

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Uraian Umum

Dalam suatu penelitian agar tujuan yang diinginkan dapat tercapai dengan baik, maka diperlukan adanya suatu metode penelitian. Metode penelitian merupakan langkah-langkah penelitian suatu masalah, kasus, gejala, atau fenomena dengan jalan ilmiah untuk menghasilkan jawaban yang dapat dipertanggungjawabkan.

Metode yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan secara langsung untuk mendapatkan suatu data atau hasil yang menghubungkan antara variabel-variabel yang diselidiki. Pada penelitian ini eksperimen dilaksanakan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret.

3.2. Benda Uji Penelitian

Tahap awal, dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji beton mutu tinggi metode *Dreux*. Setelah pengujian bahan yang dilakukan memenuhi standar persyaratan, maka dilanjutkan dengan membuat benda uji. Benda uji akan diuji dengan uji kuat tekan, penetrasi dan permeabilitas. Pengujian kuat tekan menggunakan silinder 15 cm x 30 cm, pengujian permeabilitas dan penetrasi menggunakan silinder 7,5 cm x 15cm dengan variasi persentase serat bendrat 0%; 0,5%; 1%; 1,5%, dan 2% berjumlah 4 buah per benda uji, dapat dilihat pada tabel 3.1. dan 3.2. berikut ini :

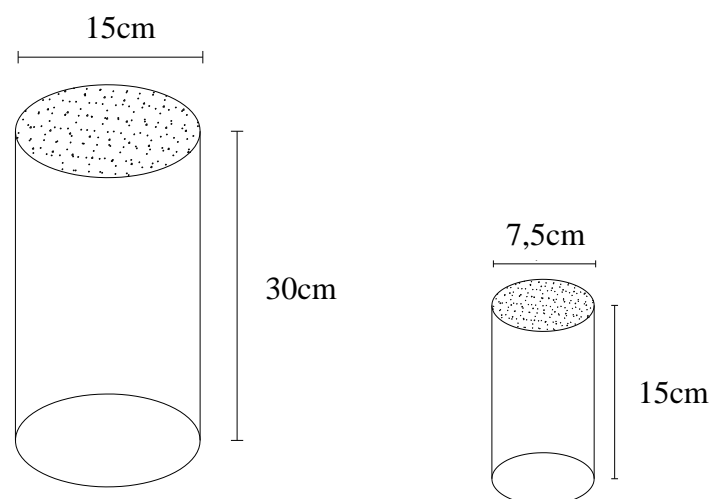
Tabel 3.1. Jumlah dan kode benda uji kuat tekan

NO	Kadar Serat Bendrat (%)	Kode Benda Uji	Kadar Fly Ash (%)	Jumlah Benda Uji
1	0%	BS-0	15%	4
2	0,5%	BS-0,5	15%	4
3	1%	BS-1,5	15%	4
4	1,5%	BS-1,5	15%	4
5	2%	BS-2	15%	4

Tabel 3.2. Jumlah dan kode benda uji permeabilitas dan penetrasi beton

NO	Kadar Serat Bendrat (%)	Kode Benda Uji	Kadar Fly Ash (%)	Jumlah Benda Uji
1	0%	BS-0	15%	4
2	0,5%	BS-0,5	15%	4
3	1%	BS-1	15%	4
4	1,5%	BS-1,5	15%	4
5	2%	BS-2	15%	4

Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm x 30 cm dan 7,5 cm x 15 cm , dapat dilihat pada Gambar 3.1 :

**Gambar 3.1.** Benda uji kuat tekan, permeabilitas dan penetrasi beton.

3.3. Tahapan dan Prosedur Penelitian

Karena sifat penelitian yang ilmiah, maka penelitian ini dilaksanakan dalam urutan dan sistematika yang jelas. Tahap-tahap pelaksanaan penelitian direncanakan melalui beberapa tahapan kerja sebagai berikut :

a. Tahap I

Disebut tahap penelitian, karena pada tahap ini seluruh bahan dan peralatan yang dibutuhkan dan digunakan dalam penelitian ini dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat berjalan dengan lancar.

b. Tahap II

Disebut tahap uji bahan, karena pada tahap ini dilakukan penelitian terhadap agregat halus dan agregat kasar yang akan digunakan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan tersebut sehingga dapat diketahui apakah bahan yang akan digunakan dalam penelitian memenuhi persyaratan atau tidak.

c. Tahap III

Disebut tahapan pembuatan benda uji. Pada tahap ini dilakukan pekerjaan sebagai berikut :

- a) Penetapan rancang campur (*mix design*) adukan beton dengan metode *Dreux*.
- b) Pembuatan adukan beton
- c) Pemeriksaan nilai *slump*.
- d) Pembuatan benda uji.

d. Tahap IV

Pada tahap ini benda uji dilakukan perawatan (*curing*), dengan cara benda uji direndam selama 21 hari, setelah itu benda uji dikeluarkan dan diangin-anginkan sampai umur pengujian yaitu umur 28 hari.

e. Tahap V

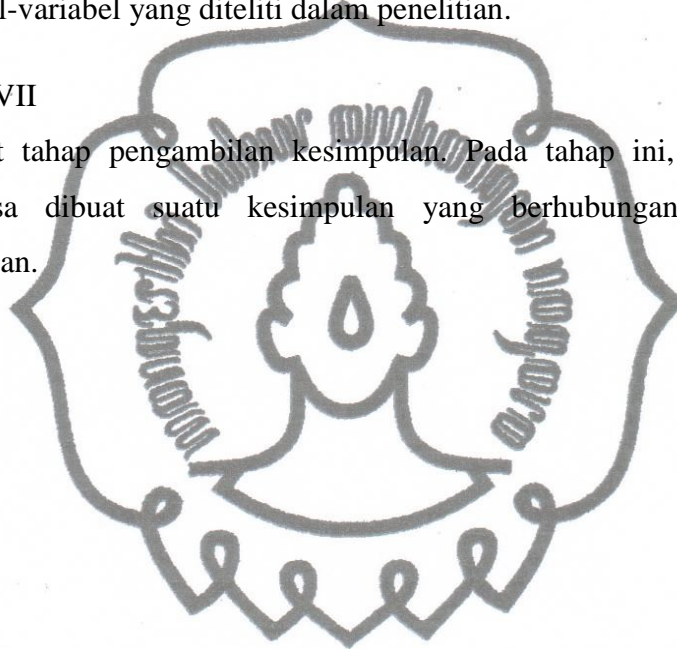
Setelah benda uji mencapai umur 28 hari, pada tahap ini dilakukan pengujian permeabilitas dan penetrasi. Pengujian ini dilakukan terhadap benda uji silinder dengan \varnothing . 75 mm dan 150 mm.

f. Tahap VI

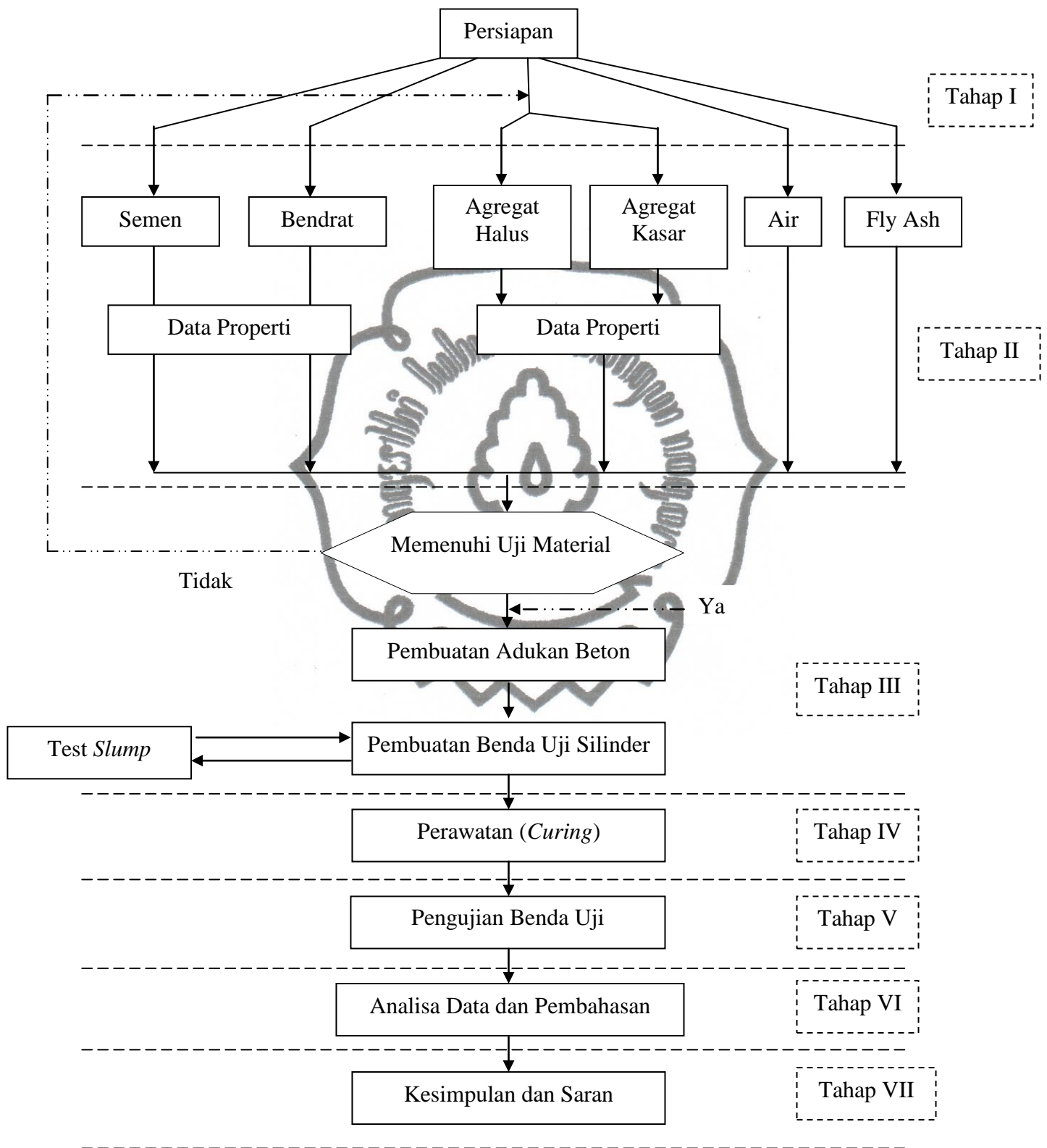
Disebut tahap analisa data. Pada tahap ini, data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisa untuk mendapatkan suatu kesimpulan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian.

g. Tahap VII

Disebut tahap pengambilan kesimpulan. Pada tahap ini, data yang telah dianalisa dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.



Tahapan penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar 3.2. sebagai berikut



commit to user
Gambar 3.2. Bagan Alir Tahap-tahap Penelitian

3.4. Standar Penelitian dan Spesifikasi Bahan Dasar

Pengujian terhadap bahan-bahan pembentuk beton perlu dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari bahan penyusun beton tersebut. Pengujian ini dilakukan terhadap agregat halus dan agregat kasar. Pengujian dilakukan dengan standar ASTM dan SK SNI, sedangkan air yang digunakan dalam adukan beton sesuai dengan air dalam PBI 1971 pasal 3.6.

3.4.1. Standar Pengujian Agregat Halus

Pengujian untuk agregat halus dilaksanakan berdasarkan standar ASTM dan disesuaikan dengan spesifikasi bahan menurut ASTM & PBI 1971. Standar pengujian terhadap agregat halus adalah sebagai berikut :

- a. ASTM C-40 : Standar penelitian untuk pengujian kandungan zat organik dalam agregat halus.
- b. ASTM C-117 : Standar penelitian untuk pengujian agregat yang lolos saringan no. 200 dengan pencucian (tes kandungan lumpur).
- c. ASTM C-128 : Standar penelitian untuk menentukan *specific gravity* dari agregat halus.
- d. ASTM C-136 : Standar penelitian untuk analisis saringan agregat halus.

Spesifikasi bahan untuk agregat halus adalah sebagai berikut :

- a. ASTM C-33 : Spesifikasi standar untuk agregat halus.
- b. PBI 1971 : Spesifikasi standar untuk agregat halus.

3.4.2. Standar Pengujian Agregat Kasar

Pengujian untuk agregat kasar dilaksanakan berdasarkan standar ASTM dan disesuaikan dengan spesifikasi bahan menurut ASTM dan PBI 1971. Standar pengujian terhadap agregat kasar adalah sebagai berikut :

- a. ASTM C-127 : Standar penelitian untuk menentukan *specific gravity* dari agregat kasar.

- b. ASTM C-131 : Standar penelitian untuk pengujian keausan agregat kasar.
- c. ASTM C-136 : Standar penelitian untuk analisis saringan agregat kasar.

Spesifikasi bahan untuk agregat kasar adalah sebagai berikut :

- a. ASTM C-33 : Spesifikasi standar untuk agregat kasar.
- b. PBI 1971 : Spesifikasi standar untuk agregat kasar.

3.5. Alat Uji Penelitian Yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan alat-alat yang tersedia di laboratorium bahan bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Alat-alat yang digunakan antara lain :

- a. Ayakan dan mesin penggetar ayakan
Ayakan baja dan penggetar yang digunakan adalah merk “Controls” Italy, bentuk lubang ayakan bujur sangkar dengan ukuran lubang ayakan yang tersedia adalah 75 mm; 50 mm; 38,1 mm; 25 mm; 19 mm; 12,5 mm; 9,5 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,85 mm; 0,30 mm; 0,15 mm; dan pan.
- b. Timbangan dengan kapasitas 2 kg dan 50 kg yang digunakan untuk menimbang berat bahan campuran beton.
- c. Timbangan digital

- d. Oven

Untuk keperluan pengeringan agregat maupun benda uji digunakan oven merk “mimmert”, West Germany dengan temperatur maksimum 220°C dan daya listrik 1500 W.

- e. Mesin *los Angeles*

Mesin *los Angeles* yang digunakan adalah merk “Controls” Italy serta 11 buah baja, digunakan untuk menguji katahanan aus (*abrasi*) agregat kasar.

- f. *Conical Mould*

Conical mould dengan ukuran sisi atas Ø 3,8 cm, sisi bawah Ø 8,9 cm dan tinggi 7,6 cm lengkap dengan penumbuknya. Digunakan untuk mengukur keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) dari agregat halus (pasir).

g. Kerucut Abraham

Kerucut Abraham terbuat dari baja dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm, digunakan untuk mengukur nilai *Slump* adukan beton.

h. Cetakan benda uji

Digunakan untuk mencetak benda uji. Bentuk cetakan ini adalah silinder bekesting dengan diameter 30 cm dan tinggi 15 cm serta silinder yang berupa pipa PVC dengan diameter 7,5 cm dan tinggi 15 cm.

i. Alat-alat bantu :

Untuk kelancaran dan kemudahan dalam penelitian digunakan beberapa alatbantu yaitu :

- 1) Gelas ukur 2000 ml untuk menakar air.
- 2) Gelas ukur 250 ml untuk meneliti kandungan lumpur dan kandungan zat organik agregat halus.
- 3) Cetok semen digunakan untuk mengambil material, mengaduk dan untuk memasukkan campuran adukan beton ke dalam cetakan beton.
- 4) Besi penusuk berfungsi untuk pemadatan.
- 5) *Vibrator* untuk pemadatan campuran beton agar homogen.
- 6) Alat pencatat waktu.
- 7) Ember untuk tempat air.
- 8) Cangkul dan sekop untuk mengaduk bahan-bahan campuran beton agar merata.

j. Satu set alat uji serapan (*Absorpsi*)

- 1) Ember digunakan untuk merendam bahan uji.
- 2) Timbangan digital untuk mengukur berat benda uji.

k. Satu set alat uji penetrasi beton dan permeabilitas

- 1) Air compressors untuk menghasilkan tekanan udara.
- 2) Tabung gas yang dilengkapi dengan pengukur tekanan yang berfungsi untuk pengumpul tekanan udara.
- 3) Selang tekanan untuk menyalurkan tekanan dari tabung ke benda uji.
- 4) Katup pengatur tekanan untuk mengatur keluar masuknya tekanan dan sebagai penghubung selang ke benda uji maupun tabung gas.

- 5) Selang transparan dipakai untuk mengukur penurunan aliran air.
- 6)Tiang penyangga untuk menggantung selang transparan agar dapat tegak.

3.6. Bahan Uji Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pembuatan beton mutu tinggi berserat ini meliputi :

- a. Pasir
- b. Agregat
- c. Semen Gresik (PC)
- d. Serat Bendrat
- e. Air
- f. *Fly Ash*

3.7. Pengujian Bahan Dasar Beton

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari material pembentuk beton. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar yang ada. Dalam penelitian ini hanya dilakukan pengujian terhadap agregat halus dan kasar. Sedangkan terhadap semen tidak dilakukan pengujian.

3.7.1. Pengujian Agregat Halus

3.7.1.a. Pengujian Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus

Pasir adalah salah satu bahan dasar beton yaitu sebagai agregat halus. Pasir yang digunakan dalam pembuatan beton harus memenuhi beberapa persyaratan, salah satunya adalah pasir harus bersih. Pasir bersih yaitu pasir yang tidak mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat keringnya. Lumpur adalah bagian dari pasir yang lolos dari ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci terlebih dahulu. Syarat-syarat agregat halus harus sesuai dengan PBI NI-2, 1971.

Pengujian kadar lumpur dalam agregat halus bertujuan untuk mendeteksi kandungan lumpur dalam pasir sebagai salah satu komponen penyusun beton.

- 1) Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:
 - a) Gelas ukur 250 cc
 - b) Cawan Aluminium
 - c) Neraca dengan ketelitian 100 mg
 - d) Pipet
 - e) Oven
 - f) Agregat halus (pasir) kering oven lolos ayakan 2 mm
 - g) Air Bersih
- 2) Langkah pengujian kadar lumpur dalam agregat halus dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :
 - a) Menyiapkan sampel pasir dan mengeringkan dalam oven.
 - b) Menimbang pasir kering oven seberat 100 gram.
 - c) Memasukkan pasir ke dalam gelas ukur
 - d) Melakukan proses pencucian sebagai berikut :
 - (1).Memasukkan air ke dalam gelas ukur yang telah berisi pasir dengan ketinggian 12 cm dari permukaan pasir.
 - (2).Menutup mulut gelas rapat-rapat dengan tangan.
 - (3).Gelas dikocok 10 kali (dianggap satu kali pencucian).
 - (4).Membuang air dalam gelas (usahakan pasir tidak ikut terbang).
 - (5).Proses pencucian diulang sampai bersih.
 - e) Menuangkan pasir ke dalam cawan (air yang ikut menetes diambil dengan pipet).
 - f) Mengeringkan pasir dalam cawan tersebut pada oven dengan suhu 110 °C.
 - g) Mengeluarkan pasir tersebut dari oven dan mendinginkannya hingga mencapai suhu kamar.
 - h) Menimbang pasir yang sudah dikeringkan.
 - i) Menganalisis data

Kadar lumpur dapat dihitung dengan Persamaan 3.1 :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan : a = Berat awal pasir

 b = Berat akhir pasir

3.7.1.b. Pengujian Kadar Zat Organik dalam Agregat Halus

Pasir sebagai agregat halus dalam campuran beton tidak boleh mengandung zat organik terlalu banyak karena akan mengakibatkan penurunan kekuatan beton yang dihasilkan. Kandungan zat organik ini dapat dilihat dari percobaan warna dari *Abrams Harder* dengan menggunakan larutan NaOH 3% sesuai dengan persyaratan dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI NI-2, 1971). Berikut hubungan perubahan warna NaOH dengan prosentase kandungan zat organik dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Pengaruh Kadar Organik Terhadap Prosentase Penurunan Kekuatan Beton

Warna	Penurunan Kekuatan (%)
Jernih	0%
Kuning Muda	0 - 10%
Kuning Tua	10 - 20%
Kuning Kemerahan	20 - 30%
Coklat Kemerahan	30 - 50%
Coklat Tua	50 - 100%

Sumber : Prof. Ir. Rooseno, 1995

Pengujian kandungan zat organik agregat halus bertujuan untuk menentukan banyak sedikitnya kandungan zat organik dalam pasir.

1) Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain :

a) Gelas ukur 250 cc

b) Oven

commit to user

- c) Ayakan 2 mm
 - d) Timbangan
 - e) Agregat halus (pasir) kering oven lolos ayakan 2 mm
 - f) Larutan NaOH 3 %
- 2) Langkah pengujian kandungan zat organik agregat halus dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :
- a) Mengambil contoh pasir kering oven secukupnya.
 - b) Mengayak pasir dengan ayakan 2 mm hingga mencapai 130cc.
 - c) Memasukkan contoh pasir dalam gelas ukur 250 ml.
 - d) Menuangkan NaOH 3% ke dalam gelas ukur sehingga mencapai 200 ml.
 - e) Mengocok pasir dan larutan NaOH selama 10 menit.
 - f) Meletakkan campuran tersebut pada tempat terlindung selama 24 jam.
 - g) Mengamati warna air di atas pasir.
 - h) Mencocokkan dengan tabel Prof. Rosseno.

3.7.1.c. Pengujian *Specific Gravity* Agregat Halus

Berat jenis merupakan salah satu variabel yang sangat penting dalam merencanakan campuran adukan beton, karena dengan mengetahui variabel tersebut dapat dihitung volume pasir yang diperlukan.

Pengujian *specific gravity* agregat halus bertujuan untuk menentukan *bulk specific gravity*, *bulk specific gravity SSD*, *apparent specific gravity*, dan *absorption* agregat halus.

- 1) Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain :
- a) *Conical Mould* dan temper (pemadat)
 - b) Tabung *Volumetric Flash* 500 cc
 - c) Neraca/timbangan
 - d) Oven
 - e) Cawan
 - f) Pipet

- g) Agregat halus lolos ayakan 2 mm
 - h) Air bersih
- 2) Langkah pengujian *specific gravity* agregat halus dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :
- a) Membuat pasir dalam keadaan SSD dengan cara :
 - (1).Mengambil pasir yang telah disediakan (dianggap kondisi lapangan SSD), masukkan dalam *conical mould* sampai 1/3 tinggi.
 - (2).Menumbuk dengan tamper sebanyak 15 kali, tinggi jatuh temper 2 cm.
 - (3).Menambah pasir hingga 2/3 tinggi, lalu mengulangi prosedur b.
 - (4).Menambah pasir hingga penuh dan mengulangi lagi prosedur b.
 - (5).Memasukkan pasir hingga penuh lalu meratakan permukaan pasir.
 - (6).Mengangkat *conical mould* sehingga pasir dengan sendirinya akanmerosot. Pemerosotan pasir tidak boleh lebih dari 1/2 tinggi dan apabila penurunan pasir mencapai 1/3 tinggi atau $\pm 2,5$ cm, maka pasir tersebut sudah dalam keadaan kering permukaan (SSD).
 - b) Mengambil pasir SSD sebanyak 500 gram, dimasukkan dalam *volumetrick flash*, dan diisi air hingga penuh lalu didiamkan hingga 24 jam.
 - c) Setelah 24 jam, menimbang *volumetrick flash* yang berisi pasir dan air tersebut.
 - d) Mengeluarkan pasir dari *volumetrick flash* dan memasukkan ke cawan dengan membuang air terlebih dahulu, jika dalam cawan masih ada air mengeluarkannya dengan menggunakan pipet.
 - e) Memasukkan pasir dalam cawan ke dalam oven dengan suhu 1100 C selama 24 jam.
 - f) *Volumetrick flash* yang telah kosong dan bersih diisi air sampai penuh dan ditimbang.
 - g) Pasir yang telah dioven didiamkan sampai mencapai suhu kamar kemudian menimbang pasir tersebut.
 - h) Dari data yang diperoleh, dapat dihitung nilai *specific gravity* (berat jenis).

Menganalisa hasil pengujian tersebut dengan Persamaan 3.2 – 3.5 :

$$\text{Bulk specific gravity} = \frac{A}{B + 500 - C} \dots\dots\dots, \quad (3.2)$$

$$\text{Bulk specific gravity SSD} = \frac{500}{B + 500 - C} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\text{Apparent specific gravity} = \frac{A}{B + A - C} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\text{Absorption} = \frac{500 - A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

dengan :

A = berat pasir kering oven (gram)

B = berat *Volumetric Flask* berisi air (gram)

C = berat *Volumetric Flask* berisi pasir dan air (gram)

500 = berat pasir dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

3.7.1.d. Pengujian Gradasi Agregat Halus

Gradasi dan keseragaman diameter pasir sebagai agregat halus lebih diperhitungkan daripada agregat kasar, karena sangat menentukan sifat pengerjaan dan sifat kohesi campuran adukan beton. Pasir sangat menentukan pemakaian semen dalam pembuatan beton. Menurut ASTM agregat halus yang baik adalah mempunyai gradasi butiran sesuai Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Syarat Persentase Berat Lolos Standar ASTM

Diameter Ayakan (mm)	Berat Lolos Sesuai Standar ASTM (%)
9,50	100
4,75	90 - 100
2,36	75 - 100
1,18	55 - 90
0,60	35 - 59
0,30	8 - 30
0,15	0 - 10
0	<i>commit to user</i> 0

Langkah pengujian gradasi agregat halus dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

- a) Menyiapkan agregat halus (pasir) sebanyak 3000 gr.
- b) Menyiapkan satu set ayakan dan menyusun berurutan mulai dari pan (paling bawah), hingga ayakan 9,5 mm (paling atas), lalu susunan ayakan tersebut diletakkan pada mesin penggetar.
- c) Menuangkan pasir ke dalam ayakan paling atas dan menutup rapat-rapat susunan ayakan tersebut.
- d) Menghidupkan mesin penggetar selama 5 menit.
- e) Setelah 5 menit matikan mesin, lalu menimbang dan mencatat berat agregat halus yang tertinggal pada masing-masing ayakan.
- f) Menghitung modulus kehalusan dengan menggunakan Persamaan 3.6 :

$$\text{Modulus kehalusan} = \frac{d}{e} \dots\dots\dots (3.6)$$

dengan :

$d = \sum$ persentase komulatif berat pasir yang tertinggal selain dalam pan.

$e = \sum$ persentase berat pasir yang tertinggal

3.7.2. Pengujian Agregat Kasar

3.7.2.a. Pengujian *Specific Gravity*

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian adalah kerikil atau batu pecah dengan diameter maksimum 20 mm. Standar pengujian yang digunakan pada pengujian *specific gravity* agregat kasar adalah ASTM C 127. Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui :

- a. *Bulk specific gravity*, yaitu perbandingan antara berat kerikil dalam kondisi kering dengan volume kerikil total
- b. *Bulk specific gravity SSD*, yaitu perbandingan antara berat kerikil jenuh dalam kondisi kering permukaan dengan volume kerikil total
- c. *Apparent specific gravity*, yaitu perbandingan antara berat kerikil dalam kondisi kering dengan volume butir kerikil
- d. *Absorption*, yaitu perbandingan antara berat air yang diserap dengan berat kerikil kering.

Untuk menganalisis hasil pengujian dengan persamaan 3.7s/d3.10 sebagai berikut:

$$\text{Bulk specific gravity} = \frac{A}{B-C} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$\text{Bulk specific gravity SSD} = \frac{B}{A-C} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$\text{Apparent Spesific Gravity} = \frac{A}{A-C} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$\text{Absorbtion} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (3.10)$$

dengan :

f = berat agregat kasar(3000 gram)

g = berat agregat kasar setelah direndam 24 jam dan dilap (gram)

h = berat agregat kasar jenuh (gram)

3.7.2.b. Pengujian Gradasi

Gradasi pada kerikil sebagai agregat kasar menentukan sifat pengerjaan dan sifat kohesi dari campuran beton, sehingga gradasi pada agregat kasar sangatlah diperhatikan. Pengujian gradasi agregat kasar menggunakan standar pengujian ASTM C136. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gradasi atau variasi diameter butiran kerikil, prosentase dan modulus kehalusannya. Modulus kehalusan adalah angka yang menunjukkan tinggi rendahnya tingkat kehalusan kerikil.

Modulus kehalusan kerikil dihitung menggunakan persamaan 3.11 sebagai berikut:

$$\text{Modulus Halusan (MH)} = \frac{\sum \% \text{ kumulatif berat tertinggal} - 100}{\sum \% \text{ berat tertinggal}} \dots\dots (3.11)$$

3.7.2.c. Pengujian Abrasi

Agregat kasar harus memiliki ketahanan terhadap keausan akibat gesekan. Standar pengujian abrasi pada agregat kasar menggunakan ASTM C131, dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Bagian yang hilang akibat gesekan tidak boleh lebih dari 50%. Prosentase berat yang hilang dihitung dengan menggunakan persamaan 3.12 sebagai berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{\text{Berat Kerikil Sebelum Putaran} - \text{Berat Kerikil Setelah Putaran}}{\text{Berat Kerikil Sebelum Putaran}} \times 100\%$$

3.8. Perencanaan Campuran Beton

Rencana campuran antara semen, air dan agregat-agregat sangat penting untuk mendapatkan kekuatan beton mutu tinggi yang sesuai dengan yang diinginkan. Perencanaan campuran adukan beton bertujuan untuk memperoleh kualitas beton mutu tinggi yang seragam. Dalam penelitian ini rencana campuran beton menggunakan rencana *mix design* dengan metode *Dreux* dengan kekuatan mencapai lebih dari 46 Mpa.

3.9. Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah pembuatan benda uji dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

- Menyiapkan material (semen PC, serat bendrat, agregat halus, agregat kasar, air, *fly ash*) dan peralatan yang akan digunakan.
- Menyiapkan cetakan beton.
- Menimbang masing-masing material berdasarkan perhitungan *mix design* beton.
- Membuat adukan beton dengan cara manual, mengaduk material yang telah ditimbang menggunakan cangkul dan cetok semen dan serat bendrat disebar secara random.
- Memeriksa nilai *Slump* dari adukan beton tersebut.

- f. Selanjutnya dilakukan pengecoran dengan menuangkan adukan beton kedalam cetakan dan memberi tanda untuk masing-masing benda uji.
- g. Kemudian dilakukan pemadatan. Setelah cetakan terisi penuh maka permukaan diratakan dan dibiarkan selama 24 jam.
- h. Melepas beton dari cetakan dan melakukan perawatan pada beton dengan cara merendam ke dalam air sampai waktu pengujian.

3.10. Pengujian Nilai Slump

Slump beton adalah besaran kekentalan (*Viscosity*) atau plastisitas dan kohesif beton segar. Menurut SK SNI M-12-1989-F, cara pengujian nilai slump adalah sebagai berikut :

- a. Membasahi cetakan dan pelat dengan air.
- b. Meletakan cetakan diatas pelat dengan kokoh.
- c. Mengisi cetakan sampai penuh dalam 3 lapisan dimana tiap lapisan berisi kira-kira 1/3 isi cetakan, kemudian setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan.
- d. Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang ada di sekitar cetakan harus disingkirkan.
- e. Mengangkat cetakan perlahan-lahan tegak lurus keatas.
- f. Mengukur nilai *Slump* yang terjadi.

3.11. Perawatan Benda Uji

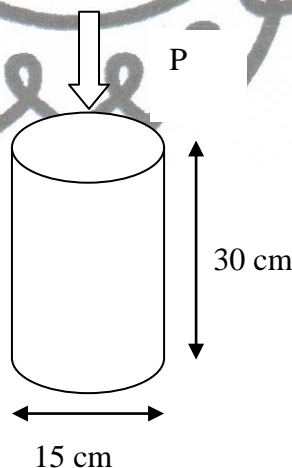
Perawatan dilakukan dengan cara merendam benda uji ke dalam air dengan tujuan agar air yang terdapat di dalam beton tidak menguap dengan cepat, sehingga beton mengalami proses hidrasi yang baik. Dengan demikian mutu beton yang terjadi dapat sesuai dengan mutu yang direncanakan. Benda uji direndam dalam air selama 21 hari kemudian di angin-anginkan supaya kering dan dilakukan pengujian pada umur beton 28 hari.

3.12. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang telah berumur 28 hari dengan memberikan tekanan pada benda uji hingga runtuh.

Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut:

- Mengukur dimensi benda uji.
- Menimbang benda uji dan memberi tanda/label.
- Meletakkan benda uji pada ruang penekan *Compression Testing Machine*
- Memutar jarum penunjuk tepat pada posisi nol, kemudian menghidupkan mesin tekan.
- Mengamati setiap perubahan/pergerakan pada jarum pengukurnya.
- Bila jarum sudah tidak bergerak lagi maka mesin dimatikan, dengan kata lain beton sudah hancur.
- Selanjutnya membaca dan mencatat angka pada jarum ukur yang merupakan besarnya beban tekan beton.



Gambar 3.3. Contoh Benda Uji Kuat Tekan Beton

- Menghitung besarnya kuat tekan benda uji dengan rumus:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3.12)$$

commit to user

Dimana :

f'_c = kuat tekan beton yang didapat dari benda uji (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (mm^2)

3.13. Pengujian Permeabilitas dan Penetrasi Beton

Berdasarkan *Nieville dan Brooks (Concrete technology, 1987)* uji penetrasi beton dapat diukur dari percobaan benda uji beton yang di-sealed dari air bertekanan pada sisi atasnya saja dan meliputi aspek banyaknya air yang mengalir lewat ketebalan beton pada waktu tertentu.

Pengujian penetrasi dan permeabilitas beton dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Setelah mencapai umur 28 hari, benda uji beton dikeringkan dengan oven sampai mencapai berat konstan.
2. Selang air bertekanan dipasang pada permukaan atas benda uji dengan cara memberi lubang sebesar pipa selangnya. Pipa selang yang berisi air di-sealed, diikat dengan klem pada atas permukaan beton.
3. Benda uji dikenakan air bertekanan 1 kg/cm^2 selama 48 jam, dilanjutkan air bertekanan 3 kg/cm^2 selama 24 jam dan air bertekanan 7 kg/cm^2 selama 24 jam, seperti tampak pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.5. Tekanan Air dan Waktu Penekanan

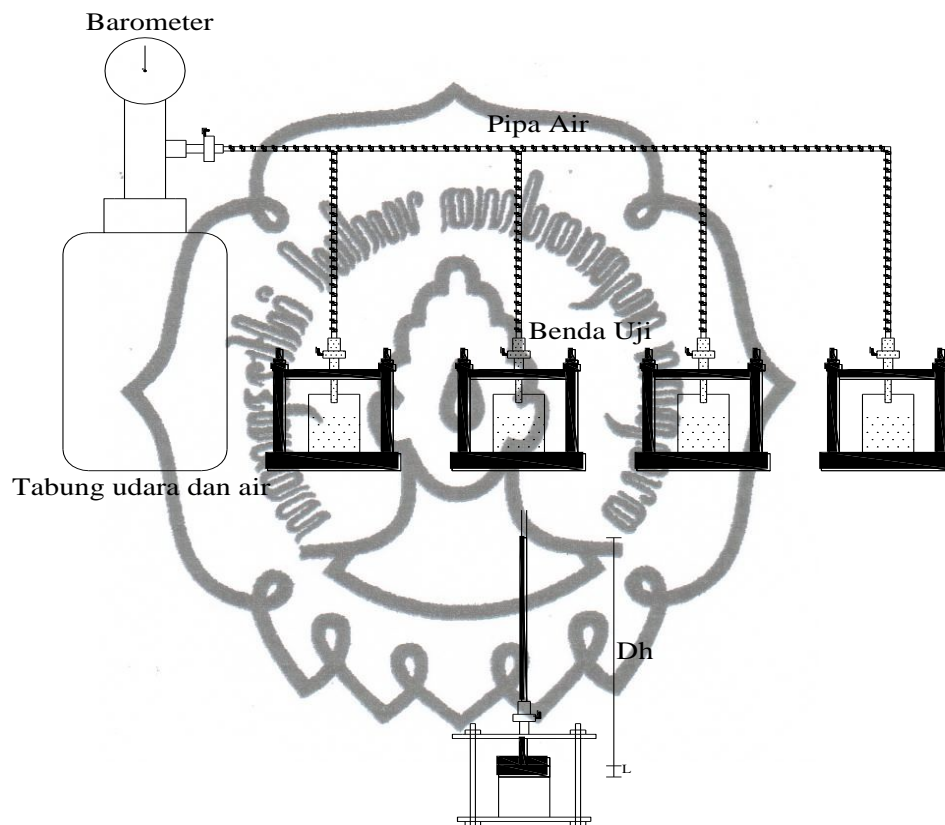
Tekanan Air (kg/cm^2)	Waktu (jam)
1	48
3	24
7	24

Sumber : Suwandojo Siddiq, Makalah Seminar ITB, 1987

4. Selang air bertekanan dilepas, kemudian dipasang selang transparan berisi air yang diletakan pada penyangga, diamkan selama 1 jam untuk mengetahui penurunan air yang terjadi dan tingginya air jatuh.

5. Kemudian benda uji dibelah dan diukur kedalaman penetrasi air, diameter sebaran air dan koefisien permeabilitas dapat dihitung berdasarkan hukum *Darcy*. Dimana koefisien permeabilitas merupakan tolok ukur permeabilitas.

Berikut adalah gambar rangkaian alat uji penetrasi yang digunakan, dapat dilihat pada Gambar 2.4 :



Gambar 3.4. Rangkaian pengujian permeabilitas dan penetrasi beton.

Menurut NISS, 2001

$$dV = A' (h)$$

$$Q = k \cdot A \cdot \frac{h}{L}$$

Dengan kombinasi dan integrasi persamaan (2.3) dan (2.4) didapat

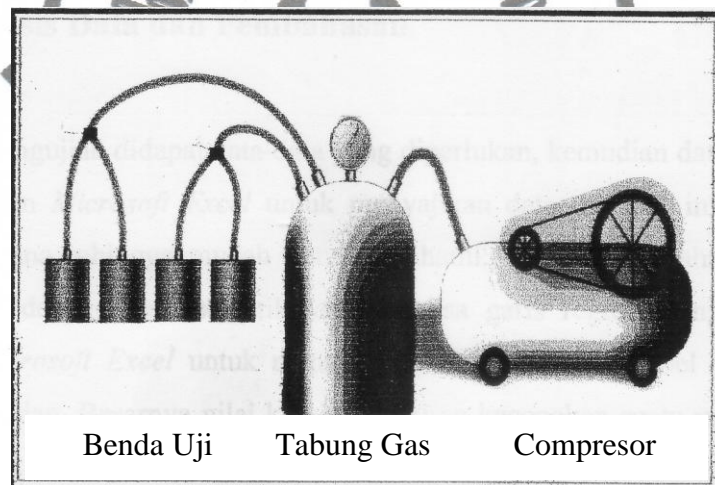
$$k = \left[\frac{A' l}{At} \right] \ln \left[\frac{h_o}{h_i} \right]$$

commit to user

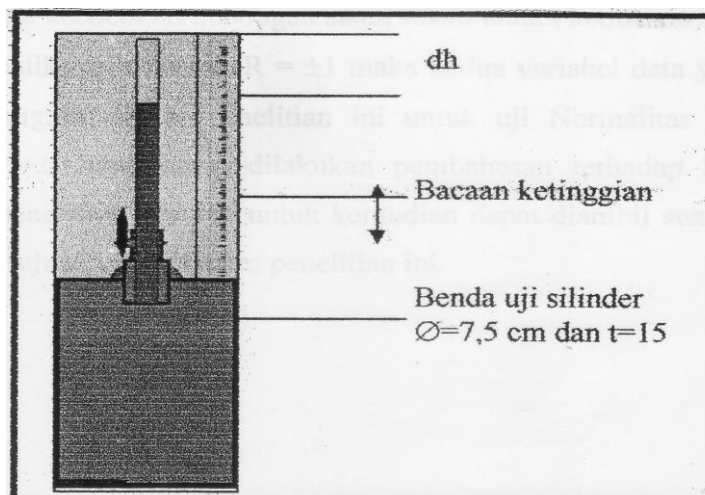
dengan :

- V : Volume total yang diserap benda uji (m^3)
- A' : Luas penampang pipa (m^2)
- h : Tinggi air dalam pipa (m)
- Q : Kecepatan aliran air (m^3/dt)
- A : Luas penampang benda uji (m)
- L : Ketebalan penetrasi air (m)
- K : Koefisien permeabilitas air (m)
- Ho : Tinggi air mula-mula (m)
- Hi : tinggi air akhir (m)
- t : waktu pengaliran (detik)

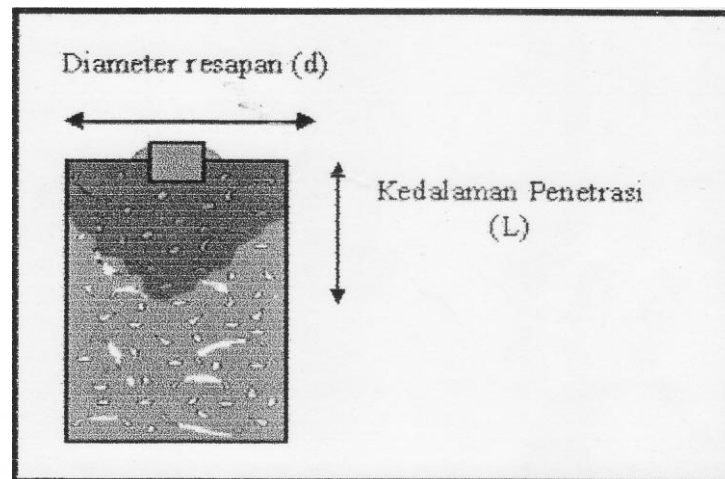
Nilai permeabilitas maksimum yang dianjurkan standar ACI 301 – 729 (revisi 1975) adalah sebesar $1,5 \times 10^{-11} \text{ m/dt}$ ($4,8 \times 10^{-11} \text{ ft/dt}$).



Gambar 3.5. Peralatan Pengujian



Gambar 3.6. Pengujian Tinggi Jatuh Air



Gambar 3.7. Benda Uji Setelah Dibelah (Pengujian Penetrasi)

3.13. Analisis Data dan Pembahasan

Analisa data adalah proses penyederhanaan data kedalam bentuk yang lebih mudah dibaca dan diinterpretasikan. Dalam proses pengolahan data yang diperoleh dari hasil pengujian ini dipakai *microsoft excell* untuk menyajikan data menjadi informasi yang lebih sederhana, mudah dimengerti dan dipahami oleh setiap pembaca yang kemudian dilakukan pembahasan guna menarik kesimpulan.

Dalam penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai serapan dan penetrasi beton mutu tinggi berserat bendrat, kemudian menganalisis hasilnya. Menyimpulkan kecenderungan dari hasil nilai permeabilitas dan penetrasi beton mutu tinggi metode *Dreux* berserat bendrat dengan *fly ash*.