamaan kurva tersebut diperoleh nilai modulus elastisitas beton.

Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan. Kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya menyebabkan mutu beton menurun. Nilai FAS minimum yang diberikan adalah 0,42 dan maksimum 0,79. Rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar partikel dalam beton sangat tergantung pada faktor air semen yang digunakan dan kehalusan butir semennya. (SNI 7656-2012)

Semakin tinggi nilai FAS (faktor air semen) pada campuran beton maka nilai kuat tekan dan modulus elastisitas akan semakin rendah. Hubungan antara kuat tekan dengan modulus elastisitas beton yaitu semakin tinggi nilai kuat tekannya, maka semakin tinggi pula modulus elastisitasnya. (Liga Triswasono, 2017)

### **2.3 Komponen Penyusun Beton Menurut SNI 7656-2012**

Pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang mempunyai kualitas baik, perhitungan proporsi campuran yang tepat. Cara pengerjaan dan perawatan yang baik dan penambahan bahan tambah yang tepat dengan kadar yang optimum yang diperlukan akan menentukan kualitas beton yang dihasilkan. Bahan pembentuk beton diantaranya adalah semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambahan.

Berdasarkan SNI 7656-2012 mengenai data dari bahan-bahan yang akan digunakan untuk penentuan proporsi campuran adalah sebagai berikut :

- a. Analisa ayak (gradasi) agregat halus dan agregat kasar
- b. Bobot isi agregat
- c. Berat jenis, penyerapan air pada agregat
- d. Air pencampur yang dibutuhkan beton berdasarkan pengalaman dengan menggunakan agregat yang ada
- e. Hubungan antara kekuatan dan rasio air semen atau rasio air terhadap semen + bahan bersifat semen lainnya
- f. Berat jenis semen atau bahan bersifat semen lainnya bila digunakan

### 2.3.1 Semen

Semen adalah zat yang digunakan untuk merekat batu, bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya. Sedangkan kata semen sendiri berasal dari *caementum* (bahasa Latin), yang artinya "*memotong menjadi bagian-bagian kecil tak beraturan*". (Warta Semen dan Beton Indonesia, 2012)

Secara sederhana, definisi semen adalah bahan perekat atau lem, yang bisa merekatkan bahan – bahan material lain seperti batu bata dan batu koral hingga bisa membentuk sebuah bangunan. Sedangkan dalam pengertian secara umum semen diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan – bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. (Bonardo Pangaribuan, Holcim)

Pada umumnya proyek (konsultan dan kontraktor) mempercayakan dan dapat menerima kontrol mutu atas material semen portland pada produsen. Tetapi bila ingin membuktikan kualitas (mutu) semen tersebut maka dapat dilakukan pengujian berat jenis semen dalam laboratorium. Menurut SNI atau standar tentang semen portland dan semen campuran, sebagai acuan pengecekan jenis dan tipe semen yang digunakan :

**Tabel 2.1** Standar Semen

No.	No.SNI	Nama
1	SNI 15-0129-2004	Semen portland putih
2	SNI 15-0302-2004	Semen portland pozolan / <i>Portland Pozzolan Cement</i> (PPC)
3	SNI 15-2049-2004	Semen portland / <i>Ordinary Portland Cement</i> (OPC)
4	SNI 15-3500-2004	Semen portland campuran
5	SNI 15-3500-2004	Semen masonry
6	SNI 15-7064-2004	Semen portland komposit

Sumber : SNI 15-2004

Bagian ini hanya akan diulas secara ringkas jenis semen portland yang digunakan untuk konstruksi beton dan adukan mortar.

a. Semen Portland (OPC = *Ordinary Portland Cement*)

Menurut SNI 15-2049-2004 Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Jenis-jenis semen portland (OPC) pada SNI 15-2049-2004 dikelompokkan berdasar penggunaannya sebagai berikut :

- Tipe I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis- jenis lain.
- Tipe II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.
- Tipe III : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- Tipe IV : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah.
- Tipe V : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi pada sulfat.

b. Semen Portland Pozolan (PPC = *Portland Pozzolan Cement*)

Menurut SNI 15-0302-2004 semen portland pozolan didefinisikan sebagai semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6% sampai dengan 40%

massa semen portland pozolan. Jenis-jenis semen portland (OPC) pada SNI 15-0302-2004 dikelompokkan berdasar penggunaannya sebagai berikut :

- IP-U : Dapat digunakan untuk semua adukan beton.
- IP-K : Dapat digunakan untuk semua adukan beton, dengan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
- P-U : Dapat digunakan untuk kebutuhan beton yang tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.
- P-K : Dapat digunakan untuk kebutuhan beton yang tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, dengan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.

Jadi semen PPC mengandung 2 unsur utama yaitu semen portland (OPC) dan pozolan (*fly ash*). Persyaratan kimia dan fisik untuk semen portland pozolan (PPC) termasuk pengujian mutunya yang harus dipenuhi masing-masing tipe ditetapkan dalam SNI 15-0302-2004.

c. Semen Portland Komposit (PCC = *Portland Composite Cement*)

Menurut SNI SNI 15-7064-2004 Semen Portland Komposit didefinisikan sebagai bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa semen portland komposit. Jadi semen PCC mengandung 3 unsur utama :

- Semen portland (OPC)
- Gips
- Bahan anorganik (bisa lebih dari 1 macam bahan anorganik seperti terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur).

d. Semen Portland Campur (SMC = *Super Masonry Cement*)

Menurut SNI 15-3500-2004 *super masonry cement* didefinisikan sebagai semen hidrolis, yang digunakan terutama dalam pekerjaan menembok dan memplester konstruksi, yang terdiri dari campuran dari semen portland atau campuran semen hidrolis dengan bahan yang bersifat menambah keplastisan (seperti batu kapur, kapur yang terhidrasi atau kapur hidrolis) bersamaan dengan bahan lain yang digunakan untuk meningkatkan satu atau lebih sifat seperti waktu pengikatan (*setting time*), kemampuan kerja (*workability*), daya simpan air (*water retention*), dan ketahanan (*durability*). Semen ini cocok digunakan untuk bahan pengikat dan direkomendasikan untuk penggunaan sebagai berikut :

- Konstruksi ringan ( $K < 225 \text{ kg/cm}^2$  atau  $f_c'$  setinggi - tingginya 20 MPa)
- Pembuatan bahan bangunan (*hollow brick*, batako, paving blok, genteng, ubin, dll).
- Pemasangan keramik, *hollow brick*, bata dll.

### 2.3.2 Parameter Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.

Parameter pemeriksaan agregat halus adalah sebagai berikut :

1. Kadar lumpur (ASTM C33) :

- maksimal 5% berat kering (beton yang mengalami abrasi)
- maksimal 7% berat kering (beton yang tidak mengalami abrasi)

2. Kandungan bahan organik (SNI 2461-2014) :

- Warna pembanding 1 & 2 dapat digunakan tanpa dicuci
- Warna pembanding 3 & 4 harus dicuci dahulu
- Warna pembanding 5 tidak boleh digunakan

3. Modulus Halus (*Fineness Modulus*) 2,3% - 3,1% (ASTM C33)

4. Kekekalan (*Soundness*) Jika di uji dengan larutan garam *Natrium Sulfat* bagian yang hancur maksimum 10 %, jika dengan garam *Magnesium Sulfat* maksimum 15 % (ASTM C33)

5. Indeks Kekerasan 2,3 (Standar pasir kuarsa Bangka)

6. Hilang pijar maksimal 5% (SNI 2461-2014)

7. Reaktifitas Alkali/*Alkali Aggregate Reaction* (ASTM C33) :

7a. Reaktifitas Alkali-Silika (ASR = *Alkali-Silica Reaction*) dengan hasil negatif untuk beton yang berkaitan dengan air / kelembaban

7b. Reaktifitas Alkali-Karbon (ACR = *Alkali-Carbonate Reaction*) dengan hasil negatif untuk beton yang berkaitan dengan air / kelembaban

Modulus halus (*Fineness Modulus*) adalah presentasi kumulatif dari butiran yang tidak lebih kecil dari 150 µm (total % butiran tertahan saringan nomor 100 atau yang lebih kasar)

**Tabel 2.2** Gradasi Pasir Berdasarkan Kategori Zona Kekasaran Pasir

Nomor Saringan Ayakan Menurut SNI	Ukuran Saringan Ayakan Menurut SNI ( mm )	% Lolos Saringan/Ayakan			
		Zona I ( Kasar )	Zona II ( Agak Kasar )	Zona III ( Agak Halus )	Zona IV ( Halus )
2	10,00	100	100	100	100
4	4,80	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
8	2,40	60 – 95	75 – 100	85 - 100	95 – 100
16	1,20	30 – 70	55 – 90	75 - 100	90 – 100
30	0,60	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 - 100
50	0,30	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 - 50
100	0,15	0 – 10	0 – 10	0 - 10	0 - 15

Sumber : *British Standard, 882:1992*

Keterangan :

Zona 1 = Pasir Kasar

Zona 2 = Pasir Agak Kasar

Zona 3 = Pasir Agak Halus

Zona 4 = Pasir Halus

### 2.3.3 Parameter Agregat Kasar

Agregat kasar berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran antara 4,75 mm sampai 37,50 mm.

Parameter pemeriksaan agregat kasar adalah sebagai berikut :

1. Kandungan bahan organik (SNI 2461-2014) :
  - Warna pembanding 1 & 2 dapat digunakan tanpa dicuci
  - Warna pembanding 3 & 4 harus dicuci dahulu
  - Warna pembanding 5 tidak boleh digunakan
2. Modulus Halus (*Fineness Modulus*) tidak lebih dari 7% (SNI 2461-2014)
3. Kekekalan (*Soundness*) Jika di uji dengan larutan garam *Natrium Sulfat* bagian yang hancur maksimum 12 %, jika dengan garam *Magnesium Sulfat* maksimum 18 % (ASTM C33)
4. Keausan (*Abration*) dengan alat Los Angeles sebanyak 100 putaran dengan 500 putaran tidak boleh lebih besar dari 20% yang tertahan di atas saringan No.12 (1,70 mm) tanpa pencucian (SNI 2417-2008)
5. Reaktifitas Alkali/*Alkali Aggregate Reaction* (ASTM C33) :
  - 5a. Reaktifitas Alkali-Silika (ASR = *Alkali-Silica Reaction*) dengan hasil negatif untuk beton yang berkaitan dengan air/kelembaban
  - 5b. Reaktifitas Alkali-Karbon (ACR = *Alkali-Carbonate Reaction*) dengan hasil negatif untuk beton yang berkaitan dengan air/kelembaban
6. Batas ukuran agregat kasar maksimum berdasar dimensi struktur yang dicor, maksimal (SNI 03-6880-2016) :
  - 1/5 dimensi terkecil struktur (lebar atau tinggi)
  - 1/3 ketebalan plat
  - 3/4 jarak bersih tulangan atau selimut beton

**Tabel 2.3** Persyaratan Batas-Batas Susunan Besar Butir Agregat Kasar

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Berat Bagian Yang Lewat Ayakan		
	Ukuran Nominal Agregat (mm)		
	38 – 4,76	19 – 4,76	9,6 – 4,76
38,10	95 – 100	100	--
19,10	37 – 70	95 – 100	100
9,60	10 – 40	30 – 60	50 – 85
4,80	0 – 5	0 – 10	0 – 10

Sumber : SNI 03-2834-2000

### 2.3.4 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan faktor yang sangat penting karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena jika kelebihan penggunaan air akan berakibat pada penurunan kekuatan beton tersebut. Sebaliknya jika kelebihan penggunaan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama sama dengan semen akan naik ke atas permukaan adukan segar yang baru dituang.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum. Penggunaan air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini, (SNI 7974:2013) :

**Tabel 2.4** Spesifikasi Air Pencampur Dalam Produksi Beton

No	Indikator	Batasan
1	Clorida sebagai Cl <sup>-</sup> , ppm	500
2	Sulfat sebagai SO <sub>4</sub> , ppm	3000
3	Alkali sebagai (Na <sub>2</sub> O + 0,658 K <sub>2</sub> O), ppm	600
4	Massa bahan padat total, ppm	50 000

Sumber : SNI 7974-2013

## 2.4 Substitusi Agregat Beton

### 2.4.1 Limbah Cangkang Kerang (Agregat Kasar)

#### A. Jenis-jenis kerang laut di Indonesia

Kerang merupakan salah satu jenis hewan bertubuh lunak. Hewan ini memiliki kulit cangkang yang keras sebagai bentuk perlindungannya. Berdasarkan jurnal academia.edu (2019) banyak sekali jenis kerang yang ada di muka bumi ini. Tetapi 12 jenis kerang berikut banyak terdapat pada lepas laut di Indonesia, diantaranya :

- **Kerang Hijau**

Binatang lunak yang sering hidup di air laut ini disebut juga dengan *green mussels* karena kulit cangkangnya yang keras ini memiliki warna kehijauan dan juga memiliki daging yang tebal serta lunak.



**Gambar 2.1** Kerang Hijau

- **Kerang Darah**

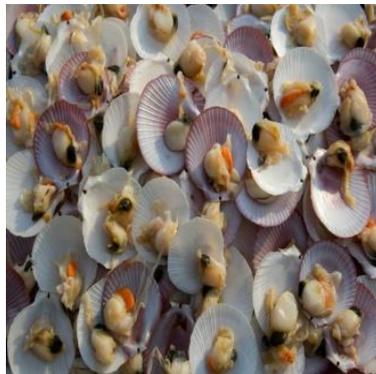
Banyak terdapat di wilayah Asia Timur dan Asia Tenggara. Disebut kerang darah karena binatang dalam anggota suku *Arcidae* ini menghasilkan hemoglobin dalam cairan yang berwarna merah yang dikeluarkannya.



**Gambar 2.2** Kerang Darah

- **Kerang Simping**

Kerang ini memiliki dua buah cangkang yang berbeda warna. Salah satu sisi kulit kerang ini berwarna putih sedang salah satunya lagi berwarna coklat kemerahan. Bentuknya bundar pipih dan dibagian engselnya rata. Dagingnya berwarna putih dan memiliki tekstur yang sangat lembut.



**Gambar 2.3** Kerang Simping

- **Kerang Tahu**

Kerang tahu memiliki kulit keras dengan tekstur yang licin dengan guratan-guratan hitam keabu-abuan. Warna daging kerang yang putih seperti tahu inilah yang menjadikannya disebut kerang tahu.



**Gambar 2.4** Kerang Tahu

- **Kerang Bambu**

Jenis kerang ini disebut dengan kerang bambu karena memang kulit cangkangnya yang menyerupai bentuk satu ruas bambu. Biasanya kerang ini memiliki ukuran sebesar jari telunjuk orang dewasa. Jika dibuka persis dengan bambu yang dibelah. Dagingnya memanjang memenuhi ruang dalam cangkangnya.



**Gambar 2.5** Kerang Bambu

- **Kerang Kijing**

Kerang kijing atau dalam bahasa melayu disebut dengan remis. Walaupun bentuknya mirip dengan kerang hijau tetapi kijing hidup di air tawar. Dalam endapan sungai berpasir kijing ini biasanya hidup. Serta cangkang kerang ini berwarna coklat gelap seperti lumpur.



**Gambar 2.6** Kerang Kijing

- **Kerang Kampak**

Kerang kampak atau *scallop* lebih mirip dengan kerang simping. Namun kulit kerang kampak tak setipis kerang simping. Tekstur kulitnya pun tak sehalus kulit kerang simping. Kulit kerang lampak lebih tebal dan kasar atau bermotif. Karena bentuk yang menyerupai kampak sehingga kerang ini disebut sebagai kerang kampak.



**Gambar 2.7** Kerang Kampak

- **Kerang Nenek**

Tak seperti kerang yang lain jenis kerang ini memiliki bentuk yang unik. Bentuknya seperti siput dengan cangkang panjang dan runcing dibagian belakang atau ujungnya. Untuk membersihkannya bagian ujung atau yang runcing inilah yang dipotong untuk mengeluarkan kotorannya.



**Gambar 2.8** Kerang Nenek

- **Kerang Macan**

Kerang ini sangat mudah dikenali. Dari motif kulit cangkangnya yang menyerupai kulit macan tutul inilah mengapa jenis kerang ini dinamai kerang macan.



**Gambar 2.9** Kerang Macan

- **Kerang Tiram**

Adalah sekelompok kerang-kerangan dengan kulit cangkang pipih dan berkapur. Kerang yang juga disebut dengan *oyster* ini memiliki tekstur daging kerang yang lembut. Serta memiliki kadar kalsium yang tinggi.



**Gambar 2.10** Kerang Tiram

- **Kerang Bulu**

Bentuknya lebih mirip dengan kerang darah hanya saja kerang ini memiliki bulu halus disekitar cangkangnya. Sebelum merebus jenis kerang ini sebaiknya dicuci terlebih dahulu dan bilas beberapa kali untuk menghindari air rebusannya kotor dari bulu-bulunya. Jika air perebusnya kotor dapat diulang atau dibilas kembali.



**Gambar 2.11** Kerang Bulu

- **Kerang Gonggong**

Bentuk cangkangnya akan mengingatkan kita dengan alat tiup dari kulit kerang namun hanya saja ukurannya lebih kecil. Kerang ini banyak terdapat di Batam dan kepulauan Riau. Teksturnya kerang gonggong ini sedikit kenyal.



**Gambar 2.12** Kerang Gonggong

**B. Limbah Cangkang Kerang Darah**

Pada penelitian ini penulis menggunakan limbah dari cangkang kerang darah yang dimanfaatkan sebagai agregat kasar yang dipilih dengan melalui proses lolos ayakan ukuran nominal 38,10 mm – 4,80 mm. Cangkang kerang darah juga memiliki permukaan kulit yang kasar sehingga dapat mengikat campuran spesi beton dengan baik. Selain itu menurut Ilham Ahmad (2017) kandungan kapur di dalamnya berupa kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dapat mengurangi kandungan ion logam dalam air. Pemanfaatan limbah cangkang kerang darah dari sekian banyak potensi kerang yang dihasilkan di Indonesia, kebanyakan masyarakat hanya memanfaatkan daging kerang saja, sedangkan cangkang kerang belum dimanfaatkan secara optimal. Hal ini menimbulkan permasalahan berupa sampah cangkang kerang darah yang menumpuk di daerah pesisir pantai. Pemanfaatan cangkang kerang darah oleh masyarakat digunakan sebagai bahan kebutuhan sehari-hari ;

- Cermin berbingkai datar
- Manik – manik
- Hiasan dinding
- Makanan hasil laut

#### **2.4.2 Limbah Asbes (Agregat Halus)**

Asbes merupakan serat mineral silika yang bersifat fleksibel, tahan lama dan tidak mudah terbakar. Asbes banyak digunakan sebagai isolator panas, pada pipa saluran pembuangan limbah rumah tangga, dan bahan material atap rumah. Jika ikatan asbes dalam senyawanya lepas, maka serat asbes akan masuk ke udara dan bertahan dalam waktu yang lama. (Arief Rustandi, 2011)

Menurut Mukhlis Akhadi (2004) asbestos adalah nama perdagangan dari mineral tertentu yang dapat dipisahkan dari serat-serat dan tidak dapat dibakar. Mineral ini demikian panjang dan halus sehingga dapat dipintal. Asbes terjadi karena proses metamorfose (proses serpentinisasi) batuan yang bersifat basa atau ultra basa. Berdasarkan komposisi dan sifatnya, asbes dibagi menjadi 2 kelompok yaitu :

1. Asbes serpenti

Jenis ini dapat dipintal, yang termasuk golongan ini antara lain mineral krisotil ( $3\text{Mg} + 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ) serat lemas dan halus seperti sutera, warna putih dan panjang serat sekitar 4-5 inchi. Dalam jumlah satu ton bahan ini dapat dipintal sampai 10.000 meter, dan jika dipanaskan dapat bertahan hingga  $2760\text{ }^\circ\text{C}$ .

2. Asbes amfibol

Jenis ini sulit untuk dipintal, yang termasuk golongan ini antara lain mineral antofilit ( $\text{Fe, Mg}$ )  $\text{SiO}_3$  terdapat sebagai gumpalan serat pendek dan gelas. Panjang serat 4-5 inchi, bila dipanaskan dapat bertahan hingga  $2760\text{ }^\circ\text{C}$ . Antofilit selain didapat di alam, dapat pula dibuat dengan memanaskan magnesium metasilikat yang jauh lebih tinggi dari pada titik lelehnya dan kemudian dengan cepat didinginkan.

Perbedaan dalam serat asbes selain karena panjang seratnya berlainan, juga karena sifatnya yang berbeda. Satu jenis serat asbes pada umumnya dapat dimanfaatkan untuk beberapa penggunaan yaitu dari serat yang berukuran panjang hingga yang halus. Pembagian atas dasar dapat atau tidaknya serat asbes dipintal adalah :

- a. Serat asbes yang dipintal, digunakan untuk :
    - Kopling, tirai dan layar, gasket, sarung tangan, kantong-kantong asbes, pelapis ketel uap, pelapis dinding, pemadam kebakaran, pelapis rem, ban mobil, bahan tekstil asbes, dan lain-lain.
    - Alat pemadam api, benang asbes, pita, tali alat penyambung pipa uap, alat listrik, alat kimia, gasket, keperluan laboratorium, dan pelilit kawat listrik.
  - b. Serabut yang tidak dapat dipintal terdiri atas :
    - Semen asbes untuk pelapis tanur dan ketel serta pipanya, dinding, lantai, alat-alat kimia, dan listrik.
    - Asbes untuk atap
    - Kertas asbes untuk lantai dan atap, penutup pipa isolator-isolator panas dan listrik
    - Dinding-dinding asbes untuk rumah dan pabrik, macam-macam isolasi, gasket, ketel, dan tanur.
    - Macam-macam bahan campuran lain yang menggunakan asbes sangat halus dan kebanyakan asbes sebagai bubuk.
3. Penggolongan asbes berdasarkan kandungan kimia di dalamnya :
- 1) Golongan serpenti mengandung *mineralchrysotile* ( $Mg_6(OH)_4Si_3O_8$ ). Terbentuk dari batuan ultrabasa yang kaya magnesia (penting dalam industri pertekstilan).
  - 2) Golongan amfibol, mengandung mineral :
    - a. *crocidolite* ( $Na_2Fe_5((OH)Si_4O_{11})_2$ )
    - b. *amosite* ( $(Mg, Fe) (OH) Si_4O_{11})_2$ , terbentuk karena proses metamorfosa kontak dari sedimen silika besi.
  - 3) *Anthophyllite* ( $(MgFe)_7 ((OH)Si_4O_{11})_2$ ) terbentuk dalam proses lensa amphobole dan berasal dari mineral serpentine ultrabasa dengan komposisi dunite.
  - 4) *Tremolite* ( $Ca_2(Mg, Fe)_5((OH)Si_4O_{11})_2$ ) ditemukan dalam batuan beku tipe epimagnetik dapat juga dalam batu gamping kristalin dan dolomit termetamorf.

- 5) *Actinolite* ( $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5(\text{OH})\text{Si}_4\text{O}_{11}$ )<sub>2</sub> terbentuk dalam temperatur relatif rendah dalam kristal skist, dalam batuan beku karena metamorfisme, hydrothermal.

## 2.5 *Mix Design* “Tata Cara Pembuatan Beton Normal SNI 7656-2012”

Sebelum masuk ke *mix design* terlebih dahulu melakukan pengujian bahan khususnya agregat kasar dan agregat halus, yang nantinya hasil dari pengujian tersebut akan dimasukkan kedalam *mix design*. *Mix design* untuk beton normal pada penelitian ini berdasarkan “Tata Cara Pemilihan Campuran Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa” mengacu pada SNI 7656 - 2012. Spesifikasi/persyaratan beton yang akan diproduksi dapat didasarkan sebagian atau seluruh dari ketentuan berikut ini :

a. Rasio air-semen :

Rasio w/c atau  $w/(c+p)$  yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga oleh beberapa faktor diantaranya oleh keawetan. Penentuan pemilihan rasio air semen dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut :

**Tabel 2.5** Hubungan Antara Rasio Air - Semen (w/c) atau Rasio Air - Bahan Bersifat Semen  $\{w/(c=p)\}$  dan Kekuatan Beton

No.	Kekuatan beton umur 28 hari (MPa)	Rasio air semen	
		Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
1	15	0,79	0,70
2	20	0,69	0,60
3	25	0,61	0,52
4	30	0,54	0,45
5	35	0,47	0,39
6	40	0,42	-

Sumber : SNI 7656 – 2012

b. Kadar semen minimum

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan pada tabel 2.5 Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampur dibagi rasio air semen.

c. Kadar udara

Kandungan udara beton mempengaruhi kekuatan beton dan kecepatan pembekuan dari beton tersebut. Banyaknya kandungan udara yang diperlukan tergantung dari penggunaan beton yang dikehendaki, sehingga dengan pemeriksaan dapat kita ketahui apakah udara yang terkandung dalam beton masih dalam batas – batas persyaratanyang diizinkan. Banyaknya kadar udara pada beton dapat dilihat pada tabel 2.6 di bawah ini :

**Tabel 2.6** Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur dan Kadar Udara Untuk Berbagai *Slump* dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah

Air (kg/m <sup>3</sup> ) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
<i>Slump test</i> (mm)	9,5 (mm)	12,7 (mm)	19 (mm)	25 (mm)	37,5 (mm)	50 (mm)	75 (mm)	150 (mm)
<b>Beton tanpa tambahan udara</b>								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	179	160	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
Banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
<b>Beton dengan tambahan udara</b>								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan : ringan (%)	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Berat (%)	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Sumber : SNI 7656 – 2012

d. *Slump*

*Slump* Ukuran nominal agregat kasar maksimum dengan gradasi yang baik memiliki rongga udara yang lebih sedikit dibandingkan dengan agregat berukuran lebih kecil.

e. Ukuran besar butir agregat maksimum

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume dapat dilihat pada tabel 2.7 :

**Tabel 2.7** Volume Agregat Kasar per Satuan Volume Beton

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,0
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19,0	0,66	0,64	0,62	0,60
25,0	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50,0	0,78	0,76	0,74	0,72
75,0	0,82	0,80	0,78	0,76
150,0	0,87	0,85	0,83	0,81

Sumber : SNI 7656 – 2012

f. Perkiraan Kadar Agregat Halus

seluruh komponen bahan dari beton sudah dapat diperkirakan, kecuali agregat halus. Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metoda berdasarkan berat atau metoda berdasarkan volume absolut. Perkiraan kadar agregat pasir dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut :

**Tabel 2.8** Perkiraan Awal Berat Beton Segar

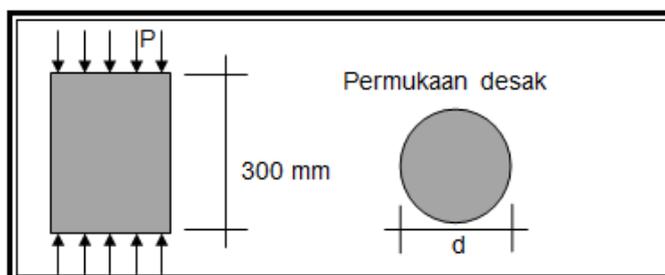
Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Perkiraan awal berat beton (kg/m <sup>3</sup> )	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19,0	2345	2275
25,0	2380	2290
37,5	2410	2320
50,0	2445	2345
75,0	2490	2405
150,0	2530	2435

Sumber : SNI 7656-2012

## 2.6 Pengujian Beton

### 2.6.1 Kuat Tekan Beton Menurut SNI 1974-2011

Perlu catatan bahwa nilai  $f_c'$  yang berarti nilai dari mutu beton tersebut yang diketahui dengan nilai satuan MPa (N/mm<sup>2</sup>) jika diketahui nilai K yang berarti karakteristik dari beton tersebut dengan nilai satuan Kg/cm<sup>2</sup>, maka kuat tekan perlu dikonversi. Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm, diameter 150 mm. Kuat tekan beton untuk benda uji dimensi yang berbeda dapat diperoleh dengan mengkonversikan hasil kali yang telah tersedia pada SNI 1974-2011.



**Gambar 2.13** Pengetesan Kuat Tekan Benda Uji Beton

Pengujian kuat tekan beton mengacu ke standar SNI 1974-2011 dikarenakan pengujian pada skala laboratorium (masih berupa benda uji) dan penggunaan peralatan yang sederhana, yang dilakukan pada umur beton 7, 14 dan 28 hari, langkah pelaksanaan uji kuat tekan menurut SNI 1974-2011 adalah :

1. Uji tekan benda uji yang dirawat lembab harus dilakukan sesegera mungkin setelah pemindahan dari tempat perendaman. Benda uji harus dipertahankan dalam kondisi lembab dengan cara yang dipilih selama periode antara pemindahan pemindahan dari tempat perendaman dan pengujian. Benda uji harus diuji dalam kondisi lembab pada temperatur ruang.
2. Persamaan yang digunakan dalam menentukan nilai kuat tekan beton adalah :

Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f_c' = P/A$$

Dimana :

$P$  = gaya maksimum dari mesin tekan, (N)

$A$  = luas penampang yang diberi tekanan, (mm<sup>2</sup>)

$f_c'$  = kuat tekan, (N/mm<sup>2</sup>)

Beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75% volume beton. Oleh karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah :

- a. permukaan dan bentuk agregat
- b. gradasi agregat, dan
- c. ukuran maksimum agregat

## 2.6.2 Keleccakan (*Slump Test*) Menurut Metode SNI 1972-2008

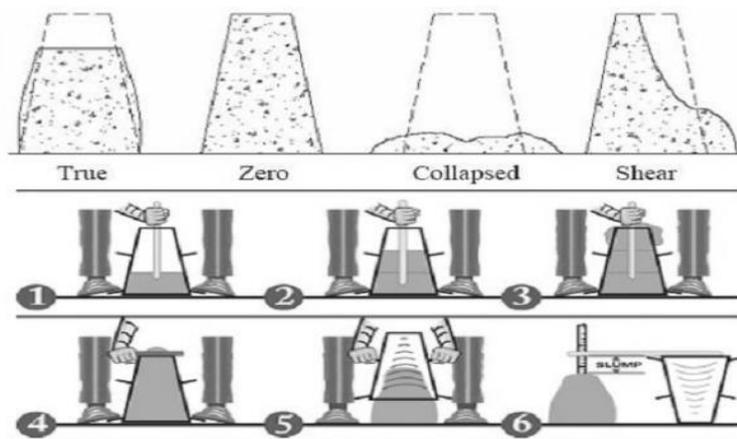
Metode pengujian *slump*, bertujuan untuk menyediakan langkah kerja bagi pengguna untuk menentukan *slump* dari beton semen hidrolis plastis. Hasil uji digunakan dalam pekerjaan, perencanaan campuran beton dan pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembetonan. Cara uji meliputi penentuan nilai *slump* beton, baik di laboratorium maupun di lapangan. Salah satu contoh, campuran beton segar dimasukkan kedalam sebuah cetakan bentuk kerucut terpancung dan dipadatkan dengan batang penusuk. Cetakan diangkat dan beton dibiarkan sampai terjadi penurunan pada permukaan bagian atas beton. Jarak antara posisi permukaan semula dan posisi setelah penurunan pada pusat permukaan atas beton diukur kemudian dilaporkan sebagai nilai *slump* beton. Pengukuran *Slump* berdasarkan peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut :

### a. Kerucut Abrams :

1. Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan di bawah terbuka
2. Diameter atas 102 mm
3. Diameter bawah 203 mm
4. Tebal plat minimal 1,5 mm

### b. Bentang besi penusuk :

1. Diameter 16 mm
2. Panjang 60 cm
3. Memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan diameter 16mm



**Gambar 2.14** Uji Keleccakan (*Slump Test*)

**Tabel 2.9** Kategori Nilai *Slump*

<b>Description of workability</b>	<b>Slump (mm)</b>	<b>Slump (in)</b>
No Slump	0	0
Very Low	5 – 10	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$
Low	15 – 30	$\frac{3}{4} - 1\frac{1}{4}$
Medium	35 – 75	$1\frac{1}{2} - 3$
High	80 – 155	$3\frac{1}{4} - 6$
Very High	160 to collapse	$6\frac{1}{4}$ to collapse

Sumber : Buku Referensi "Properties of Concrete" oleh AM Neville

Air yang diperlukan (%) adalah menggunakan air yang sesuai dengan kategori nilai slump pada beton dan disesuaikan dengan persentase air yang diperlukan dalam pembuatan beton tersebut.

### 2.6.3 Absorpsi Beton

Pengujian absorpsi berdasarkan pada SNI 1969-2008. Metode pengujian kerapatan, penyerapan, dan rongga dalam beton yang telah mengeras. Dengan cara beton dimasukkan ke dalam oven kurang lebih suhu 100°C sampai 110°C selama tidak kurang dari 24 jam. Dinginkan beton dalam suhu ruangan lalu setelah itu timbang. Langkah selanjutnya adalah merendam beton selama tidak kurang dari 48 jam dalam air bersih dan aman. Langkah terakhir yaitu angkat beton setelah perendaman, bersihkan permukaan beton dengan kain kemudian timbang beratnya. Perbandingan berat awal saat seusai oven dan setelah perendaman adalah hasil absorpsi. Perhitungan nilai *absorpsi* beton yang sudah dilakukan perawatan selama waktu yang telah ditentukan dengan metode perawatan yang berbeda adalah :

$$Absorpsi = \frac{B-A}{A} \times 100\%$$

Dimana :

A = Berat Beton Dalam Keadaan Kering

B = Berat Beton Dalam Keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*)

#### **2.6.4 Kadar Garam Cangkang Kerang Darah**

Penggunaan air untuk beton sebaiknya tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (garam)  $\leq 500$  ppm (SNI 7974:2013). Maka untuk mengetahui kadar garam dari cangkang kerang darah dengan cara pengujian kadar garam. Berikut ini adalah beberapa metode pengujian kadar garam menurut (Petunjuk Praktikum Kimia – Laboratorium Kimia STT-PLN, 2008) :

a) Penyaringan (Filtrasi)

Proses pemisahan zat padat dari campuran zat cairnya melalui media kertas berpori, dimana zat padat tidak bisa melewati pori-pori kertas sedangkan zat cair bisa lolos. Penyaringan merupakan metode pemurnian cairan dan larutan yang paling mendasar. Penyaringan tidak hanya digunakan dalam skala kecil di laboratorium tetapi juga di skala besar pemurnian air.

b) Dekantasi

Proses pemisahan zat padat dari zat cair yang saling tidak larut (pada temperatur tertentu) dengan cara menuangkan zat cairnya, sehingga akibatnya cairan tersebut akan terpisah dari zat padat yang tercampur. Dekantasi ini digunakan apabila kedua zat yang bercampur ini sudah terpisah sendiri, padat di bawah cair.

#### **2.6.5 Keausan Agregat (Abrasi Los Angeles) Menurut SNI 2417-2008**

Ketahanan agregat terhadap keausan akibat pengikisan dapat diketahui melalui percobaan laboratorium dengan menggunakan mesin Los Angeles. Hasil pengujian antara 100 putaran dengan 500 putaran tidak boleh lebih besar dari 20% yang tertahan di atas saringan No.12 (1,70 mm) tanpa pencucian.

Pada konstruksi pekerjaan jalan, penggunaan agregat yang tidak memenuhi syarat keausan akan mengakibatkan terganggunya kestabilan konstruksi perkerasan, terganggunya pelekatan aspal terhadap agregat. Uji keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles dapat dilakukan dengan 500 putaran dengan kecepatan 30-33 rpm. Abrasi Los Angeles merupakan salah satu mesin untuk pengujian keausan / abrasi agregat kasar, fungsinya adalah kemampuan agregat untuk menahan gesekan, dihitung berdasarkan kehancuran agregat tersebut yaitu dengan cara mengayak agregat dalam

ayakan nomor 12 (1,70 mm). Sebelum melakukan pengujian keausan / abrasi harus melakukan analisa ayak terlebih dahulu untuk mengetahui gradasi agregat yang paling banyak, apakah termasuk kedalam tipe A, B, C, atau D dan dapat menentukan banyaknya bola baja yang akan digunakan dapat dilihat pada *Grading of Test Sample* pada tabel 2.10 berikut :

**Tabel 2.10 Grading of Test Sample**

Ukuran saringan				Gradasi dan berat benda uji ( gram)						
Lolos Saringan		Tertahan Saringan		A	B	C	D	E	F	G
mm	inci	mm	Inci							
75	3,0	63	2 1/2	-	-	-	-	2500±50	-	-
63	2 1/2	50	2,0	-	-	-	-	2500 ± 50	-	-
50	2,0	37,5	1 1/2	-	-	-	-	5000 ± 50	5000 ± 50	-
37,5	1 1/2	25	1	1250± 25	-	-	---	-	5000 ± 25	5000 ± 25
25	1	19	3/4	1250±25	-	-	-	-	-	5000 ± 25
19	3/4	12,5	1/2	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
12,5	1/2	9,5	3/8	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
9,5	3/8	6,3	¼	-	-	2500±10	-	-	-	-
6,3	1/4	4,75	No.4	-	-	2500±10	2500±10	-	-	-
4,75	No. 4	2,36	No. 8	-	-	-	2500±10	-	-	-
Total				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±10	10000±10	10000±10
Jumlah bola				12	11	8	6	12	12	12
Berat bola (gram)				5000±25	4584±25	3330±20	2500±15	5000±25	5000±25	5000±25

Sumber : SNI 2417-2008

### 2.6.6 Kadar Organik Dalam Agregat Halus

Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik seperti sisa-sisa tanaman atau humus umumnya tercampur pada pasir alam. Zat organik yang tercampur dapat membuat asam-asam organik dan zat lain bereaksi dengan semen yang sedang mengeras. Hal ini dapat mengakibatkan berkurangnya kekuatan beton dan juga menghambat hidrasi semen sehingga proses pengerasan berlangsung lambat. Sehingga harus dibuktikan dengan percobaan larutan jenuh NaOH 3% dan hasil uji dapat dilakukan pengecekan warna dengan indikator universal.

**Tabel 2.11** Tabel Indikator Universal

No.	Rentang Ph	Warna	Keterangan
1	< 3	Merah	Asam Kuat
2	3-6	Jingga / Kuning	Asam Lemah
3	7	Hijau	Netral
4	8-11	Biru	Basa Lemah
5	> 11	Ungu / Violet	Basa Kuat

Sumber : Wikipedia, 2018

### 2.6.7 Kandungan Lumpur Dalam Pasir

Pasir adalah endapan butiran-butiran mineral yang lolos ayakan 4,8 mm dan tertinggal di atas ayakan 0,75 mm. Di dalam pasir juga masih terdapat kandungan-kandungan mineral yang lain seperti tanah dan silt. Pasir yang digunakan untuk bahan bangunan harus memenuhi syarat yang telah ditentukan dalam ASTM C33 . Pasir yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan, jika kandungan lumpur di dalamnya tidak lebih dari 5%.

### 2.6.8 Kandungan Lumpur Dalam Kerikil

Tanah liat dan lumpur yang sering terdapat dalam agregat, berbentuk gumpalan atau lapisan yang menutupi lapisan butiran agregat. Tanah liat dan lumpur pada permukaan butiran agregat akan mengurangi kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga dapat mengurangi kekuatan dan ketahanan beton. Lumpur dan debu halus hasil pemecah batu adalah partikel berukuran 0,0075 mm. Adanya lumpur dan tanah liat menyebabkan bertambahnya air pengaduk yang diperlukan dalam pembuatan beton, disamping itu pula akan menyebabkan berkurangnya ikatan antara pasta semen dengan agregat sehingga akan menyebabkan turunnya kekuatan beton yang bersangkutan serta menambah penyusutan.

### **2.6.9 Kadar Air Agregat Kasar dan Halus**

Air yang terdapat dalam agregat perlu diketahui jumlah air yang diperlukan pada suatu agregat dapat mengetahui berat satuan agregat air di dalam kondisi pori. Kondisi tersebut antara lain :

1. Kering tungku, benar-benar tidak terisi air, ini berarti agregat dapat menyerap air lebih banyak
2. Kering udara, agregat kering permukaan tetapi mengandung sedikit air permukaan
3. Jenuh kering muka (SSD), tidak ada air di permukaan butir tetapi pori-pori berisi penuh air
4. Basah, agregat mengandung banyak air permukaan dan di dalam porinya

Keadaan di atas perlu diperhatikan agar penambahan air di permukaan dan perbandingan campuran dalam beton benar-benar pas, untuk campuran adukan sebaiknya agregat jenuh air digunakan agar air dalam agregat tidak bertambah (mengurangi jumlah air) dalam campuran beton.