

IV. METODE PENELITIAN

4.1. Pendahuluan

Tahapan penelitian yang dilakukan selama tiga tahun ditunjukkan dalam tahapan penelitian berikut ini:

2014	2015	2016
<i>High volume fly ash concrete (HVFA concrete)</i>		<i>Application of HVFA concrete</i>
Normal Strength concrete	High strength concrete	Self compacting concrete (SCC)
Materials of research - <i>Fly ash</i> class C from 3 different sources - Three levels of strength of <i>concrete</i> - Two addition materials i.e : o High silica material o Lime water as hydration water	Materials of research - <i>Fly ash</i> class C from reliable sources - Three levels of <i>fly ash</i> contents - Two addition materials i.e : o High silica material o Lime water as hydration water	Materials for research - <i>Fly ash</i> from reliable sources - Three levels of <i>fly ash</i> contents - Three levels of strength of <i>concrete</i> - Two addition materials, same as in <i>HVFA concrete</i>
Test of <i>HVFA concrete</i> - Chemical content of <i>fly ash</i> - Properties of fresh <i>concrete</i> - Mechanical properties of the <i>concrete</i>	Test of <i>HVFA concrete</i> - Durability properties of the <i>concrete</i> - Bonding test / structural test - Shrinkage test - Microstructure analysis	Test method - Properties of fresh <i>concrete</i> - Mechanical properties of the <i>concrete</i> - Durability properties of the <i>concrete</i> - Bonding test / structural test - Shrinkage test

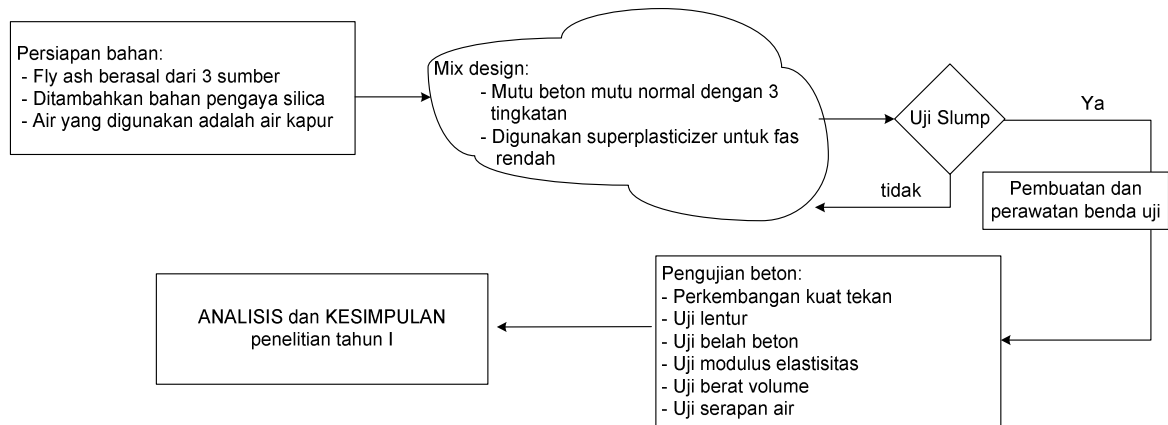
Gambar IV-1Rencana tahapan penelitian

Tahapan penelitian yang diajukan dalam penelitian ini (Gambar 3.1) adalah rencana penelitian jangka pendek penelitian (3 tahun) yang merupakan bagian dari rencana penelitian jangka panjang sebagaimana digambarkan dalam peta jalan penelitian (Gambar 2.1). Tahapan penelitian jangka pendek terdiri dari 2 tema penelitian yaitu penelitian tentang *High volume Fly ash (HVFA) Concrete* dan penelitian tentang aplikasi *HVFA concrete*. Penelitian tentang *HVFA concrete* dimaksudkan untuk melakukan analisis rancangan campuran *HVFA concrete* untuk memproduksi beton dengan kuat tekan mutu normal pada tahun I dan memproduksi beton mutu tinggi pada tahun II. Sedangkan penelitian tentang aplikasi *HVFA concrete* dilaksanakan dengan memanfaatkan *HVFA concrete* dalam pembuatan *self compacting concrete*.

Secara urutan, penelitian pertama dilakukan terlebih dahulu sebagai studi awal untuk memperoleh kesimpulan sifat properties *HVFA concrete*. Setelah diperoleh properties dasar *HVFA concrete* maka dapat dilanjutkan penelitian tentang aplikasi *HVFA concrete*

dalam pembuatan teknologi beton yang lain yaitu *self compacting concrete* (SCC). Kedua penelitian dilakukan secara simultan, dalam pengertian pada 3 tahun masa penelitian, penelitian dilakukan secara menerus dan data yang diperoleh akan saling melengkapi agar diperoleh data penelitian yang lengkap sehingga dapat ditulis dalam sebuah jurnal yang bereputasi International.

4.2. Uraian penelitian tahun pertama



Gambar IV-2 Urutan kegiatan penelitian tahun I

A. Persiapan bahan penelitian

1. *Fly ash* yang digunakan berasal dari 3 sumber yang berbeda yaitu dari PLTU Jepara, PLTU mini, dan *fly ash* yang beredar di pasaran untuk memperoleh data properties *fly ash* yang beredar di masyarakat.
2. Untuk memperkaya kandungan silika dalam *fly ash* digunakan bahan *silica fume* dan abu sekam padi.
3. Air yang digunakan mencampur beton berupa air kapur, agar mempercepat reaksi hidrasi semen.

B. Rancangan campuran beton

1. Metode rancangan campuran yang digunakan adalah metode DOE (Departemen of Environment)
2. Mutu beton yang dipakai ada 3 buah yaitu $f_c' = 15$ MPa, $f_c' = 25$ MPa, dan $f_c' = 35$ MPa.

C. Perawatan

Perawatan yang digunakan adalah dengan perendaman dalam air hingga berumur 56 hari.

D. Pengujian

1. Pengujian kandungan kimia dilakukan terhadap *fly ash*, silica fume dan abu sekam padi.
2. Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui perkembangan kuat tekan beton (3, 7, 14, 21, 28, 56, 91 hari).
3. Pengujian splitting test, lentur beton, modulus elastisitas, berat volume dan kadar air dilakukan pada umur 28, 56 dan 91 hari.

E. Analisis

Analisis dilakukan untuk mengetahui sifat properties beton berdasarkan data-data pengujian dengan Microsoft excel. Selain itu digunakan software Minitab memperoleh faktor yang paling berpengaruh dalam hasil pengujian.

F. Kesimpulan

Dari rangkaian penelitian tahun pertama akan diperoleh kesimpulan seberapa potensi pemakaian *fly ash* di Indonesia untuk pembuatan *high volume fly ash concrete*.

Tabel IV-1 Matrix benda uji penelitian tahun pertama

No	Nama pengujian	Uraian pengujian	Benda uji	Jumlah benda uji
1.	Uji <i>fly ash</i> , silica fume dan abu sekam padi	Mencari kandungan kimia	serbuk	@ 1 kg
2.	Slump test	Pengujian workability beton segar	Beton segar	3 unit
3.	Kuat tekan	Pengujian perkembangan kuat tekan beton sesuai mutu dan umur	Silinder dia. 100 mm; tinggi 200 mm	105 buah
4.	Kuat lentur	Pengujian kekuatan lentur	Balok 100 x 100 x 350 mm	27 buah
5.	Tensile test	Pengujian kuat tarik beton dengan uji belah silinder	Silinder dia. 150 mm; tinggi 300 mm	27 buah
6	Modulus elastisitas	Pengujian mencari modulus elastisitas <i>HVFA concrete</i>	Silinder dia. 100 mm; tinggi 200 mm	45 buah
7	Berat volume dan kadar air	Pengujian berat volume dan kadar air beton yang dihasilkan	Silinder dia. 100 mm; tinggi 200 mm	27 buah

4.3. Lokasi penelitian

Lokasi penelitian akan dilakukan di beberapa tempat sesuai keperluannya, yaitu:

- Pembuatan dan pengujian beton, akan dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Fak. Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memiliki peralatan yang memadai untuk pembuatan beton dan pengujiannya.
- Pengujian kandungan kimia *fly ash* dilakukan di laboratorium Baristand Surabaya.
- Pengujian microstructure dilakukan di Laboratorium Lemigas Jakarta

4.4. Bahan penelitian

Bahan penelitian dipilih dari bahan-bahan yang ada di sekitar Surakarta dengan alasan kemudahan mendapatkan material dan agar pembuatan benda uji sesuai kondisi lingkungan. Uraian bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Air

Air dalam penelitian ini diperlukan sebagai campuran pembuatan beton dan perawatan (*curing*) benda uji beton dengan cara perendaman. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

2. Semen *portland*

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *Portland* jenis I merk Gresik dalam kemasan 40 kg. Secara visual menunjukkan semen dalam keadaan yang baik, kemasan tertutup rapat dan butir-butir semen tidak mengalami penggumpalan, sehingga semen layak untuk digunakan.



Gambar IV-3 Semen Portland jenis PPC merk Semen Gresik

3. Agregat halus

Agregat halus atau pasir adalah agregat yang memenuhi persyaratan ukuran butir yaitu lolos ayakan 4.75 mm (ASTM C33, 1982 dalam Mulyono , 2004). Agregat yang digunakan dalam penelitian ini dibeli dari toko bahan bangunan setempat yang dipilih secara visual berkualitas baik. Agregat halus yang digunakan harus memenuhi persyaratan yaitu:

- 1) Kandungan zat organik pada agregat halus harus masuk standart warna antara no 1-3 jika tidak masuk dalam warna standart no 1-3 maka agregat halus tidak bisa digunakan dalam campuran beton.
- 2) Kandungan kadar lumpur dalam agregat halus maksimal 5 %.
- 3) Berat jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*) pada agregat halus antara 2.5-2.7.
- 4) Penyerapan air dalam agregat halus maksimal 5 %.
- 5) Modulus halus butir antara 1.5-3.8.

Pasir yang digunakan sebagai bahan campuran beton yaitu dalam kondisi SSD (Saturated Surface Dry) atau jenuh kering muka, dengan tujuan pasir tidak akan menyerap air yang diperlukan dalam reaksi hidrasi semen.



Gambar IV-4 Pasir untuk penelitian

4. Agregat kasar

Agregat kasar atau kerikil yang digunakan berasal dari penggilingan batu pecah CV. Jabal Rahma, Ngijo Kulon, Tasikmadu, Karanganyar.. Pemilihan bahan yang berasal dari tempat pemecahan batu dan bukan berasal dari toko dimaksudkan agar diperoleh kualitas agregat kasar yang baik. Sebagaimana pasir, batu pecah yang akan digunakan dibuat dalam kondisi SSD (Saturated Surface Dry) atau jenuh kering muka, dengan tujuan kerikil tidak akan menyerap air yang diperlukan dalam reaksi hidrasi semen. Adapun syarat-syarat agregat kasar yang harus dipenuhi dalam suatu campuran beton adalah :

- 1) Berat jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*) pada agregat kasar antara 2.5-2.7.
- 2) Penyerapan air dalam agregat kasar maksimal 3 %.
- 3) Modulus halus butir antara 5-8.



Gambar IV-5 Kerikil

5. Fly ash

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari 2 sumber yang berbeda, yaitu:

- a. *Fly ash* yang berasal dari PLTU, dimana diharapkan *fly ash* ini telah memenuhi standar sebagai mineral admixture di dalam beton. Dalam hal ini *fly ash* berasal dari PLTU Jepara.
- b. *Fly ash* yang dibeli di pasaran, pemakaian *fly ash* yang dibeli di pasaran dimaksudkan sebagai kontrol apakah *fly ash* tersebut telah memenuhi standar mutu *fly ash* sebagai mineral admixture dalam pembuatan beton. *Fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *fly ash* dari PLTU Jepara dan *fly ash* yang berasal dari UD Sinar Mandiri Mojosongo.

Perbedaan sumber *Fly ash* yang digunakan dimaksudkan untuk membandingkan kandungan mineral kedua jenis *fly ash* dan pengaruhnya terhadap sifat properties beton ketika digunakan sebagai bahan pembuatan *high volume fly ash concrete*



Fly ash yang berasal UD Sinar Mandiri Mojosoно *Fly ash* dari PLTU Jepara

Gambar IV-6 *Fly ash*

6. Asam sulfat

Asam sulfat (H_2SO_4) merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat memiliki sifat yang korosif. Larutan asam sulfat digunakan untuk perendaman beton. Dengan cara menambahkan asam sulfat ke dalam air sesuai dengan konsentrasi yang direncanakan.



Gambar IV-7 Asam Sulfat

7. Garam

Garam ($NaCl$) digunakan sebagai larutan untuk perendaman beton. Garam yang digunakan adalah garam kristal.



Gambar IV-8 Garam

8. Begisting

Begisting untuk penelitian ini dibuat dari multiplex ketebalan 1 cm dengan diperkuat kayu sebagai rangkanya. Begisting tersebut dimaksudkan sebagai bahan pencetak kubus beton dan balok beton untuk uji lentur, Gambar begisting yang disiapkan untuk penelitian ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar IV-9 Begisting/ cetakan beton

9. Air kapur

Air kapur merupakan suatu campuran antara air dan senyawa kimia tak berwarna atau berupa bubuk putih CaO . Penggunaan air kapur pada beton bertujuan untuk meningkatkan mutu beton. Pembuatan air kapur seperti yang dilakukan Febrian Deni Bastian pada penelitian “PKM-P Pengaruh Penambahan Air Kapur dalam Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton” dengan langkah-langkah pembuatan air kapur 10% dari volume air sebagai berikut:

- a. Kapur yang telah direndam ± 24 jam, disaring dengan saringan 0,355 mm. Setelah itu dibiarkan selama ± 24 jam, kapur akan mengendap dan air yang ada di atas permukaan diambil dan endapan kapurnya dibuang
- b. Campurkan air kapur dengan perbandingan volume, kira-kira 7 air : 1 kapur
- c. Aduklah larutan air kapur sampai merata

4.5. Peralatan penelitian

Sebagian besar peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini tersedia di Laboratorium Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air pada waktu pemeriksaan kandungan lumpur, pemeriksaan bahan organik dan untuk mengukur air pada saat pembuatan benda uji.



Gambar IV-10 Gelas ukur dalam penelitian

3. Timbangan

Timbangan diperlukan untuk menimbang bahan-bahan untuk melakukan pengujian bahan, membuat campuran mortar, dan melakukan pengujian dinding panel beton berlubang yang dihasilkan.



Gambar IV-11 Timbangan

4. Ayakan

Ayakan yang dipakai dalam penelitian adalah ayakan yang berbentuk lingkaran dengan ukuran 38 mm, 19 mm, 9.5 mm, 4.8 mm, 2.4 mm, 1.2 mm, 0.60 mm, 0.30 mm, 0.15 mm dan pan untuk agregat kasar. Sedangkan ayakan untuk agregat halus 9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.85 mm, 0.3 mm, 0.15 mm.



Gambar IV-12 Ayakan

5. Mesin penggetar ayakan

Mesin ini digunakan sebagai alat penggetar dan sebagai tempat dudukan ayakan yang bisa digunakan untuk uji gradasi agregat halus maupun kasar.



Gambar IV-13 Mesin penggetar

6. Kerucut *abrams*

Kerucut *Abrams*, berupa kerucut terpancung yang sangat bermanfaat untuk pengujian *slump test*. kerucut *Abram's* berbentuk kerucut terpancung dengan diameter atas 10cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm



Gambar IV-14 Kerucut *Abram's*

7. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan bahan atau benda uji dalam pengujian bahan seperti, kadar air dan serapan air pasir serta serapan air beton.



Gambar IV-15 Oven

8. Desicator

Alat ini digunakan untuk mendinginkan atau menyimpan agregat setelah dioven agar kembali pada suhu ruang. Selain itu desicator digunakan dalam proses vacuum dan penjenuhan benda uji.



Gambar IV-16 Desicator

10. Mollen

Mollen adalah alat diperlukan untuk mengaduk bahan-bahan pembuat mortar agar diperoleh campuran yang homogen dan kualitas beton yang relative sama. Molen yang digunakan memiliki kapasitas 0,3 m³.



Gambar IV-17 Molen pengaduk beton

11. Bak tempat perendaman beton

Bak ini diisi air digunakan sebagai tempat perawatan beton sesuai dengan umur yang direncanakan.



Gambar IV-18 Bak perendaman

12. Hidrolis testing Machine

Alat ini digunakan untuk menguji kuat tekan beton, kuat tarik belah beton dan kuat lentur beton.



Gambar IV-19 Hydraulic testing machine

13. Alat bantu

Untuk kemudahan dan kelancaran dalam suatu penelitian maka perlu alat-alat yang mendukung dalam pembuatan benda uji. Alat-alat yang digunakan antara lain :

a. Cetok semen

digunakan untuk memindahkan bahan material dan memasukkan campuran beton kedalam cetakan.



Gambar IV-20 Cetok

b. Gelas ukur

digunakan untuk meneliti kandungan zat organik dan kandungan lumpur agregat halus.



Gambar IV-21 Gelas ukur

c. Ember

digunakan sebagai tempat air, sebagai tempat bahan material, dan sebagai tempat sisa adukan beton.

d. Cangkul

digunakan untuk mengaduk campuran beton.

4.6. Pengujian agregat yang digunakan dalam penelitian

3.6.1. Pengujian Agregat Halus

a. Pengujian kandungan Zat Organik Agregat Halus

Sesuai yang disyaratkan pada SNI 03-2816-1992 kandungan organik pada pasir tidak boleh melebihi batas yang ditentukan. Setelah ditambah dengan larutan NaOH 3 % pasir akan mengalami perubahan warna jika di dalam pasir terdapat

kotoran organik. Perubahan warna tersebut dapat diukur dengan menggunakan alat standart yang bernama *Hellige Tester*.

Langkah pengujian kandungan zat organik pada agregat halus dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

- 1) Keringkan pasir ke dalam oven atau kering terbuka diudara dengan lolos ayakan No. 4 dengan berat minimal 500 gr dan diamkan selama 24 jam.
- 2) Masukkan pasir kedalam gelas ukur sampai mencapai garis skala 130 ml.
- 3) Tambahkan larutan NaOH 3 % + air lalu dikocok samapi volume mencapai 200 ml.
- 4) Pasir yang dicampur dengan larutan NaOH 3 % kemudian dikocok sekuat-kuatnya lalu didiamkan selama 24 jam.
- 5) Amati perubahan warnanya.
- 6) Jika warna larutan gelap dan melebihi warna standart no. 3 maka kemungkinan mengandung bahan organik yang tidak diizinkan dalam campuran beton.

b. Pengujian Kadar Lumpur dalam Agregat Halus

Pasir dengan kualitas yang baik pasti akan mempunyai kualitas beton yang baik dan sebaliknya pasir yang digunakan itu mengandung lumpur maka akan menghasilkan beton dengan kualitas beton yang rendah. Apabila pasir mempunyai kadar lumpur > 5 % akan mengurangi kualitas beton yang dihasilkan. Jika kadar lumpur lebih dari > 5 % maka agregat halus harus dicuci.

Langkah – langkah pengujiannya antara lain :

- 1) Menyediakan pasir 500 gram.
- 2) Menimbang berat cawan.
- 3) Memasukkan pasir ke dalam cawan lalu di masukkan kedalam oven selama \pm 24 jam dengan suhu 100°C.
- 4) Menimbang pasir kering dan cawan dari oven.
- 5) Memasukkan pasir kering oven ke dalam cawan.
- 6) Memasukkan air kedalam cawan yang sudah ada pasirnya
- 7) Pasir dicuci berulang-ulangan sampai bersih (usahakan pasir tidak ikut terbuang).
- 8) Kemudian pasir dikeringkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 100°C.
- 9) Mengeluarkan pasir dari oven dan didiamkan sampai dingin.
- 10) Menimbang pasir yang sudah dikeringkan.
- 11) Menganalisis data.

Berat cawan (A)

Berat cawan + pasir kering oven (B)

Berat cawan + pasir yang telah dicuci lalu di oven (C)

Berat pasir kering (D) = B – A

Kandungan lumpur dalam pasir = $\frac{D-(C-A)}{D} \times 100 \%$

c. Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*) Agregat Halus

Sesuai dengan SNI 1970:2008 berat jenis (*Specific Gravity*) adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur yang ditentukan. cara uji ini digunakan untuk menentukan berat jenis curah kering dan berat jenis semu, berat jenis curah (jenuh kering permukaan), dan penyerapan air.

Langkah – langkah pengujian berat jenis (*specific gravity*) agregat halus :

- 1) Membuat pasir dalam berat jenis jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry*) dengan cara :
 - a) Mengambil pasir (dianggap kondisi lapangan SSD) dimasukkan ke dalam corong kerucut hingga penuh dan bertahap sebanyak 3 lapis.
 - b) Menumbuk permukaan lapisan dengan tongkat sebanyak 15 pukulan, jatuhkan 5 cm di atas permukaan pasir.
 - c) Mengangkat corong kerucut perlahan-lahan dengan arah vertikal dan mencatat penurunan dengan penggaris siku – siku.
 - d) Pasir mencapai SSD jika pasir turun dari puncak kerucut sampai kira-kira separuh tinggi kerucut. Penurunan pasir tidak boleh turun setengah tinggi kerucut.
- 2) Menyiapkan pasir sebanyak 500 grm dalam kondisi jenuh kering permukaan dan *picnometer* yang telah ditimbang beratnya .
- 3) Tambahkan air sampai kira-kira 90 % kapasitas *picnometer*.
- 4) Putar dan goncangkan *picnometer* dengan tangan untuk menghilangkan gelembung udara yang terdapat dalam air.
- 5) Diamkan *picnometer* yang telah berisi air dan pasir selama 24 jam.
- 6) Menimbang berat total *picnometer*, benda uji dan air.
- 7) Mengeluarkan pasir kemudian pasir dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam pada suhu 110°C.

- 8) Kemudian pasir yang kering dari oven didiamkan pada temperatur ruangan sekitar 1 ± 0.5 jam dan timbang beratnya.
- 9) Timbanglah berat *picnometer* pada saat terisi air saja sampai batas pembacaan yang ditentukan.
- 10) Dari data yang diperoleh, lalu dianalisis berat jenis (*specific gravity*)

$$\text{Berat jenis curah (JKP/SSD)} = \frac{D}{(B+D-C)}$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{A}{(B+A-C)}$$

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B+D-C)}$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{D-A}{A} \times 100 \%$$

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat picnometer +air (gram)

C = berat picnometer + air + pasir (gram)

D = benda uji berat jenis kering permukaan (gram)

d. Pengujian Gradasi agregat Halus

Tujuan dilakukan pengujian ini untuk mengetahui mutu agregat yang akan digunakan dalam bahan campuran beton sehingga didapatkan agregat halus yang memenuhi persyaratan fisis untuk bahan campuran beton.

Langkah agregat halus dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan agregat halus (pasir) sebanyak 3000 gram
- 2) 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.
- 3) Menuangkan pasir ke dalam ayakan paling atas dan menutup rapat-rapat susunan ayakan tersebut.
- 4) Menghidupkan mesin penggetar selama 5 menit.
- 5) Setelah 5 menit matikan mesin, lalu menimbang dan mencatat berat agregat halus yang tertinggal pada masing-masing ayakan.
- 6) Menghitung modulus kehalusan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{d}{100}$$

Keterangan :

d = Persentase komulatif tertinggal

Tabel IV-2 Persen Butir Lewat Ayakan (%) untuk Agregat dengan Butir Maksimum 20 mm

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4.8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2.4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1.2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0.6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0.3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0.15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

(Sumber : Tri Mulyono, 2004)

Keterangan :

Daerah Gradasi I	=	Pasir kasar
Daerah Gradasi II	=	Pasir Agak Kasar
Daerah Gradasi III	=	Pasir Halus
Daerah Gradasi IV	=	Pasir Agak halus

3.6.2. Pengujian Agregat kasar

a. Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*) Agregat Kasar

Berat jenis merupakan suatu variabel yang sangat penting untuk suatu campuran adukan beton, sehingga dapat dihitung volume dari agregat kasar yang diperlukan. Pengujian ini menggunakan kerikil maksimal 20 mm atau lolos ayakan 4.75 mm (No.4). Pada pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (berat jenis curah kering), berat jenuh permukaan (*saturated surface dry*), berat semu (*apparent specific gravity*), penyerapan (*absorsi*).

Langkah-langkah pengujian berat jenis pada agregat kasar sebagai berikut :

- 1) Menimbang dan mengambil kerikil 1000 gram
- 2) Lalu kerikil dicuci untuk menghilangkan kotoran
- 3) Keringkan kerikil dalam oven dengan temperature 110°C selama 24 jam
- 4) Ambil kerikil didalam oven kemudian didinginkan selama 1 atau 2 jam dalam suhu ruangan
- 5) Kerikil direndam dalam air dengan temperature ruangan selama 24 jam
- 6) Setelah 24 jam, kerikil ditimbang dalam keadaan masih terendam air
- 7) Kemudian kerikil di lap dengan kain lap dan ditimbang dalam keadaan jenuh permukaan kering (SSD)
- 8) Lalu kerikil dioven selama 24 jam dalam temperature 110°C

9) Ambil kerikil dalam oven kemudian didinginkan ke dalam temperatur ruangan selama 1 atau 3 jam lalu ditimbang

10) Menganalisis data hasil pengujian :

A = berat kerikil kering di oven (gram)

B = berat kerikil kondisi jenuh kering permukaan (SSD) (gram)

C = berat kerikil di dalam air (gram)

Berat jenis (berat jenis curah kering) $= \frac{A}{B-C}$

Berat jenuh kering permukaan (berat jenis curah) $= \frac{B}{B-C}$

Berat jenis semu $= \frac{A}{A-C}$

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

b. Pengujian Gradasi Agregat Campuran

Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui susunan gradasi yang digunakan dalam suatu campuran beton.

Langkah – langkah pengujian gradasi pada agregat kasar sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan agregat campuran yang sudah di oven selama 24 jam dengan temperature 110°C sebanyak 1500 gram.
- 2) Menyiapkan satu set ayakan dan disusun secara berurutan melai dari pan, 0.15, 0.30, 0.60, 1.18, 2.36, 4.75, 9.5, 19, 38 lalu ayakan diletakkan di mesin penggetar.
- 3) Menuangkan agregat di dalam ayakan dan menutup dengan rapat-rapat susunan ayakan tersebut dan diletakkan di mesin penggetar.
- 4) Menghidupkan mesin penggetar selama ± 5 menit.
- 5) Setelah ± 5 menit matikan mesin, kemudian menimbang dan mencatat berat agregat kasar yang tertinggal di masing-masing pan.
- 6) Menghitung modulus kehalusan :

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{n}{100}$$

Keterangan :

n = jumlah dari presentase kumulatif tertinggal

Tabel IV-3 Gradasi agregat kasar (SNI 03-2834-2000)

Ukuran ayakan (mm)	Persen butir yang lewat ayakan (%)	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
19	30-70	95-100

9,5	10-35	25-95
4,75	0-5	0-10

4.7. Pembuatan dan perawatan beton

1. Pembuatan rancangan campuran beton

Setelah bahan-bahan untuk pembuatan beton tersedia, dilakukan perhitungan rancangan campuran beton sesuai mutu yang dikehendaki. Metode rancangan campuran yang dipakai adalah metode DOE (*Departement of Environment*) yang kemudian dipakai di Indonesia dan dimuat dalam buku standard SK.SNI.T-15-1990-03 dengan judul “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”.

Metode rancangan campuran beton yang digunakan dapat diuraikan sbb:

a. Penentuan target kuat tekan rata-rata

Target kuat tekan yang ditetapkan adalah untuk umur beton 28 hari, sesuai kebutuhan perencanaan struktur dan kondisi lingkungan.

Mengingat dalam pelaksanaan pencampuran beton sulit diperoleh hasil yang seragam, maka nilai kuat tekan harus ditambah nilai tertentu, sebagai angka keamanan, sehingga diperoleh nilai kuat tekan rata-rata. Rumus yang dipakai:

$$f_{cr}' = f_c' + k.S$$

dengan f_{cr}' : target kuat tekan rata-rata

f_c' : target kuat tekan

k : faktor yang disesuaikan sesuai % cacat yang diijinkan

S : deviasi standar

Tabel IV-4. Nilai faktor k

% cacat	10%	5%	2,5%	1%
k	1,28	1,64	1,96	2,33

Keterangan: di Indonesia prosentase cacat yang diterima sebesar 5%

Tabel IV-5 Nilai deviasi standar (S) (Wuryati, 2001)

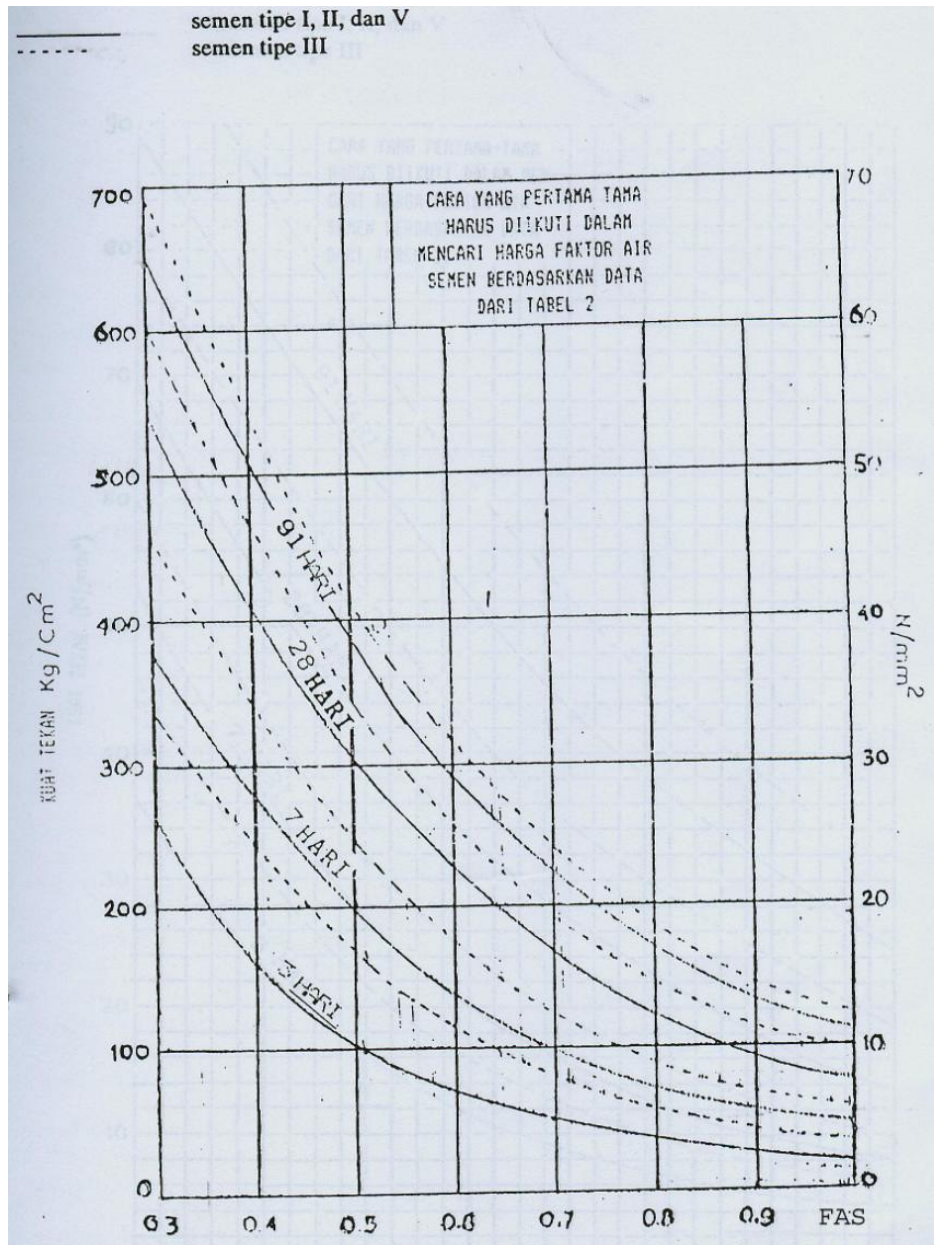
Tingkat pengendalian mutu Pekerjaan	S (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa kendali	8,4

Sehingga kuat tekan rencana beton dapat diperoleh dengan rumus:

$$f_{cr}' = f_c' + 1,64 \times S$$

b. Pemilihan faktor air semen

Pemilihan faktor air semen dapat ditetapkan berdasarkan grafik pada Gambar 3.1: hubungan kuat tekan rata-rata (f_{cr}), tipe semen yang digunakan dan umur beton.



Gambar IV-22 Grafik untuk menentukan factor air semen

c. Penentuan tinggi slump rencana

Penentuan tinggi slump dilakukan dengan pertimbangan: pelaksanaan pembuatan, cara mengangkut (alat yang digunakan), penuangan (cetakan), pemadatan maupun jenis strukturnya. Contoh ketetapan nilai slump:

Tabel IV-6 Penetapan nilai slump adukan beton

Jenis struktur	Nilai slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
- Dinding, pelat fondasi dan struktur di bawah tanah	9,0	2,5
- Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
- Pengerasan jalan	7,5	5,0
- Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber: Tabel III.9. "Teknologi Beton" (Wuryati, 2001)

d. Penentuan ukuran butir agregat

Ukuran agregat maksimum tidak boleh melebihi ketentuan-ketentuan berikut:

- Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang sampai dari cetakan
- Sepertiga dari tebal pelat
- Tiga perempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan

e. Penentuan kadar air bebas

Penentuan kadar air bebas menggunakan ketentuan berikut:

- Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada Tabel 3.6.
- Agregat campuran (tak dipecah dan dipecah) dihitung dengan rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$$

dengan W_h : perkiraan kebutuhan air untuk agregat halus (Tabel 3.6)

W_k : perkiraan kebutuhan air untuk agregat kasar (Tabel 3.6)

Tabel IV-7 Perkiraan kadar air bebas yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan beton

SLUMP (mm)		0-10	10-30	30-60	60-100
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis Agregat	(kg/ m ³)			
10 mm	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20 mm	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
30 mm	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Catatan:

1. Koreksi suhu

Untuk suhu diatas 20° C, setiap kenaikan 5° C harus ditambah air 5 liter per m³ adukan beton.

2. Kondisi permukaan

Untuk permukaan agregat yang kasar, harus ditambah air ± 10 liter per m³ adukan beton.

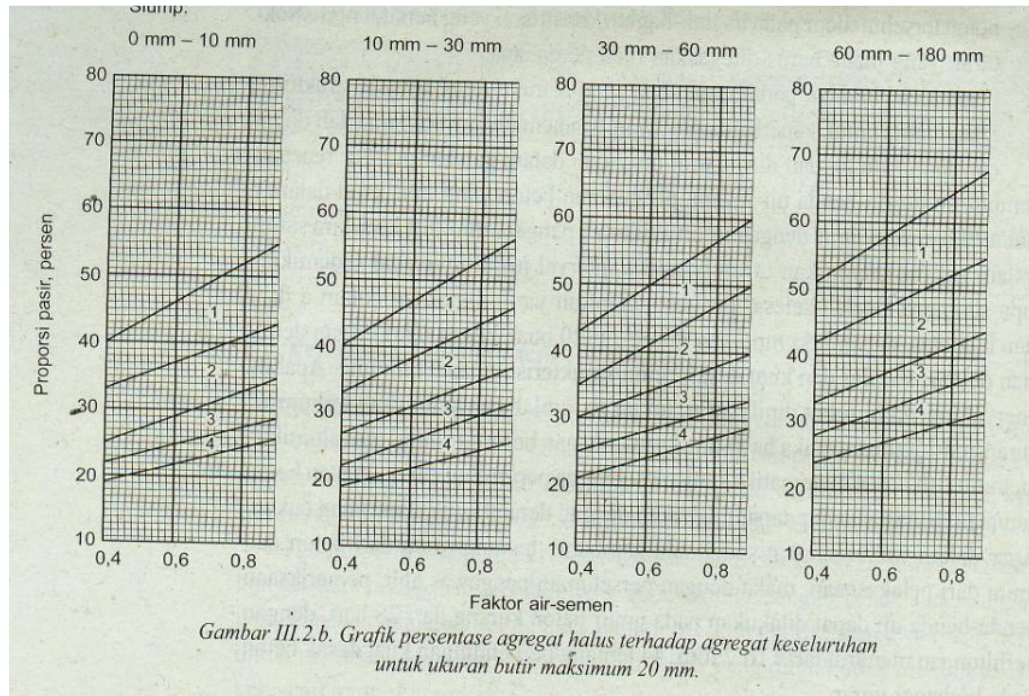
(sumber: Tabel 6. SK SNI T-15-1990-03)

f. Penentuan berat semen yang diperlukan

Penentuan berat semen yang diperlukan dengan cara membagi kadar air bebas yang telah dihitung, dengan nilai faktor air semen.

g. Penentuan prosentase agregat halus

Untuk menentukan prosentase agregat halus yang digunakan terhadap keseluruhan agregat, dapat menggunakan bantuan Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar III.2.b. Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.

Gambar IV-23 Grafik untuk menentukan prosentase agregat halus (Wuryati, 2001)

h. Penentuan berat jenis relatif agregat

Berat jenis relatif agregat ditentukan sebagai berikut:

a). Diperoleh dari data pengujian agregat atau bila tidak tersedia, dapat dipakai

nilai berikut:- Agregat tak dipecah = $2,6 \text{ g/ cm}^3$

- Agregat dipecah = $2,7 \text{ g/ cm}^3$

b). Berat jenis agregat gabungan dapat dihitung sebagai berikut:

$$B_j \text{ Ag} = (\% \text{ pasir} \times B_j. \text{ pasir}) + (\% \text{ kerikil} \times B_j. \text{ kerikil})$$

i. Penentuan proporsi campuran beton

Proporsi campuran beton (terdiri dari: semen, air, pasir dan kerikil) harus dihitung dalam kg/ m^3 adukan.

2. Pembuatan beton

Pada pembuatan beton maka pada saat pencampuran harus diperhatikan agar beton yang dihasilkan sesuai dengan yang direncanakan. Serta komposisi suatu campuran juga harus memenuhi syarat supaya dapat menghasilkan suatu beton dengan kualitas karakteristik mekanik beton yang baik. Adapun cara pembuatan adukan beton prosedurnya sesuai dengan SNI 03-2493-1991.



Gambar IV-24 Pencetakan benda uji

3. Perawatan Beton

Perawatan beton digunakan untuk mendapatkan kekuatan beton dengan mutu tinggi dan digunakan untuk memperbaiki mutu keawetan suatu beton, kedap terhadap air, ketahanan terhadap keausan dan stabilitas dimensi struktur. Adapun Perawatan beton dilakukan sesuai dengan SNI 03-2493-1991.



Gambar IV-25 Perawatan benda uji

4. Pembuatan larutan perendaman beton

Pada pengujian durabilitas beton, maka benda uji yang telah berumur 28 hari direndam dalam dua larutan yaitu air garam dan larutan asam sulfat. Adapun cara pembuatan larutannya adalah sebagai berikut.

- a. Larutan air garam 3%
 - Menyiapkan air dan garam sesuai kebutuhan. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan 1 liter air : 30 gram garam (garam yang digunakan adalah garam Kristal)

- Campurkan garam ke dalam air hingga garam larut.
- b. Larutan asam sulfat 10%
 - Menyiapkan air dan asam sulfat sesuai kebutuhan. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan 1 liter air : 100 ml asam sulfat.
 - Campurkan asam sulfat ke dalam air hingga asam sulfat larut (pada saat pencampuran hendaknya memakai sarung tangan kimia karena asam sulfat termasuk zat yang berbahaya apabila terkena kulit).

4.8. Pengujian karakteristik mekanik beton.

1. Pengujian Kuat Tekan Beton

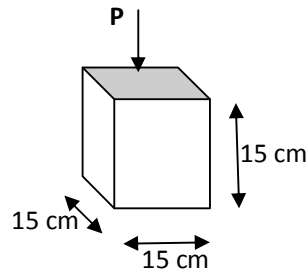
Pengujian kuat tekan beton itu dilakukan pada beton sesuai umur perawatan yang direncanakan. Pengujian ini dilakukan dengan alat *Hidrolis Testing Machine* sehingga didapatkan nilai beban maksimum, yaitu pada saat beton menjadi hancur saat menerima beban (P). Pengujiannya seperti pada gambar dan sesuai dengan SNI 03-1974-1990.

Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- f'_c = kuat tekan beton yang didapat dari benda uji (MPa)
- P = beban maksimum (kN)
- A = luas permukaan benda uji (mm²)



Gambar IV-26 Uji kuat tekan pada kubus

2. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 9 buah benda uji. Pengujiannya pada umur 56 hari. Pemberian beban dilakukan secara menerus tanpa sentakan dengan kecepatan pembebanan antara 0.7 hingga 1.4 Mpa per menit sampai benda uji hancur. Jika menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm maka kecepatan pembebanan berkisar 50 sampai 100 KN per menit. Adapun prosedur pengujiannya seperti pada gambar dan sesuai dengan SNI 03-2491-2002.

Besarnya kuat tarik belah beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f_{ct} = \frac{2P}{LD} \dots\dots\dots (2)$$

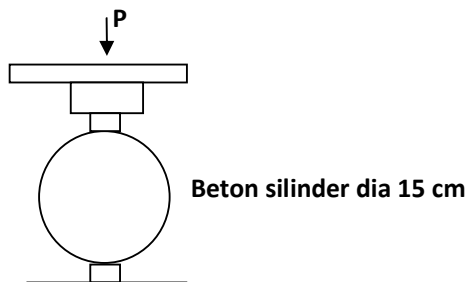
Keterangan :

f_{ct} = kuat tarik belah (MPa)

P = beban uji maksimum (N)

L = panjang benda uji (mm)

D = diameter benda uji (mm)



Gambar IV-27 Uji kuat tarik pada silinder

3. Pengujian Kuat Lentur pada Balok Uji

Pengujian pada kuat lentur dilakukan pada umur 56 hari. Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 10 cm. Dengan diberi beban terpusat 1 titik dengan masing-masing dengan jarak 1/2L. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui kuat lentur beton dalam perencanaan struktur. Pembebanan dilakukan sampai mencapai 50% dengan kecepatan pembebanan 6 kN, sesudah terjadi keruntuhan balok uji kecepatan pembebanan diatur antara 4.3 kN sampai 6 kN permenit. Baru dilakukan pengukuran penampang patah balok uji. Adapun prosedur pengujiannya seperti pada gambar dan sesuai dengan SNI 03-4154-1996.

Rumus :

$$f_{lt} = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

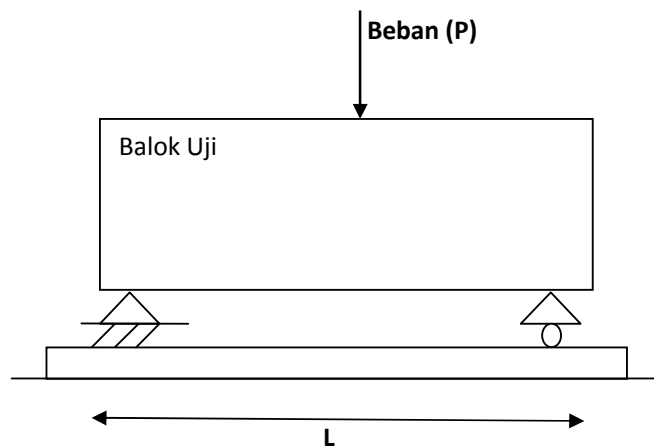
f_{lt} = kuat lentur (MPa)

P = beban maksimum (N)

L = panjang bentang diantara kedua balok tumpuan (mm)

b = lebar balok uji (mm)

d = tinggi balok uji (mm)



Gambar IV-28 Uji kuat lentur pada balok

4. Berat Isi Beton

Pengujian ini dilakukan dengan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 6 buah. Adapun prosedur pengujiannya sesuai dengan SNI 03-1973-1990.

Rumus :

$$D = \frac{M_c - M_m}{V} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

D = Berat isi beton (kg/m³)

M_c = Berat wadah + isi beton (kg)

M_m = Berat wadah (kg)

V = volume wadah (m³)

5. Pengujian Serapan Air Beton

Pengujian ini dilakukan dengan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 5 cm sebanyak 9 buah. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui penyerapan air didalam beton.

Langkah-langkah pengujian serapan air beton sebagai berikut (ASTM C 642-97 dan Pitroda, dkk, 2013) :

- a. Sediakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 5 cm. Benda uji di rendam dalam air selama umur 56 hari.
- b. Benda uji dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan temperature 110°C.
- c. Setelah dioven lalu benda uji ditimbang (W₁).
- d. Benda uji divakum selama 3 jam.
- e. Setelah divakum direndam selam 18 jam kemudian benda uji ditimbang.
- f. Analisis perhitungan pengujian serapan air beton

Rumus :

$$\text{Penyerapan air \%} = [(W_2 - W_1) / W_1] \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

W₁ = berat kering oven (gram)

W₂ = berat basah setelah diremdam selama 18 jam



Gambar IV-29 Uji serapan air beton

4.9. Ringkasan standar penelitian

Tabel IV-8 Standart Penelitian

No	Spesifikasi	Standar Penelitian
1	ASTM C 469-94-02	<i>Standart Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poissons's Ratio of Concrete in Compression.</i>
2	ASTM C 642 – 97	<i>Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete</i>
3	ASTM C618-03	<i>Standart Specification for Coal Fly ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete</i>
4	SK SNI T15-1991-03	Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
5	SNI 1970:2008	Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.
6	SNI 03-1972-1990	Metode Pengujian Slump Beton.
7	SNI 03-2491-2002	Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.
8	SNI 03-2493-1991	Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium.
9	SNI 03-2816-1992	Metode Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir untuk Campuran Mortar atau Beton.
10	SNI 03-2834-2000	Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.
11	SNI 03-4154-1996	Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Dibebani Terpusat Langsung
12	SNI 03-1973-1990	Metode Pengujian Berat Isi Beton
13	SNI 15-2049-2004	Semen Portland.