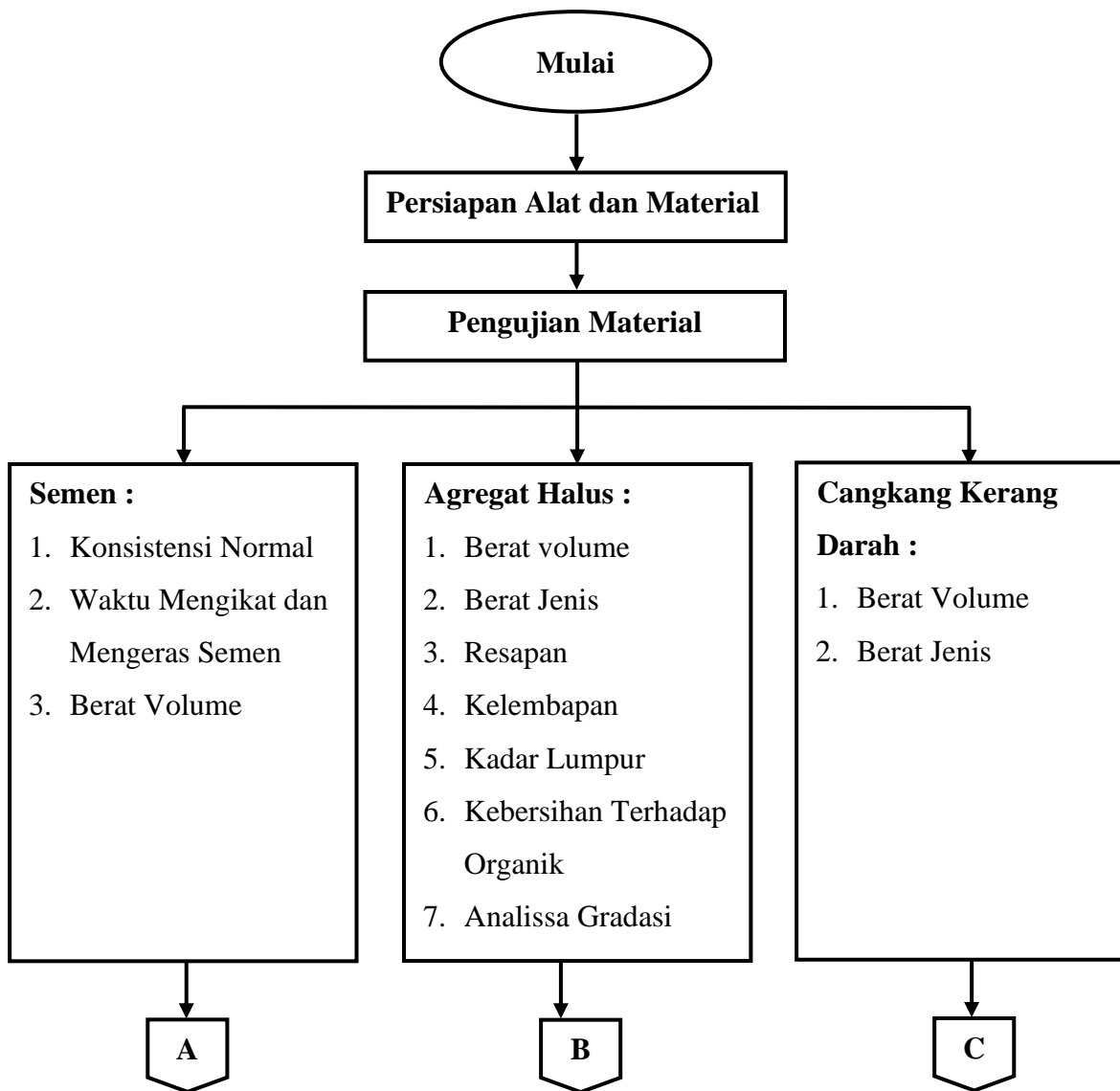


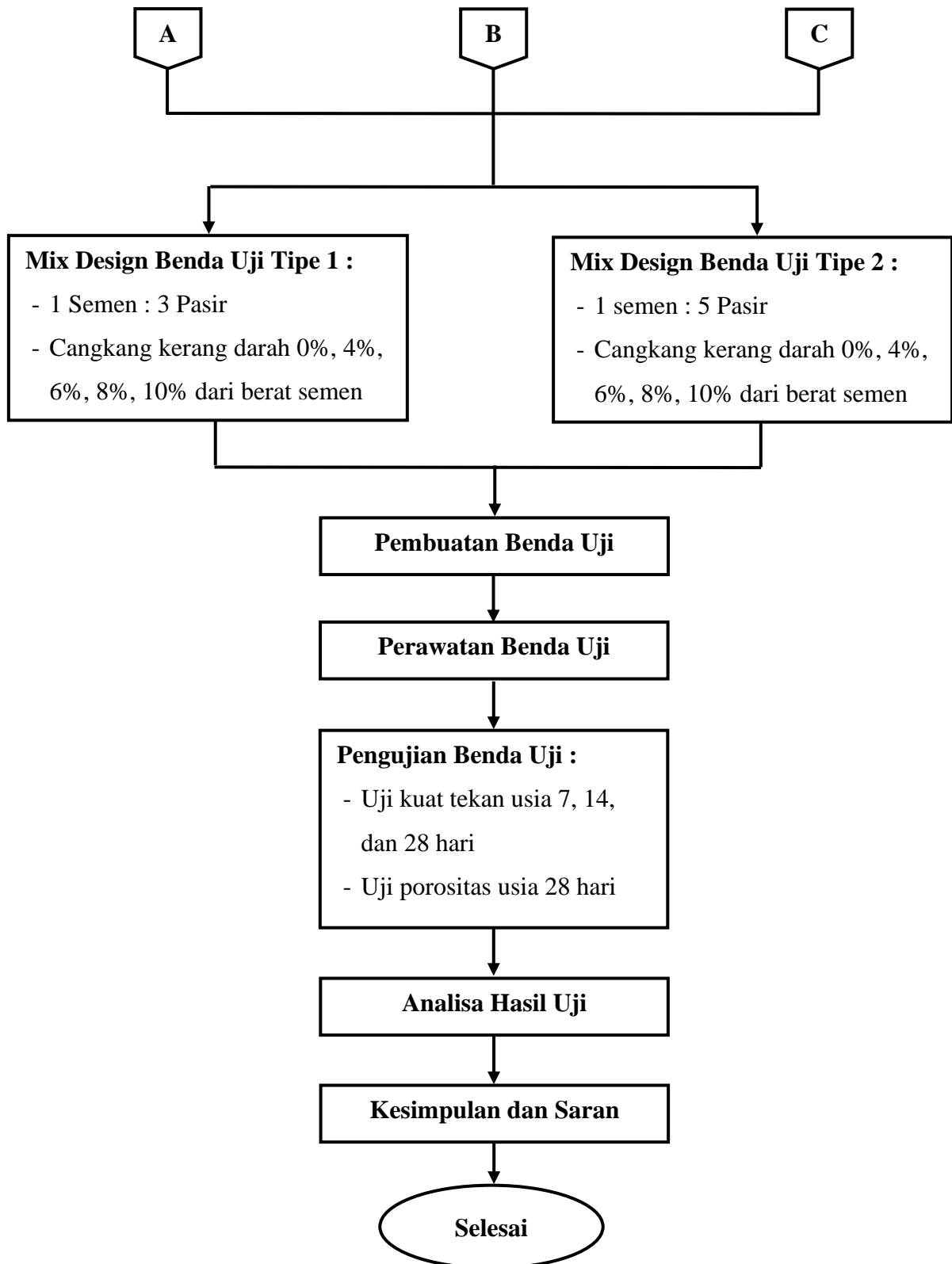
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian paving block dengan cangkang kerang sebagai variasi campuran dengan semen ditampilkan dalam bentuk diagram alir. Penyajian tahapan-tahapan penelitian digunakan untuk memudahkan dan mengetahui secara garis besar terhadap proses penelitian. Tahapan-tahapan penelitian dilakukan dengan urutan seperti diagram alir yang ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

Berdasarkan diagram alir diatas secara garis besar menjelaskan mengenai langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan yaitu:

1. Pekerjaan persiapan alat dan bahan, yaitu mempersiapkan peralatan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan selama penelitian seperti cetakan pembuatan paving block, mesin hidrolik pembuatan paving block, timbangan digital, oven, satu set ayakan, piknometer, alat vicat, *compressing testing machine*.
2. Mempersiapkan material yang akan diperlukan pada saat penelitian seperti semen, agregat halus, air dan cangkang kerang darah.
3. Pengujian material yaitu melakukan pengujian material semen, agregat halus dan cangkang kerang darah untuk mengetahui kelayakan material sesuai standar peraturan.
4. *Mix design*, yaitu melakukan analisa kebutuhan bahan untuk campuran pembuatan paving block. Campuran terdiri dari 2 tipe, yaitu tipe 1 dan tipe 2.
Campuran Tipe 1 yaitu campuran 1 Semen : 3 Pasir, dan Tipe 2 campuran menggunakan 1 Semen : 5 Pasir.
5. Pembuatan benda uji, yaitu melakukan pembuatan benda uji paving block sesuai dengan *mix design*. Benda uji paving block berukuran 21,5 cm x 10,5 cm x 6 cm
6. Kemudian melakukan perawatan terhadap paving block dengan cara menyiramkan air secara merata pada paving block dengan periode 1 kali sehari selama 7 hari.
7. Pengujian benda uji dilakukan setelah proses perawatan. Pengujian kuat tekan pada benda uji umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari, dan pengujian porositas pada umur 28 hari.
8. Analisa hasil uji, yaitu melakukan pembahasan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.
9. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat membuat kesimpulan dan saran.

3.1 Waktu Pelaksanaan dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Wijaya Kusuma Surabaya yang berlokasi Jl. Dukuh Kupang XXV No.54, Kota Surabaya saat melakukan pengujian sebagian material paving block (Gambar 3.2). Untuk pengujian material selanjutnya, pembuatan serta pengetesan kuat tekan paving block dilakukan di Laboratorium Beton PT Varia Usaha Beton yang berlokasi Jl. Mayjend Sungkono, Kebonpoh, Segoromadu, Kabupaten Gresik (Gambar 3.3).



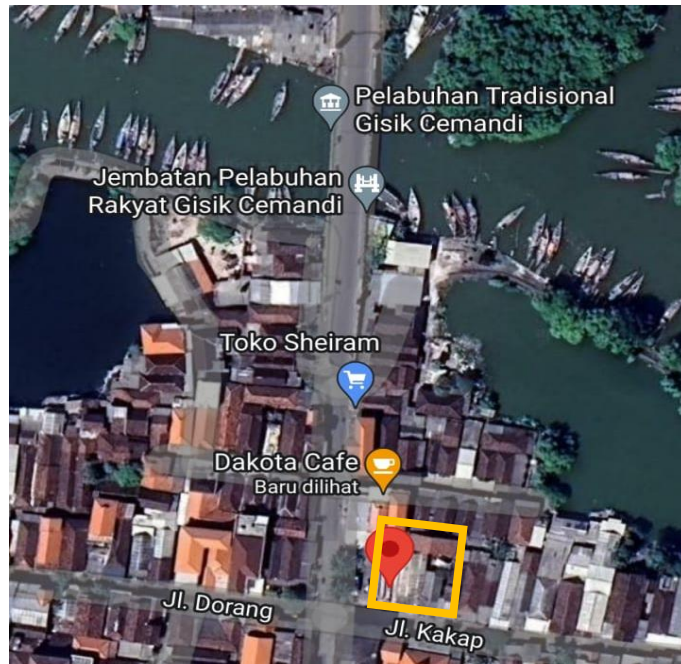
Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian di Universitas Wijaya Kusuma Surabaya



Gambar 3. 3 Lokasi Penelitian di PT Varia Usaha Beton Gresik

3.2 Bahan Limbah Cangkang Kerang Darah

Bahan limbah cangkang kerang digunakan sebagai variasi dengan semen dalam pembuatan paving block. Limbah ini berasal dari industri pengolahan daging kerang yang berada di Desa Tambak Cemandi Sedati Sidoarjo seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Lokasi Limbah cangkang kerang di Desa Tambak Cemandi Sedati Sidoarjo

3.3 Persiapan Alat dan Material Penelitian

1. Peralatan

Persiapan alat yang digunakan untuk penelitian ini meliputi :

- a. Cetakan untuk pembuatan paving block.
- b. Timbangan digital yang dapat mengukur milligram sampai dengan kilogram.
- c. Oven untuk pengeringan benda uji beton.
- d. Satu set ayakan untuk pengukuran gradasi pada butiran.
- e. Piknometer untuk mengukur kepadatan dari agregat halus maupun semen.
- f. Alat vicat untuk waktu yang dibutuhkan oleh semen untuk mengikat dan mengeras.
- g. *Compressing testing machine* alat yang digunakan untuk mengetahui kuat tekan beton.

2. Material

- a. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah produk Semen Gresik.
- b. Pasir yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Lumajang.
- c. Air yang digunakan dari laboratorium beton Universitas Wijaya Kusuma Surabaya dan PT Varia Usaha Beton.
- d. Cangkang kerang yang digunakan pada penelitian adalah cangkang kerang yang berasal dari desa Tambak Cemandi Sedati, Sidoarjo, Jawa Timur.

3.4 Pengujian Semen

3.4.1 Uji Konsistensi Normal Semen

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kadar air normal yang digunakan untuk mengikat dan mengeringnya semen. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-6827-2002.

Bahan dan alat :

- Semen Portland
- Air
- Timbangan analitis 2500 gram
- Tempat adukan dan pengaduk
- Gelas ukur 200 cc
- Satu set alat vikat (jarum besar dan konikel)
- Solet perata
- Stopwatch
- Sarung Tangan

Langkah kerja pengujian :

1. Timbang 250 gram semen, tambahkan 70 cc air dan aduk 3 menit hingga halus membentuk pasta semen
2. Pasta semen yang telah tercampur rata, dibentuk menjadi bola dengan cara dilempar dari tangan kiri ke tangan kanan atau sebaliknya sebanyak 6 kali dengan jarak 15 cm
3. Bola pasta dimasukkan kedalam konikel dan permukaannya diratakan menggunakan solet perata
4. Lepaskan jarum vikat besar dengan diameter 10 mm, catat penurunan pada detik ke 30 setelah jarum dilepaskan
5. Pengujian diulang dengan prosentase air sedemikian rupa sehingga diperoleh konsistensi normal yaitu pada penurunan 10 mm

Perhitungan :

$$\text{Konsistensi normal semen} = \frac{\text{Kadar air}}{\text{Berat semen}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

3.4.2 Uji Waktu Mengikat Dan Mengeras Semen

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kadar air normal yang digunakan untuk mengikat dan mengeringnya semen. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-6827-2002.

Bahan dan alat :

- Semen Portland
- Air
- Timbangan analitis 2500 gram
- Tempat adukan dan pengaduk
- Gelas ukur 200 cc
- Satu set alat vikat (jarum kecil dan konikel)
- Solet perata
- Stopwatch
- Sarung Tangan

Langkah pengujian :

1. Timbang 250 gram semen, tambahkan 70 cc air dan aduk 3 menit hingga halus membentuk pasta semen
2. Bila pasta semen telah tercampur rata, dibentuk menjadi bola dengan cara dilempar dari tangan kiri ke tangan kanan atau sebaliknya sebanyak 6 kali dengan jarak 15 cm
3. Bola pasta dimasukkan kedalam konikel dan permukaannya diratakan menggunakan solet perata
4. Jarum vikat kecil ditempelkan pada bidang muka semen tepat dibagian tengahnya. Setelah 45 menit lepaskan jarum dengan memutar pengikat E di jarum vikat tersebut dan diukur penurunannya
5. Setelah 15 menit dari penurunan pertama, jarum ditarik kembali dan dijatuhkan pada permukaan yang baru (permukaan yang belum tertusuk dan jarak penusukan minimal 3mm). Demikian seterusnya dilakukan dalam interval 15 menit sehingga jarum tidak dapat masuk lagi kedalam pasta semen
6. Waktu mengikat semen ditentukan pada waktu jarum vikat turun sebesar 25 mm. Sedangkan waktu pengerasan semen ditentukan bila jarum vikat sudah tidak dapat lagi masuk ke dalam pasta semen (turun 0 mm)

3.4.3 Uji Berat Volume Semen

Pengujian dilakukan untuk menentukan berat volume semen dalam keadaan lepas dan keadaan padat. Berat volume semen adalah perbandingan antara berat semen dengan volume semen pada suhu kamar. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-4804-2014.

Bahan dan alat :

- Semen Portland
- Timbangan analitis 2500 gram
- Takaran berbentuk silinder dengan volume 5 liter
- Alat perojok dari besi berdiameter 16 mm dan panjang 60 cm

Langkah pengujian :

1. Tanpa rojokan

- Timbang silinder dalam keadaan kering (A)
- Silinder diisi semen sampai batas kapasitas dan ratakan permukaannya, kemudian timbang beratnya (B)

2. Dengan rojokan

- Silinder ditimbang beratnya (A)
- Isi silinder dengan semen 1/3 bagian, kemudian rojok sebanyak 25 kali. Isi lagi 1/3 bagian silinder, rojok 25 kali, lakukan lagi dengan cara sama hingga silinder penuh
- Ratakan permukaan semen, kemudian timbang beratnya (B)

3. Perhitungan menggunakan rumus :

$$\text{Berat volume} = \frac{B-A}{V} \text{ kg/liter} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

A = Berat silinder

B = Berat silinder + semen

V = Volume silinder

3.5 Pengujian Agregat Halus

3.5.1 Uji Berat Volume Agregat Halus

Pengujian dilakukan menentukan proporsi agregat yang digunakan dalam campuran. Berat volume agregat diartikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya. Ada 2 kondisi yaitu dengan rojokan dan tanpa rojokan. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-4804-2014.

Bahan dan alat :

- Pasir kering
- Timbangan analitis 2500 gram
- Takaran berbentuk silinder dengan volume 5 liter

- Alat perojok dari besi berdiameter 16 mm dan panjang 60 cm

Langkah kerja pengujian :

3. Tanpa rojokan

- Timbang silinder dalam keadaan kering (A)
- Silinder diisi pasir sampai batas kapasitas dan ratakan permukaannya, kemudian timbang beratnya (B)

4. Dengan rojokan

- Silinder ditimbang beratnya (A)
- Isi silinder dengan pasir 1/3 bagian, kemudian rojok sebanyak 25 kali. Isi lagi 1/3 bagian silinder, rojok 25 kali, lakukan lagi dengan cara sama hingga silinder penuh
- Ratakan permukaan pasir, kemudian timbang beratnya (B)

Perhitungan :

$$\text{Berat volume} = \frac{B-A}{V} \text{ kg/liter} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

A = Berat silinder

B = Berat silinder + pasir

V = Volume silinder

3.5.2 Uji Berat Jenis Agregat Halus

Menentukan berat jenis pasir pada kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*). Nilai yang didapat dari pengujian ini diperlukan untuk menetapkan besarnya komposisi volume agregat dalam campuran beton. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-1970-1990.

Bahan dan alat :

- Pasir keadaan SSD
- Timbangan analitis 2500 gram
- Gelas ukur (labu takar) 500 cc
- Oven
- *Hair dryer*

Langkah kerja pengujian :

1. Timbang labu takar 500 cc
2. Timbang keadaan pasir keadaan SSD sebanyak 250 gram (A)

3. Masukkan pasir ke dalam labu takar hingga batas kapasitas dan timbang beratnya untuk mengontrol berat pasir
4. Isi air sampai penuh dna labu takar dipegang miring, diputar-putar hingga gelembung udara keluar dan timbang beratnya (B)
5. Bersihkan labu takar, isi kembali dengan air sampai batas kapasitas dan timbang beratnya (C)
6. Perhitungan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis agregat halus} = \frac{A}{A-B+C} \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana :

- A = Berat labu takar
- B = Berat labu takar + Pasir
- C = Berat labu takar + Air

3.5.3 Uji Air Resapan Agregat Halus

Menentukan nilai permeabilitas agregat untuk menentukan jumlah air dalam campuran beton. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-1970-1990.

Bahan dan alat :

- Pasir kondisi SSD
- Timbangan analitis 2500 gram
- Oven
- Cawan
- scope

Langkah kerja pengujian :

1. Timbang pasir dalam ko disi SSD sebanyak 500 gram
2. Masukkan ke dalam oven selama 24 jam
3. Keluarkan pasir dari oven, dinginkan kemudian timbang beratnya
4. Perhitungan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Kadar air resapan pasir SSD} = \frac{500-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana :

- B = Berat silinder + pasir
- A = Berat silinder
- V = Volume silinder

3.5.4 Uji Kelembapan Agregat Halus

Kelembapan pasir merupakan salah satu syarat penting sebagai bahan pengisi beton. Dimana kelembapan pasir merupakan banyaknya kandungan air yang dimiliki oleh pasir tersebut atau dapat diketahui derajat kejenuhan pasir terhadap air. Prosedur pengujian mengacu pada ASTM C 556-71.

Bahan dan alat :

- Pasir kondisi asli
- Timbangan analitis 2500 gram
- Oven
- pan

Langkah kerja pengujian :

1. Timbang pasir kondisi asli sebanyak 500 gram (B)
2. Masukkan pasir ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$
3. Keluarkan pasir dari oven, kemudian timbang beratnya (A)
4. Perhitungan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Kelembapan} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana :

B = Berat pasir asli

A = Berat pasir oven

3.5.5 Uji Kadar Lumpur Agregat Halus

Menentukan kadar lumpur yang terkandung dalam pasir. Prosedur pengujian mengacu pada SNI-03-1750-1990.

Bahan dan alat :

- Pasir asli 500cc
- Air
- Botol bening 350 cc
- Penggaris
- Cawan

Langkah kerja pengujian :

1. Botol diisi pasir setinggi kira-kira 6 cm
2. Tambahkan air hingga botol hamper penuh dan tutup rapat

3. Botol dikocok dan didiamkan selama 24 jam
4. Keluarkan pasir dari oven, dinginkan kemudian timbang beratnya
5. Setelah 24 jam, ukur tinggi pasir (h) dan tinggi lumpur (H) dengan mistar
6. Perhitungan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{h}{H} \times 100\% \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana :

h = Tinggi pasir

H = Tinggi lumpur

3.5.6 Uji Kebersihan Agregat Halus Terhadap Bahan Organik

Menentukan kebersihan pasir terhadap bahan-bahan organic. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-2816-1992.

Bahan dan alat :

- Pasir asli 500cc
- Larutan NaOH 3%
- Botol bening 350 cc

Langkah kerja pengujian :

1. Botol diisi pasir sebanyak 130 cc
2. Tambahkan Larutan NaOH 3% sebanyak 200 cc kedalam botol
3. Botol dikocok selama 10 menit
4. Diamkan selama 24 jam
5. Setelah itu amati warna pada permukaan agregat halus dalam botol

3.5.7 Uji Gradasi Butiran dan Modulus Agregat Halus

Menentukan distribusi ukuran butir atau gradasi pasir dan modulus kehalusan pasir. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-4428-1997.

Bahan dan alat :

- Pasir keadaan kering oven
- Timbangan analitis 2500 gram
- Oven
- Sikat baja

- Mesin ayakan
- Ayakan saringan No 4, 8, 16, 30, 50, 100, pan

Langkah kerja pengujian :

1. Timbang pasir sebanyak 1000 gram dan keringkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Lalu di diamkan
2. Kemudian masukkan pasir ke dalam ayakan yang telah disusun, kemudian digetar dengan mesin ayakan selama 10 menit
3. Timbang pasir yang tertinggal pada tiap-tiap ayakan. Periksa berat pasir keseluruhan adalah 1000 gram
4. Dari hasil ayakan, dibuat grafik untuk menentukan daerah gradasi butiran pasir dan modulus kehalusan

3.6 Pengujian Cangkang Kerang Darah

3.6.1 Proses Pembersihan Cangkang Kerang

Sebelum digunakan untuk campuran paving block terlebih dahulu cangkang kerang dibersihkan agar kandungan garam dan zat organik lain yang ada pada cangkang kerang hilang. Proses pembersihan cangkang kerang sebagai berikut :

1. Cangkang kerang dicuci hingga bersih dengan air PDAM seperti Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Pencucian Cangkang Kerang Darah

2. Cangkang kerang dimasukkan kedalam ember dan diamkan selama 24 jam seperti gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Penyimpanan Cangkang kerang

3. Pisahkan cangkang kerang dari kotoran yang telah didiamkan, lalu dikeringkan dengan cara dijemur hingga kering seperti gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Penjemuran Cangkang Kerang

4. Cangkang kerang yang telah kering dan bersih digiling menggunakan penggiling batu pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Penggilingan Cangkang Kerang

5. Proses penghalusan cangkang kerang dilakukan hingga mendapatkan butiran yang menyerupai semen, yaitu lolos ayakan nomer 200

3.6.2 Uji Berat Volume Cangkang Kerang

Menentukan berat volume cangkang kerang dalam keadaan lepas dan keadaan padat. Berat volume cangkang kerang adalah perbandingan antara berat cangkang kerang dengan volume cangkang kerang pada suhu kamar.

Bahan dan alat :

- Cangkang kerang
- Timbangan analitis 2500 gram
- Takaran berbentuk silinder dengan volume 5 liter
- Alat perojok dari besi berdiameter 16 mm dan panjang 60 cm

Langkah kerja pengujian :

1. Tanpa rojokan

- Timbang silinder dalam keadaan kering (A).
- Silinder diisi cangkang kerang sampai batas kapasitas dan ratakan permukaannya, kemudian timbang beratnya (B).

2. Dengan rojokan

- Silinder ditimbang beratnya (A).
- Isi silinder dengan cangkang kerang 1/3 bagian, kemudian rojok sebanyak 25 kali. Isi lagi 1/3 bagian silinder, rojok 25 kali, lakukan lagi dengan cara sama hingga silinder penuh.
- Ratakan permukaan cangkang kerang, kemudian timbang beratnya (B).

Perhitungan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Berat volume} = \frac{B-A}{V} \text{ kg/liter} \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana :

A = Berat silinder

B = Berat silinder + cangkang kerang

V = Volume silinder

3.6.3 Uji Berat Jenis Cangkang Kerang

Menentukan berat jenis cangkang kerang. Berat jenis semen perlu diketahui untuk digunakan dalam hitungan rasio campuran beton.

Bahan dan alat :

- Cangkang Kerang
- Air

- Timbangan analitis 2500 gram
- Gelas ukur (labu takar) 500 cc
- corong
- cawan aluminium

Langkah kerja pengujian :

1. Timbang 250 gram cangkang kerang (A)
2. Timbang labu takar 500 cc yang telah dibersihkan, masukkan cangkang kerang dengan menggunakan corong ke dalam labu takar dan beratnya ditimbang (untuk dicek)
3. Kemudian isi labu dengan air dan labu diputar-putar agar gelembung keluar, tambahkan air hingga batas labu takar, timbang beratnya (B)
4. Cangkang dan air dikeluarkan, labu takar dibersihkan
5. Isi labu takar dengan air hingga batas labu takar, lalu timbang beratnya (C)

Perhitungan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis cangkang kerang} = \frac{A}{A-(B-C)} \times 1 \text{ g/cm}^3 \dots\dots\dots(3.9)$$

Dimana :

A = Berat cangkang kerang

B = Berat labu takar + air

C = Berat labu takar + cangkang kerang + air

1 cm/m³= Berat jenis air

3.7 Rancangan Campuran Paving Block (*Mix Design*)

Pada penelitian ini campuran dalam pembuatan paving block menggunakan 2 tipe perbandingan semen dan pasir yaitu, 1) 1 semen : 3 pasir dan 2) 1 semen : 5 pasir dengan prosentase campuran limbah cangkang kerang darah 0%, 4%, 6%, 8%, 10% dari volume semen.

a) Perhitungan volume paving block sebagai berikut :

$$\text{Volume benda uji (Paving block)} = 20 \times 10 \times 8 \text{ cm} = 1600 \text{ cm}^3$$

$$\text{Faktor Pencampuran} = 1,2 \times 1600 \text{ cm}^3 = 1920 \text{ cm}^3$$

b) Perhitungan kebutuhan pasir dan semen.

- Perbandingan 1 semen : 3 pasir

$$\text{Kebutuhan 1 paving block} = 1920 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kebutuhan semen} = \frac{1}{4} \times 1920 \text{ cm}^3 = 480 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kebutuhan pasir} = \frac{3}{4} \times 1920 \text{ cm}^3 = 1440 \text{ cm}^3$$

- Perbandingan 1 semen : 5 pasir

$$\text{Kebutuhan 1 paving block} = 1920 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kebutuhan semen} = \frac{1}{6} \times 1920 \text{ cm}^3 = 320 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kebutuhan pasir} = \frac{5}{6} \times 1920 \text{ cm}^3 = 1600 \text{ cm}^3$$

- c) Perhitungan kebutuhan cangkang kerang darah dengan prosentase 0%, 4%, 6%, 8%, 10% dari volume semen.

- Prosentase 0% cangkang kerang

$$1 \text{ semen} : 3 \text{ pasir dengan prosentase } 0\% = \frac{0}{100} \times 480 \text{ cm}^3 = 480 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ semen} : 5 \text{ pasir dengan prosentase } 0\% = \frac{0}{100} \times 320 \text{ cm}^3 = 320 \text{ cm}^3$$

- Prosentase 4% cangkang kerang

$$1 \text{ semen} : 3 \text{ pasir dengan prosentase } 4\% = \frac{4}{100} \times 480 \text{ cm}^3 = 19,20 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ semen} : 5 \text{ pasir dengan prosentase } 4\% = \frac{4}{100} \times 320 \text{ cm}^3 = 12,80 \text{ cm}^3$$

- Prosentase 6% cangkang kerang

$$1 \text{ semen} : 3 \text{ pasir dengan prosentase } 6\% = \frac{6}{100} \times 480 \text{ cm}^3 = 28,80 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ semen} : 5 \text{ pasir dengan prosentase } 6\% = \frac{6}{100} \times 320 \text{ cm}^3 = 19,20 \text{ cm}^3$$

- Prosentase 8% cangkang kerang

$$1 \text{ semen} : 3 \text{ pasir dengan prosentase } 8\% = \frac{8}{100} \times 480 \text{ cm}^3 = 38,40 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ semen} : 5 \text{ pasir dengan prosentase } 8\% = \frac{8}{100} \times 320 \text{ cm}^3 = 25,60 \text{ cm}^3$$

- Prosentase 10% cangkang kerang

$$1 \text{ semen} : 3 \text{ pasir dengan prosentase } 10\% = \frac{10}{100} \times 480 \text{ cm}^3 = 48 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ semen} : 5 \text{ pasir dengan prosentase } 10\% = \frac{10}{100} \times 320 \text{ cm}^3 = 32 \text{ cm}^3$$

Diketahui :

a) Berat volume semen :

$$\text{Berat volume} = \frac{B-A}{V} = \frac{5120-3965}{938,99} = 1,230 \text{ gr/cm}^3$$

Dimana :

A = Berat silinder

B = Berat silinder + semen

V = Volume silinder

$$\text{Semen perbandingan } 1 \text{ semen} : 3 \text{ pasir} = 480 \text{ cm}^3$$

Dari hasil analisis yang dilakukan mendapatkan berapa jumlah semen yang dibutuhkan per satu paving block dalam satuan kg dengan cara sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah cangkang kerang yang dibutuhkan} &= \text{Berat volume Semen} \times \text{Kebutuhan Semen} \\ &\quad + \text{Faktor Pemadatan Mesin} \\ &= 1,230 \text{ gr/cm}^3 \times 480 \text{ cm}^3 + 35\% \\ &= 797,04 \text{ gram} \\ &= 0,797 \text{ Kg} \end{aligned}$$

b) Berat volume Pasir :

$$\text{Berat volume} = \frac{B-A}{V} = \frac{13290-4710}{4872,13} = 1,761 \text{ gr/cm}^3$$

Dimana :

A = Berat silinder

B = Berat silinder + pasir

V = Volume silinder

$$\text{Pasir perbandingan } 1 \text{ semen} : 3 \text{ pasir} = 1440 \text{ cm}^3$$

Dari hasil analisis yang dilakukan mendapatkan berapa jumlah pasir yang dibutuhkan per satu paving block dalam satuan kg dengan cara sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah cangkang kerang yang dibutuhkan} &= \text{Berat volume Pasir} \times \text{Kebutuhan Pasir} \\ &\quad + \text{Faktor Pemadatan Mesin} \\ &= 1,761 \text{ gr/cm}^3 \times 1440 \text{ cm}^3 + 35\% \end{aligned}$$

$$= 3423,38 \text{ gram}$$

$$= 3,423 \text{ Kg}$$

c) Berat volume cangkang kerang :

$$\text{Berat volume} = \frac{B-A}{V} = \frac{5042-3965}{938,99} = 1,146 \text{ gr/cm}^3$$

Dimana :

A = Berat silinder

B = Berat silinder + cangkang kerang

V = Volume silinder

4% cangkang kerang perbandingan 1 semen : 3 pasir = 19,20 cm³

Dari hasil analisis yang dilakukan mendapatkan berapa jumlah cangkang kerang yang dibutuhkan per satu paving block dalam satuan kg dengan cara sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah cangkang kerang yang dibutuhkan} &= \text{Berat volume CK} \times \text{Kebutuhan Cangkang} \\ &\quad \text{Kerang} + \text{Faktor Pemadatan Mesin} \\ &= 1,146 \text{ gr/cm}^3 \times 19,20 \text{ cm}^3 + 35\% \\ &= 29,704 \text{ gram} \\ &= 0,030 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan data analisan tersebut di atas, disajikan dalam bentuk Tabel 3.1 dan 3.2 mengenai komposisi campuran satu paving block sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Komposisi Campuran Untuk Satu Paving Block Tipe 1 (1 Semen : 3 Pasir)

Prosentase campuran limbah cangkang kerang darah	Semen Cm ³	Pasir Cm ³	Cangkang Kerang Cm ³	Jumlah Semen (Kg)	Jumlah Pasir (Kg)	Jumlah Cangkang Kerang Darah (Kg)
0%	480	1440	0	0,797	3,422	0
4%	460,8	1440	19,20	0,767	3,422	0,030
6%	451,2	1440	28,80	0,752	3,422	0,045
8%	441,6	1440	38,40	0,737	3,422	0,059
10%	432	1440	48	0,722	3,422	0,074

Tabel 3. 2 Komposisi Campuran Untuk Satu Paving Block Tipe 2 (1 Semen : 5 Pasir)

Prosentase campuran limbah cangkang kerang darah	Semen Cm³	Pasir Cm³	Cangkang Kerang Cm³	Jumlah Semen (Kg)	Jumlah Pasir (Kg)	Jumlah Cangkang Kerang Darah (Kg)
0%	320	1600	0	0,531	3,804	0
4%	307,2	1600	12,80	0,509	3,804	0,022
6%	300,8	1600	19,20	0,498	3,804	0,032
8%	294,4	1600	25,60	0,487	3,804	0,043
10%	288	1600	32	0,482	3,804	0,049

Total kebutuhan keseluruhan material paving block dapat disajikan dalam bentuk Tabel 3.3 dan 3.24 mengenai komposisi campuran paving block keseluruhan sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Komposisi Campuran Paving Block Tipe 1 (1 Semen : 3 Pasir)

Berjumlah 60 Buah

Prosentase campuran limbah cangkang kerang darah	Semen Cm³	Pasir Cm³	Cangkang Kerang Cm³	Jumlah Semen (Kg)	Jumlah Pasir (Kg)	Jumlah Cangkang Kerang Darah (Kg)
0%	28800	86400	0	35,843	154,001	0
4%	27648	86400	1152	34,506	154,001	1,337
6%	27072	86400	1728	33,838	154,001	2,005
8%	26496	86400	2304	33,170	154,001	2,673
10%	25920	86400	2880	33,501	154,001	3,341

Tabel 3. 4 Komposisi Campuran Paving Block Tipe 2 (1 Semen : 5 Pasir)

Berjumlah 60 Buah

Prosentase campuran limbah cangkang kerang darah	Semen Cm³	Pasir Cm³	Cangkang Kerang Cm³	Jumlah Semen (Kg)	Jumlah Pasir (Kg)	Jumlah Cangkang Kerang Darah (Kg)
0%	19200	96000	0	23,875	171,194	0
4%	18432	96000	768	23,903	171,194	0,972
6%	18048	96000	1152	22,417	171,194	1,458
8%	17664	96000	1536	21,931	171,194	1,944
10%	17280	96000	1920	21,688	171,194	2,187

3.8 Prosedur Pembuatan Benda Uji Paving Block

Pekerjaan pembuatan benda uji paving block dilakukan di Laboratorium PT. Varia Usaha Beton. Prosedur pembuatan paving block sebagai berikut :

1. Pasir dimasukkan ke dalam *Batcher Plant* dan semen ke dalam *Silo* seperti yang ditampilkan pada gambar 3.9.



Gambar 3. 9 (a) *Batcher Plant*, dan (b) *Silo Semen*

2. Menakar bahan semen dan pasir untuk campuran sesuai dengan perbandingan 1 semen : 3 pasir dan 1 semen : 5 pasir. Campuran benda uji paving block menggunakan campuran cangkang kerang 0%, 4%, 6%, 8%, 10% dari berat semen di dalam ruang operator (Gambar 3.10).



Gambar 3. 10 Ruang Operator

3. Benda uji dibuat untuk setiap variasi persentase cangkang kerang masing-masing 3 benda uji, seperti uraian pada Tabel 3.3 dan 3.4. Total benda uji adalah 120 buah.
4. Material yang sudah ditakar diturunkan diatas *conveyor* lalu dipindahkan ke dalam *mixer* (Gambar 3.11)



Gambar 3.11 *Conveyor dan Mixer*

5. Aduk material yang sudah dicampur, lalu tambahkan air kedalam *mixer* dan aduk kembali hingga merata selama 5 menit seperti Gambar 3.11.
6. Pindahkan material yang sudah tercampur menggunakan *Conveyor* ke dalam *Block Making Machine* seperti Gambar 3.12.



Gambar 3.12 *Block Marking Machine*

7. Siapkan *pallet* dibawah *Block Moulding* seperti Gambar 3.13.



Gambar 3.13 *Pallet*

8. Turunkan campuran material pada *Block Making Machine* ke dalam *Block Moulding* yang sudah terdapat *pallet* pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 *Block Moulding* dan *Hydraulic Pressure*

9. Tekan dan getarkan menggunakan *Hydraulic Pressure*
10. Setelah paving block tercetak, kemudian paving block dipindahkan menggunakan *Stacking Machine* ke *forklift* seperti Gambar 3.15



Gambar 3.15 *Stacking Machine*

11. Pindahkan paving block yang terdapat di *forklift* ke area yang tidak terpapar oleh sinar matahari seperti terlihat pada Gambar 3.16 hingga usia pengujian.



Gambar 3.16 Penempatan Paving Block Di Area Teduh

12. Pengujian kuat tekan benda uji paving block dilakukan pada 7, 14 dan 28 hari. Pengujian porositas dilakukan pada umur 28 hari.

Kebutuhan benda uji paving block untuk penelitian ini diuraikan pada Tabel 3.5 (Tipe 1 dan Tabel 3.6 (Tipe 2).

Tabel 3.5 Jumlah Benda Uji Paving Block Tipe 1 (1 Semen : 3 Pasir)

Benda Uji	Campuran Cangkang Kerang (%)	Jumlah Benda Uji				
		Usia Uji Kuat Tekan			Uji Porositas Usia 28 Hari	Jumlah Benda Uji (Buah)
		7 Hari	14 Hari	28 Hari		
PV 1 CK 0	0%	3	3	3	3	12
PV 1 CK 4	4%	3	3	3	3	12
PV 1 CK 6	6%	3	3	3	3	12
PV 1 CK 8	8%	3	3	3	3	12
PV 1 CK 10	10%	3	3	3	3	12
Total Jumlah Benda Uji (buah)						60

Tabel 3.6 Jumlah Benda Uji Paving Block Tipe 2 (1 Semen : 5 Pasir)

Benda Uji	Campuran Cangkang Kerang (%)	Jumlah Benda Uji				
		Usia Uji Kuat Tekan			Uji Porositas Usia 28 Hari	Jumlah Benda Uji (Buah)
		7 Hari	14 Hari	28 Hari		
PV 2 CK 0	0%	3	3	3	3	12
PV 2 CK 4	4%	3	3	3	3	12
PV 2 CK 6	6%	3	3	3	3	12
PV 2 CK 8	8%	3	3	3	3	12
PV 2 CK 10	10%	3	3	3	3	12
Total Jumlah Benda Uji (buah)						60

3.9 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan setelah satu hari dari pencetakan paving block. Pada umur 1 hari atau benda uji cukup keras dilakukan penyiraman secara merata dengan periode 1 kali sehari selama 28 hari, setelah disiram benda uji ditaruh ditempat yang teduh agar terjaga kelembapannya hingga mencapai umur 28 hari. Pada Gambar 3.17 hal ini dimaksudkan agar proses pengeringan dan pengerasan paving block untuk mencegah terjadinya retak-retak atau pecah pada paving block.



Gambar 3.17 Proses Curing Paving Block

3.10 Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan paving block untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan paving block dianalogikan sama seperti kuat tekan silinder beton, sehingga besarnya beban yang dapat ditahan oleh silinder beton persatuan luas yang menyebabkan benda uji silinder beton hancur karena gaya yang dihasilkan oleh mesin tekan dapat diartikan sebagai nilai kuat tekan paving block. Kuat tekan mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula yang dihasilkan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan f_c' dari benda uji paving block. Nilai kuat tekan yang dihasilkan menunjukkan kekuatan paving block dalam menahan beban. Pengujian menggunakan alat *compression test* hidrolis. Benda uji diletakkan pada alat dan diberi beban tekan dari atas dan bawah. Pengujian kuat tekan dihentikan setelah dial pada alat *compression test* berhenti. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tekan dari benda uji tersebut sudah maksimal. Pengujian untuk kuat tekan dilakukan di Laboratorium PT. Varia Usaha Beton. Perhitungan kuat tekan dari benda uji menurut SNI 03-0691-1996 dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

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

Keterangan :

$f'c$ = Kuat tekan benda uji (MPa)

P = Beban maksimum yang ditunjukkan dial mesin tekan (N atau kN)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

3.11 Pengujian Porositas

Uji porositas adalah pengujian untuk mengetahui pori-pori yang terdapat pada benda uji. Bila nilai prosentase pori-pori yang dihasilkan tinggi, menunjukkan bahwa paving block memiliki banyak pori dan memiliki sifat porous yaitu sangat mudah menyerap air. Hal ini akan menyebabkan mutu paving block menjadi turun. Sebaliknya bila persentase pori-pori rendah menunjukkan sedikit pori pada matriks paving block. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari dengan prosedur mengacu pada SNI 03-0691-1996. Cara pengujian : benda uji direndam selama 24 jam, kemudian ditimbang pada saat benda uji basah. Selanjutnya dioven dan ditimbang lagi pada saat benda uji kering. Kemudian dioven lagi dan ditimbang hingga mendapatkan berat konstan. Porositas dihitung mengacu pada SNI 03-0691-1996 yaitu :

$$\text{Porositas} = \frac{A-B}{B} \times 100 \dots\dots\dots(3.11)$$

Dengan :

A = Berat paving block basah

B = Berat paving block kering