

## **Bab III Metodologi**

### **III.1 Subjek & Objek Penelitian**

#### 1. Subjek

Subjek penelitian adalah sumber informasi yang menjadi data dari sebuah penelitian (Hardani dkk., 2020). Subjek penelitian dalam proyek akhir ini adalah kuat tekan beton yang dihasilkan dari substitusi agregat halus dengan cangkang kerang yang dihaluskan.

#### 2. Objek

Objek penelitian adalah permasalahan yang diangkat dalam penelitian (Hardani dkk., 2020). Objek penelitian dalam proyek akhir ini adalah cangkang *Pinctada maxima* atau kerang mutiara yang dihaluskan sebagai substitusi agregat halus dalam campuran beton.

### **III.2 Desain Penelitian**

Dalam melakukan sebuah penelitian pertanyaan penelitian harus terjawab hingga mencapai tujuan yang dikehendaki. Agar mencapai tujuan tersebut diperlukan strategi penelitian sehingga penelitian dapat tercapai. Ada berbagai macam strategi penelitian yaitu eksperimen, survei, analisis, historis, dan studi kasus. Strategi penelitian yang digunakan harus sesuai dengan penelitian agar mendapatkan hasil yang diinginkan.

Strategi penelitian adalah metode atau pendekatan yang digunakan dalam mencari jawaban dengan mempertimbangkan tiga hal (Yin, 2009), yaitu:

1. Jenis pertanyaan dalam penelitian.
2. Kendali permasalahan berupa subjek penelitian dalam bentuk asalnya.
3. Fokus terhadap peristiwa yang sedang berjalan.

Untuk menentukan strategi yang baik dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel III.1 dengan menyesuaikan jenis pertanyaan yang digunakan.

Tabel III.1 Pemilihan Strategi Penelitian

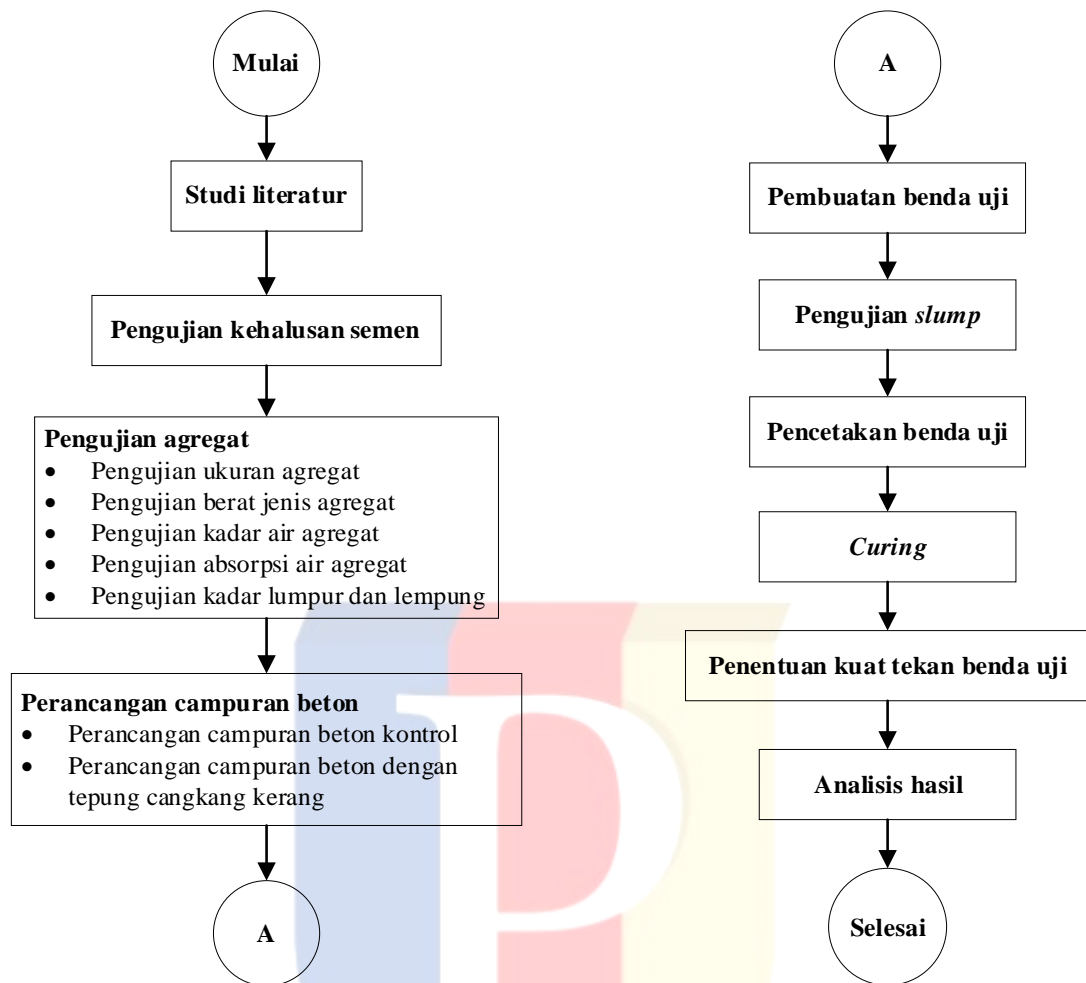
<b>Strategi</b>	<b>Jenis Pertanyaan</b>	<b>Kendali untuk Permasalahan</b>	<b>Fokus Terhadap Peristiwa yang Sedang Berjalan</b>
Eksperimen	Bagaimana, Mengapa	Ya	Tidak
Survei	Siapa, Apa, Dimana, Berapa Banyak, Berapa Besar	Tidak	Ya
Analisis	Siapa, Apa, Dimana, Berapa Banyak, Berapa Besar	Tidak	Ya / Tidak
Historis	Bagaimana, Mengapa	Tidak	Tidak
Studi Kasus	Bagaimana, Mengapa	Tidak	Ya

(Sumber: Yin, 2009)

Setelah mengetahui strategi penelitian berdasarkan Tabel III.1, selanjutnya disesuaikan dengan pertanyaan penelitian yaitu bagaimana pengaruh penggunaan cangkang kerang sebagai pengganti agregat halus dalam pembuatan beton. Dari pertanyaan penelitian dan Tabel III.1 tentang pemilihan strategi penelitian, strategi yang digunakan adalah eksperimen.

### III.3 Tahap penelitian

Penelitian yang dilakukan terdiri dari 11 tahap yaitu studi literatur, pengujian kehalusan semen, pengujian agregat, perancangan campuran beton, pembuatan benda uji, pengujian *slump*, pencetakan benda uji, perawatan atau *curing*, penentuan kuat tekan benda uji, dan diakhiri dengan analisa hasil. Untuk pengujian ukuran agregat halus cangkang kerang atau *sieve analysis* akan dilakukan pada tahap pengujian agregat. Alur penelitian yang terdiri dari 11 tahap tersebut digambarkan seperti pada Gambar III.1.



Gambar III.1 Tahap Penelitian Benda Uji Beton Laboratorium  
(Sumber: Olahan Pribadi)

#### III.4 Pengujian Kehalusan Semen (SNI 15-2530-1991)

Pengujian kehalusan semen merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi kecepatan reaksi antara partikel semen dengan air. Persyaratan kehalusan semen adalah berat tertahan di atas saringan No. 100 sebesar 0% dan saringan No. 200 maksimum 10%. Kehalusan semen dapat dihitung dengan persamaan:

$$F = \frac{A}{B} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

keterangan:

A = Berat benda uji tertahan pada masing-masing saringan

B = Berat benda uji semula

F = Kehalusan semen (%)

Pengujian kehalusan semen dilakukan dengan bahan Semen *Portland* dan peralatan seperti:

1. Saringan No. 100 dan No. 200 sesuai dengan standar ASTM.
2. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat uji.

Prosedur pengujian kehalusan semen sebagai berikut:

1. Menyusun saringan dengan urutan No. 100, No. 200, dan *Pan* (diletakkan paling bawah)
2. Menimbang benda uji sebanyak 50 gram dan masukkan ke dalam susunan saringan.
3. Menggoyang saringan secara perlahan-lahan sehingga bagian benda uji yang tertahan kelihatan bebas dari partikel-partikel halus (dilakukan selama 3 sampai 4 menit).
4. Menutup saringan dan melepas *pan*, mengetok saringan perlahan-lahan supaya abu yang menempel terlepas dari saringan.
5. Membersihkan sisi bagian bawah saringan dengan kuas, mengosongkan *pan* dan membersihkan dengan kain, kemudian memasang kembali.
6. Mengambil tutup saringan dengan hati-hati, mengembalikan ke dalam saringan bila ada partikel kasar yang menempel pada tutup.
7. Melanjutkan penyaringan dengan menggoyang-goyangkan saringan perlahan-lahan selama 9 menit.
8. Menutup saringan dan lanjutkan penyaringan lagi selama 1 menit dengan cara menggerakkan saringan ke depan dan bekerja dengan posisi sedikit dimiringkan. Kecepatan gerakan kira-kira 150 kali per menit, setiap 25 gerakan, memutar saringan kira-kira 60°. Pekerjaan ini dilakukan di atas kertas putih, bila ada partikel yang keluar dari saringan dan ataupun serta tertampung di atas kertas, maka harus dikembalikan ke dalam saringan.

Pekerjaan penyaringan dihentikan setelah benda uji tidak lebih dari 0,05 gram lewat saringan dalam waktu penyaringan selama 1 menit.

9. Menimbang benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan No. 100 dan No. 200, kemudian menghitung dan menyatakan dalam persentase berat terhadap berat benda uji semula.

### III.5 Pengujian Agregat

Pengujian agregat dibagi jadi 4 yaitu pengujian ukuran agregat, pengujian berat jenis agregat, pengujian kadar air agregat, dan pengujian kadar lumpur dan lempung agregat kasar. Pengujian tersebut dilakukan untuk memeriksa kelayakan agregat dan banyaknya campuran bahan pembentuk material beton.

Pengujian ukuran agregat dengan analisa saringan dilakukan untuk menentukan pembagian butir agregat halus dan kasar memenuhi syarat. Terdapat 2 jenis agregat yaitu agregat halus dan agregat kasar, dan masing-masing agregat mempunyai persyaratan yang berbeda. Agregat halus adalah material yang mempunyai ukuran kurang dari 4,75 mm atau lolos saringan No. 4 dan agregat kasar adalah material yang mempunyai ukuran lebih dari 4,75 mm atau yang tertahan saringan No. 4 (ASTM C33). Berikut adalah cara untuk menghitung modulus kehalusan agregat:

$$M = \frac{\sum T\%}{100} \dots\dots\dots(3.2)$$

keterangan:

$\sum T\%$  = Total jumlah persentase berat tertahan

Pengujian ukuran agregat memerlukan bahan yaitu agregat yang diuji dan peralatan (SNI 03-1968-1990) seperti:

1. Timbangan dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.
2. Oven.
3. Mesin penggetar saringan.
4. Kuas, sikat kuning, sendok, dan alat-alat lainnya.

5. Saringan 3/8 inci, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, dan No. 200 untuk agregat halus dan saringan 1/2 inci, 3/8 inci, No. 4, No. 8, dan No. 16 untuk agregat kasar.

Prosedur pengujian ukuran agregat (SNI 03-1968-1990), sebagai berikut:

1. Mengeringkan benda uji dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  selama 24 jam.
2. Membersihkan saringan dan timbang satu per satu.
3. Menyusun saringan di mulai dari saringan yang paling besar dan diakhiri dengan memasang *pan*.
4. Mencurahkan benda uji pada saringan lalu guncangkan dengan mesin penggetar saringan selama 15 menit.
5. Menimbang kembali agregat.
6. Menghitung persentase berat agregat pada masing-masing saringan terhadap berat total benda uji setelah disaring.

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Pengujian berat jenis agregat pada umumnya digunakan dalam menghitung volume yang ditempati oleh agregat berbagai campuran yang termasuk dengan semen, beton aspal dan campuran lain. Berikut adalah cara untuk menghitung berat jenis untuk agregat:

$$\text{Berat jenis} = \frac{(W_1 - W_2)}{V} \dots \dots \dots (3.3)$$

keterangan:

$W_1$  = Berat agregat kasar yang diuji dengan wadah

$W_2$  = Berat wadah

$V$  = Volume wadah

Prosedur pengujian berat jenis agregat (SNI 1969-2008), sebagai berikut:

1. Menimbang berat wadah yang telah diketahui volumenya.
2. Memasukkan agregat ke dalam wadah kurang lebih sepertiga lalu ditusuk dengan batang pemadat sebanyak 25 kali.

3. Mengulangi tahap kedua (2) hingga penuh.
4. Meletakkan wadah di atas mesin penggetar.
5. Menghidupkan mesin penggetar selama 5 menit.
6. Mengisi kembali permukaan agregat yang berlubang.
7. Menimbang berat wadah bersama benda uji.

Pengujian kadar air agregat dilakukan untuk mengetahui keperluan air dalam membuat material beton yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Kadar air pada agregat dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{(W_3 - W_5)}{W_3} \times 100\% \dots \dots \dots (3.4)$$

keterangan:

$W_3$  = Berat benda uji sebelum dikeringkan

$W_5$  = Berat benda uji kering

Pengujian tersebut dilakukan dengan bahan agregat yang diuji dan peralatan seperti:

1. Cawan/wadah
2. Oven
3. Timbangan dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.

Prosedur pengujian kadar air pada agregat (SNI 03-1971-1990), sebagai berikut:

1. Menimbang berat cawan/wadah.
2. Memasukkan benda uji ke dalam cawan dan timbang.
3. Mengeringkan benda uji yang berada pada cawan/wadah menggunakan oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  selama  $\pm 24$  jam.
4. Menimbang berat cawan dan benda uji setelah dikeringkan.

Pengujian absorpsi air agregat dilakukan untuk mengetahui daya serap agregat terhadap air agar diketahui kebutuhan air dalam pembuatan benda uji beton.

$$\text{Arbsorpsi agregat} = \frac{(W_4 - W_5)}{W_5} \times 100\% \dots \dots \dots (3.5)$$

keterangan:

$W_4$  = Berat benda uji kering

$W_5$  = Berat benda uji basah yang dikeringkan

Pengujian tersebut dilakukan dengan bahan agregat yang diuji dan peralatan seperti:

1. Cawan/wadah
2. Oven
3. Timbangan dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.

Prosedur pengujian absorpsi air pada agregat (SNI 03-1971-1990), sebagai berikut:

1. Menimbang berat cawan/wadah.
2. Memasukan benda uji ke dalam cawan dan timbang.
3. Mengeringkan benda uji yang berada pada cawan/wadah menggunakan oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  selama  $\pm 24$  jam.
4. Menimbang berat cawan dan benda uji setelah dikeringkan.
5. Menambahkan air dengan suhu ruangan ( $25^\circ\text{C}$ ) ke dalam benda uji
6. Meninggalkan benda uji selama  $\pm 24$  jam.
7. Membuang air dari cawan/wadah.
8. Menimbang berat cawan dan benda uji setelah dikeringkan.
9. Mengeringkan benda uji yang berada pada cawan/wadah menggunakan oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  selama  $\pm 24$  jam.
10. Menimbang berat cawan dan benda uji setelah dikeringkan.

### **III.6 Perancangan Campuran Beton (SNI 03-2834-2000)**

Dalam perancangan campuran beton, perlunya memulai dari tahap penetapan kuat tekan beton yang direncanakan dan dilanjutkan hingga ke tahap perhitungan kadar agregat kasar. Pada perancangan campuran beton ini digunakan standar dari SNI 03-2834-2000 dari pada SNI 7656:2012 yang dimana juga mencantumkan standar perancangan campuran beton dikarenakan nilai kuat tekan beton dengan standar



SNI-03-2834-2000 memiliki kuat tekan yang lebih tinggi terhadap beton rencana dibandingkan dengan SNI 7656:2012. Menurut Hunggurami dkk. (2017), beton dengan kuat rencana 25 Mpa dengan standar SNI-03-2834-2000 menghasilkan nilai kuat tekan beton sebesar 27,837 Mpa sedangkan dengan standar SNI 7656:2012 sebesar 26.138. Perbedaan nilai kuat tekan terhadap rencana yang lebih besar dapat mengurangi kemungkinan untuk kesalahan dalam perancangan campuran beton.

Tabel III.2 Langkah dan Perhitungan Perancangan Bahan Campuran Beton

No	Uraian	Perhitungan
1	Kuat tekan yang disyaratkan	Ditetapkan
2	Deviasi Standar	7 Mpa (Sumber: SNI 03-2834-2000 Ayat 4.2.3.1)
3	Nilai tambah (margin)	$M = 1,64 \times S$ M = Nilai tambah (Mpa) S = Deviasi standar  Atau Lampiran 2
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	$f_{cr} = f'_c + M$ $f_{cr}$ = Kekuatan rata-rata $f'_c$ = Kuat tekan beton M = Nilai tambah / margin
5	Menentukan jenis semen dan agregat	Ditetapkan
6	Menentukan faktor air semen	Lampiran 4
7	Menentukan nilai <i>slump</i>	Ditetapkan
8	Menetapkan ukuran butir agregat maksimum	Hasil pengujian

Tabel III.2 Langkah dan Perhitungan Perancangan Bahan Campuran Beton  
(Lanjutan)

No	Uraian	Perhitungan			
9	Menetapkan kadar air	Lampiran 1			
10	Menghitung berat jenis semen	$\text{Jumlah semen (kg/m}^3\text{)} = \text{Kadar air bebas (9)} : \text{Faktor air semen (6)}$			
11	Menetapkan jumlah semen minimum	Lampiran 3  (Digunakan jika hasil lebih besar dari nomor 10)			
12	Menentukan susunan butir agregat halus	Lampiran 5 s/d 8			
13	Menentukan persentase pasir	Lampiran 15 s/d 17			
14	Menghitung berat jenis relatif agregat	$\text{Berat jenis relatif agregat (kg/m}^3\text{)} = \text{Berat jenis agregat halus} + \text{Berat jenis agregat kasar}$			
15	Menentukan berat isi beton sesuai dengan kadar air bebas	Lampiran 18			
16	Menghitung kadar agregat gabungan	$\text{Kadar agregat gabungan (kg/m}^3\text{)} = \text{Berat jenis beton} - \text{Berat jenis semen} - \text{Jumlah kadar air}$			
17	Menghitung kadar agregat halus	$\text{Kadar agregat halus (kg/m}^3\text{)} = \text{Persen agregat halus} \times \text{Kadar agregat gabungan}$			
18	Menghitung kadar agregat kasar	$\text{Kadar agregat kasar (kg/m}^3\text{)} = \text{Kadar agregat gabungan} - \text{Kadar agregat halus}$			
19	Menentukan proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	Tiap m <sup>3</sup>	No. 10, 11	No. 9	No. 17	No. 18

Tabel III.2 Langkah dan Perhitungan Perancangan Bahan Campuran Beton  
(Lanjutan)

No	Uraian	Perhitungan			
20	Koreksi proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	Tiap m <sup>3</sup>	No. 10, 11	Persamaan 3.7	Persamaan 3.8	Persamaan 3.9

(Sumber: Olahan Pribadi, 2020)

$$\text{Koreksi proporsi air} = B_1 - (C_m - C_a) \times \frac{B_2}{100} - (D_m - D_a) \times \frac{B_3}{100} \dots \dots \dots (3.7)$$

$$\text{Koreksi proporsi agregat halus} = B_2 + (C_m - C_a) \times \frac{B_2}{100} \dots \dots \dots (3.8)$$

$$\text{Koreksi proporsi agregat kasar} = B_3 + (D_m - D_a) \times \frac{B_3}{100} \dots \dots \dots (3.9)$$

keterangan:

B<sub>1</sub> = Berat air (No. 19)

C<sub>m</sub> = Kadar air agregat halus (Pengujian)

B<sub>2</sub> = Berat agregat halus (No. 19)

C<sub>a</sub> = Absorpsi agregat halus (Pengujian)

B<sub>3</sub> = Berat agregat kasar (No. 19)

D<sub>m</sub> = Kadar air agregat kasar (Pengujian)

D<sub>a</sub> = Absorpsi agregat kasar (Pengujian)

### III.7 Pengujian Slump

Pengujian *slump* adalah pengujian untuk mengukur konsistensi beton sebelum diproduksi (SNI 1972:2008). Konsistensi beton dapat diukur dari kekentalan beton segar dengan peralatan sebagai berikut:

1. Kerucut Abrams dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, dan tinggi 305 mm.
2. Pelat dasar yang tidak dapat menyerap air.
3. Batang pemadat yang mempunyai ujung setengah bola berdiameter 16 mm dan panjang 600 mm.
4. Penggaris

Prosedur pengujian *slump* (SNI 1972:2008), sebagai berikut:

1. Membasahi kerucut dan letakkan di atas permukaan yang datar, lembap, dan tidak menyerap air dan kaku.
2. Mengisi kerucut dengan beton segar sepertiga dari kapasitas cetakan.
3. Menusuk beton segar dengan batang pemadat selama 25 kali secara merata setelah di isi sepertiga. Diperlukan penusukan secara miring supaya beton segar yang berdekatan dengan cetakan kerucut juga terkena. Penusukan tidak boleh mengenai pelat dasar cetakan.
4. Mengisi lagi kerucut hingga kapasitas mencapai dua pertiga dan lakukan penusukan sebanyak 25 kali hingga mengenai lapisan beton segar dasar.
5. Mengulangi pekerjaan hingga kerucut mencapai kapasitas maksimum. Proses penuangan beton segar dan penusukan tidak lebih dari 2 ½ menit.
6. Setelah dilakukan penusukan untuk lapisan beton segar paling atas, permukaan beton segar paling atas harus diratakan dengan cara menggelindingkan batang pemadat.
7. Mengangkat kerucut dalam arah vertikal dengan jarak 300 mm dalam waktu  $5 \pm 2$  detik dan ukur keruntuhannya.

### **III.8 Pencetakan Benda Uji**

Pencetakan benda uji harus dilakukan dengan kondisi tempat dengan permukaan yang keras, datar, bebas getaran dan gangguan lainnya. Dalam proses pencetakan diperlukan metode yang benar dalam penuangan beton segar ke dalam cetakan. Sebelum beton segar dituangkan ke dalam cetakan, terlebih dahulu permukaan dalam cetakan harus dilapisi dengan minyak pelumas secara rata dan tipis agar memudahkan pelepasan cetakan dan beton benda uji ketika beton sudah mencapai umur yang ditentukan (SNI 4810:2013). Penuangan beton segar ke dalam cetakan tidak boleh lebih dari 600 mm agar terhindar dari segregasi (SNI 03-3976-1995). Proses penuangan beton segar ke dalam cetakan diikuti dengan proses pemadatan. Proses pemadatan dilakukan agar tidak ada rongga di dalam beton yang dapat mengurangi kekuatan beton. Metode pemadatan di bagi menjadi dua yaitu pemadatan dengan cara ditusuk dan digetarkan. Untuk beton segar dengan *slump* di atas 25 mm dapat dilakukan dengan proses pemadatan dengan metode penusukan atau penggetaran, dan beton segar dengan *slump* di bawah 25 mm hanya dapat

dilakukan proses pemadatan dengan metode penggetaran (SNI 4810:2013). Dalam penelitian ini dilakukanlah pemadatan dengan metode penusukan yang mempunyai syarat pada Tabel III.3.

Tabel III.3 Persyaratan Pencetakan dan Pemadatan dengan Metode Penusukan

<b>Diameter Benda Uji (mm)</b>	<b>Jumlah Lapisan</b>	<b>Jumlah Penusukan Tiap Lapis</b>
100	2	25
150	3	25
225	4	50

(Sumber: SNI 4810:2013)



Gambar III.2 Proses Penuangan Beton Segar dan Pemadatan dengan Metode Penusukan

(Sumber: <https://steemit.com/steem/@khamil/civil-engineering>)

### III.9 Perawatan Beton

Perawatan beton adalah langkah yang penting dalam pembuatan benda uji beton untuk menjaga kelembaban dan suhu beton setelah proses pengecoran sebelum menjalankan pengujian kuat tekan. Dalam penelitian ini akan dilakukan perawatan beton dengan cara direndamkan dalam air yang jenuh dengan senyawa kapur. Untuk melakukan pengujian beton, peralatan yang diperlukan sebagai berikut:

1. Bak air dengan tinggi yang lebih besar dari benda uji.
2. Air
3. Serbuk kapur

Prosedur perawatan benda uji beton laboratorium (SNI 2493:2011), sebagai berikut:

1. Membiarkan benda uji beton dengan waktu  $48 \pm 4$  jam agar mengering sebelum dilepas dari cetakan.
2. Menyiapkan peralatan untuk merendam benda uji setelah benda uji beton dilepas dari cetakan.
3. Mempersiapkan bak air dan menaruhnya pada permukaan yang datar.
4. Menyimpan benda uji beton ke dalam bak air.
5. Menuangkan air hingga benda uji beton terendam.
6. Menuangkan serbuk kapur ke dalam air dengan suhu  $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$  dan aduk sampai merata.
7. Mendinginkan beton benda uji di dalam air jenuh senyawa kapur sampai waktu yang ditentukan.
8. Benda uji yang akan diuji kuat tekannya harus dikeluarkan dari bak air dan disimpan selama  $24 \pm 4$  jam pada suhu ruangan agar dibiarkan kering secara alami.

### III.10 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mengukur kekuatan beton sesuai perencanaan. Dalam penelitian tersebut dilakukan pengujian kuat tekan untuk beton yang sudah dipasang *capping* sulfur (SNI-1974-2011). Nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan data yang sudah dikumpulkan dengan persamaan:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3.10)$$

$$A = \pi \times \frac{1}{4} \times D^2 \dots \dots \dots (3.11)$$

keterangan:

$f'_c$  = Kuat tekan (Mpa)

P = Kuat tekan (N)

A = Luas bidang tekan ( $\text{mm}^2$ )

D = Diameter benda uji (mm)

Pengujian kuat tekan beton dapat dilakukan dengan bahan benda uji beton yang sudah di *capping* sulfur dan dengan alat:

1. Mesin tekan hidrolik
2. Jangka sorong

Prosedur pengujian kuat tekan beton, sebagai berikut:

1. Mengukur diameter benda uji untuk dihitung luas bidang tekannya.
2. Mengkalibrasi jarum pada mesin tekan hidrolik.
3. Memasukkan benda uji ke dalam mesin tekan hidrolik.
4. Menyalakan mesin dan atur kecepatan getar yang diinginkan.
5. Mengamati jarum pada *dial* mesin tekan hidrolik untuk melihat besar tekanan yang diberikan oleh mesin tersebut.
6. Mematikan mesin ketika salah satu jarum mencapai titik nol.
7. Mencatat tekanan terakhir yang diberikan alat tekan.
8. Mengulangi pengujian agar mendapatkan kuat tekan rata-rata.

### III.11 Analisis Data

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan benda uji untuk masing-masing persentase cangkang kerang yang digunakan sebanyak tiga benda uji. Tujuan dari pembuatan tiga benda uji untuk masing-masing varian persentase cangkang kerang adalah untuk melihat *margin of error* yang terjadi dalam penelitian ini dan mendapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton pada masing-masing varian persentase cangkang kerang.

Dilakukan juga analisis terhadap emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh material pasir dalam campuran beton K-225. Pada penelitian yang dilakukan Taffese dkk. (2019) faktor emisi untuk material pasir dalam campuran beton sebesar 0,004 kg CO<sub>2</sub>e untuk setiap 1 kg pasir. Untuk menghitung jumlah emisi CO<sub>2</sub> dapat dihitung dengan persamaan berikut (Paik & Na, 2019):

$$E = M \times f \dots\dots\dots(3.12)$$

keterangan:

E = Emisi CO<sub>2</sub> (ton atau kg)

M = Massa material digunakan (ton atau kg)

f = Faktor emisi CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub>e/kg)

