

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Perkembangan kreatifitas, ilmu pengetahuan dan teknologi yang ada di dunia Teknik Sipil sangat pesat, hal ini memicu seseorang untuk melakukan penelitian terhadap beton. Hal tersebut dilakukan karena Sebagian besar bangunan sudah menggunakan beton, serta mengurangi limbah yang ada disekitarnya. Pada umumnya beton merupakan campuran yang terdiri dari aggregate, bahan pengikat semen, air, dan pasir.

Beton merupakan salah satu unsur penting dalam suatu pekerjaan pembangunan. Misalnya Gedung, jembatan, jalan dan lain sebagainya. Kelebihan beton adalah mudah dibentuk sesuai keinginan dan sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun lemah dalam tariknya. Jika struktur itu langsung dan tidak diberi perkuatan yang cukup akan mudah gagal. Menurut perkiraan kasar, nilai kuat tariknya sekitar 9%-5% kuat tekannya. Maka dari itu perkuatan sangat diperlukan dalam struktur beton. Perkuatan yang umum adalah dengan menggunakan tulang baja yang jika dipadukan sering disebut dengan beton bertulang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar didunia. Hal ini membuat Indonesia banyak dikelilingi gunung merapi yang aktif. Salah satunya adalah gunung Sinabung terletak di Kabuten Karo provinsi Sumatra Utara, Indonesia.

Letusan Gunung Sinabung mengeluarkan asap debu yang membumbung setinggi 1500meter dari puncang gunung tersebut. Kandungan yang terdapat pada debu vulkanik sangat membahayakan masyarakat sekitar, karna dapat mengakibatkan pencemaran udara dan merusak hasil pertanian.

Selain itu penelitian ini juga bermaksud untuk mengurangi penggunaan semen yang digunakan untuk campuran beton. Agar biaya pembuatan beton dapat dipangkas.

Tidak dapat dipungkiri, abu vulkanik dari gunung tersebut pun dapat digunakan masyarakat sekitar sebagai bahan pertanian. Dalam penelitian ini, debu vulkanik digunakan sebagai bahan pengganti semen, apakah layak digunakan sebagai bahan konstruksi atau tidak.

## **1.2. Rumusan Masalah**

- a. Seberapa besarkah pengaruh abu vulkanik sebagai bahan pengganti semen dengan persentase 10%, 20% dan 30%?
- b. Berapakah besar kuat tekan beton dengan abu vulkanik sebagai pengganti semen?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

- a. Untuk mendapatkan nilai Slump test dari beton normal dan beton abu vulkanik sebagai pengganti semen.
- b. Untuk mendapatkan kuat tekan beton normal dan beton abu vulkanik 10%, 20% dan 30%.
- c. Membandingkan pengaruh penambahan abu vulkanik terhadap beton normal ditinjau dari material penyusunnya.

## **1.4. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen Portland tipe I
- b. Perencanaan kuat tekan beton adalah dengan menggunakan campuran 1 : 2 : 3 dengan faktor air semen (FAS) sebesar 0,45% dari semen.
- c. Abu vulkanik yang digunakan sebagai sampel harus lolos saringan No. 200.
- d. Penggunaan abu vulkanik sebesar 0%, 10%, 20% dan 30% dengan pengurangan jumlah semen (bahan pengganti).
- e. Dimensi benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- f. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam di dalam bak air selama 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.
- g. Jumlah benda uji yang dihasilkan adalah 48 buah.
- h. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan.
- i. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan diameter 1cm-4cm dan agregat halus adalah pasir yang berasal dari Binjai.
- j. Tidak dilakukan pengujian kimia untuk menentukan komposisi material penyusun semen dan abu vulkanik. Unsur material didapat dari literatur.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

- a. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi kepada masyarakat sekitar tentang pemanfaatan abu vulkanik gunung Sinabung sebagai bahan pengganti semen dengan persentase tertentu.
- b. Mengurangi limbah abu vulkanik yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat disekitar gunung tersebut.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir adalah sebagai berikut:

#### **A. BAB I PENDAHULUAN**

Dalam bab ini penulis menjelaskan umum, latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

#### **B. BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Isi BAB II menguraikan dasar-dasar teori penelitian yang menunjang penelitian ini.

#### **C. BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan bagaimana cara dan Langkah-langkah menjalankan penelitian.

#### **D. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISA PERHITUNGAN**

Menjelaskan hasil penelitian dan perhitungan yang didapat.

#### **E. BAB V SARAN DAN KESIMPULAN**

Merupakan akir dari penulisan penelitian ini, berisi hasil dan kesimpulan, saran, daftar pustaka, pengolahan data serta tujuan penelitian untuk kedepannya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Beton dalam dunia Teknik sipil banyak manfaatnya, misalnya dalam structural digunakan sebagai pondasi, kolom, pelat dan lainnya. Dalam teknik sipil hidro, beton digunakan sebagai drainase, saluran perairan, dan bendungan. Dalam teknik sipil transportasi sebagai lapisan perkerasan, saluran samping dan gorong-gorong.

Jika kita tinjau dari sudut estetika, beton hanya membutuhkan sedikit perawatan. Selain itu beton tahan terhadap serangan api. Pengaruh lingkungan, rangkai penyusutan, pembebanan yang mengakibatkan perubahan terhadap dimensi dari beton.

### **2.1.1 Pengertian Beton**

Beton merupakan percampuran antara agregat (kasar batu pecah/batu kerikil), agregat halus (pasir), bahan pengikat (semen) dan air. Menurut SNI 2847:2013, beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan hidrolis (portland cement), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (admixture atau additive).

Menurut Mulyono (2006) secara umum beton dibedakan kedalam 2 kelompok, yaitu: 1. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton. Kelas dan mutu beton ini, dibedakan menjadi 3 kelas, yaitu:

- a. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0.
- b. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi 6 dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.
- c. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontiu.

## 2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton

### A. Kelebihan

Berikut ini kelebihan penggunaan beton secara rinci menurut Paul Nugraha dan Antoni.

1. Ketersediaan (availability) material dasar:
    - a. Biaya pembuatan relatif lebih murah karena semua bahan mudah didapat. Bahan termahal adalah semen tetapi bisa diproduksi di Indonesia.
    - b. Pengangkutan / mobilisasi beton bisa dilakukan dengan mudah.
  
  2. Kemudahan untuk digunakan (versatility)
    - a. Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkut secara terpisah.
    - b. Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, pondasi, jalan, landasan bandar udara, pipa, perlindungan dari radiasi, insulator panas. Beton ringan bisa dipakai untuk blok dan panel. Beton arsitektural bisa digunakan untuk keperluan dekoratif.
    - c. Beton bertulang bisa dipakai untuk berbagai struktur yang lebih berat.
  
  3. Kemampuan beradaptasi
    - a. Beton bersifat mololit sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja.
    - b. Beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapun, misalnya pada struktur cangkang (shell) maupun bentuk-bentuk kubus 3 dimensi
    - c. Beton dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar.
    - d. Konsumsi energi minimal per kapasitas jauh lebih rendah dari baja, bahkan lebih rendah dari proses pembuatan batu bata.
4. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal
- Secara umum ketahanan (durability) beton cukup tinggi, lebih tahan karat, sehingga tidak perlu dicat seperti struktur baja, dan lebih tahan terhadap bahaya kebakaran.

## B. Kekurangan

- a. Pengerjaan harus dilakukan dengan teliti
- b. Biaya terbilang mahal
- c. Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah
- d. Kuat tarik lemah
- e. Berat
- f. Beton yang mengeras tidak dapat didaur ulang

### 2.1.3 Bahan-bahan Penyusun Beton

#### A. Semen

Semen merupakan bahan kimia yang berguna untuk menyatukan seperti lem, untuk menyatukan agregat halus dan agregat kasar serta air. Semen dalam pengertian umum adalah bahan yang mempunyai sifat *adhesive* dan *cohesive*, digunakan sebagai bahan pengikat (bonding material) yang dipakai bersamaan dengan batu dan pasir.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, yang terus berkembang membuat industri semen menciptakan semen yang sesuai dengan kebutuhan. Dan berikut berbagai jenis semen :

##### a. Semen Portland (OPC)

Semen Portland dikalsifikasi kedalam 5 tipe :

##### 1. Tipe I (Ordinary Portland Cement)

Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang dipersyaratkan pada tipe-tipe lain. Tipe semen ini paling banyak diproduksi dan banyak dipasarkan.

##### 2. Tipe II (Moderate sulfat resistance)

Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang. Tipe II ini mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah dibanding semen Portland Tipe I. Pada daerah-daerah tertentu dimana suhu agak tinggi, maka untuk mengurangi penggunaan air selama

pengeringan agar tidak terjadi Srinkage (penyusutan) yang besar perlu ditambahkan sifat moderat “Heat of hydration”. Semen Portland tipe II ini disarankan untuk dipakai pada bangunan seperti bendungan, dermaga dan landasan berat yang ditandai adanya kolom-kolom dan dimana proses hidrasi rendah juga merupakan pertimbangan utama.

3. Tipe III (High Early Strength)

Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan yang tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen tipe III ini dibuat dengan kehalusan yang tinggi blaine biasa mencapai 5000 cm<sup>2</sup>/gr dengan nilai C3S nya juga tinggi. Beton yang dibuat dengan menggunakan semen Portland tipe III ini dalam waktu 24 jam dapat mencapai kekuatan yang sama dengan kekuatan yang dicapai semen Portland tipe I pada umur 3 hari, dan dalam umur 7 hari semen Portland tipe III ini kekuatannya menyamai beton dengan menggunakan semen portlan tipe I pada umur 28 hari.

4. Tipe IV (Low Heat Of Hydration)

Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah. Penggunaan semen ini banyak ditujukan untuk struktur Concrete (beton) yang massive dan dengan volume yang besar, seperti bendungan, dam, lapangan udara. Dimana kenaikan temperatur dari panas yang dihasilkan selama periode pengerasan diusahakan seminimal mungkin sehingga tidak terjadi pengembangan volume beton yang bisa menimbulkan cracking (retak). Pengembangan kuat tekan (strength) dari semen jenis ini juga sangat lambat jika dibanding semen portland tipe I.

5. Tipe V (Sulfat Resistance Cement)

Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Semen jenis ini cocok digunakan untuk pembuatan beton pada daerah yang tanah dan airnya mempunyai kandungan garam sulfat tinggi seperti: air laut, daerah tambang, air payau dsb.

b. Water Proofed Cement

Water proofed cement adalah campuran yang homogen antara semen Portland dengan “Water proofing agent”, dalam jumlah yang kecil seperti: Calcium, Aluminium, atau logam stearate lainnya. Semen ini banyak dipakai untuk konstruksi beton yang berfungsi menahan tekanan hidrostatik, misalnya tangki penyimpanan cairan kimia.

c. White Cement (Semen Putih)

Semen putih dibuat untuk tujuan dekoratif, bukan untuk tujuan konstruktif. Pembuatan semen ini membutuhkan persyaratan bahan baku dan proses pembuatan yang khusus, seperti misalnya bahan mentahnya mengandung oksida besi dan oksida mangan yang sangat rendah (dibawah 1 %).

d. High Alumina Cement

High Alumina cement dapat menghasilkan beton dengan kecepatan pengerasan yang cepat dan tahan terhadap serangan sulfat, asam akan tetapi tidak tahan terhadap serangan alkali. Semen tahan api juga dibuat dari High Alumina Cement, semen ini juga mempunyai kecepatan pengerasan awal yang lebih baik dari semen Portland tipe III. Bahan baku semen ini terbuat dari batu kapur dan bauxite, sedangkan penggunaannya adalah antara lain Refractory Concrete, Heat resistance concrete dan Corrosion resistance concrete

e. Semen Anti Bakteri

Semen anti bakteri adalah campuran yang homogen antara semen Portland dengan “anti bacterial agent” seperti germicide. Bahan tersebut ditambahkan pada semen Portland untuk “Self Desinfectant” beton terhadap serangan bakteri dan jamur yang tumbuh. Sedangkan sifat-sifat kimia dan fisiknya hampir sama dengan semen Portland tipe I. Penggunaan semen anti bakteri antara lain :

- Kamar mandi
- Kolam-kolam
- Lantai industri makanan
- Keramik

- Bangunan dimana terdapat jamur pathogenic dan bakteri

f. Oil Well Cement

Oil well cement adalah semen Portland semen yang dicampur dengan bahan retarder khusus seperti *asam borat, casein, lignin, gula* atau *organic hidroxid acid*. Fungsi dari retarder disini adalah untuk mengurangi kecepatan pengerasan semen, sehingga adukan dapat dipompakan kedalam sumur minyak atau gas. Pada kedalaman 1800 sampai dengan 4900meter tekanan dan suhu didasar sumur minyak atau adalah tinggi. Karena pengentalan dan pengerasan semen itu dipercepat oleh kenaikan temperature dan tekanan, maka semen yang mengental dan mengeras secara normal tidak dapat digunakan pada pengeboran sumur yang dalam. Semen ini masih dibedakan lagi menjadi beberapa kelas sesuai dengan ***API Spesification 10 1986***, yaitu:

<b>KELAS A</b>	Digunakan untuk sumur sampai dengan kedalaman 1830 meter, <b><i>apabila sifat-sifat khusus tidak dipersyaratkan</i></b>
<b>KELAS B</b>	Digunakan untuk sumur sampai dengan kedalaman 1830 meter, <b><i>apabila kondisi membutuhkan tahanan terhadap sulfat sedang</i></b>
<b>KELAS C</b>	Digunakan untuk sumur sampai dengan kedalaman 1830 meter, <b><i>apabila kondisi membutuhkan sifat kekuatan tekan awal yang tinggi</i></b>
<b>KELAS D</b>	Digunakan untuk sumur sampai dengan kedalaman 1830 sampai 3050 meter, dengan <b><i>kondisi suhu dan tekanan yang sedang</i></b>
<b>KELAS E</b>	Digunakan untuk sumur sampai dengan kedalaman 3050 sampai 4270 meter, dengan <b><i>kondisi suhu dan tekanan yang tinggi</i></b>
<b>KELAS F</b>	Digunakan untuk sumur sampai dengan kedalaman 3050 sampai 4880 meter, dengan <b><i>kondisi suhu dan</i></b>

	<i>tekanan yang tinggi</i>
<b>KELAS G</b>	Digunakan untuk cementing mulai surface casing sampai dengan kedalaman 2440 meter, akan tetapi dengan penambahan <i>accelerator</i> atau <i>retarder</i> . Dapat digunakan untuk semua range pemakaian, mulai dari kelas A sampai kelas E

g. Blend Cement (Semen Campuran)

Semen campuran merupakan semen campur dibuat karena dibutuhkannya sifat-sifat khusus yang tidak dimiliki oleh semen portland. Untuk mendapatkan sifat khusus tersebut diperlukan material lain sebagai pencampur. Nah, semen campur ternyata memiliki beberapa jenis lagi, berikut uraiannya:

1. Portland Composite Cement (PCC)

Kegunaan Portland Composite (PCC) ini secara luas adalah bahan pengikat untuk konstruksi beton umum, pasangan batu bata, beton pra cetak, beton pra tekan, paving block, plesteran dan acian, dan sebagainya. Karakteristik Portland Composite Cement (PCC) lebih mudah dikerjakan, kedap air, tahan sulfat, dan tidak mudah retak. Material ini terdiri dari beberapa unsur diantaranya terak, gypsum, dan bahan anorganik.

2. Super Portland Pozzolan Composite Cement (PPC)

Kegunaan super portland pozzolan composite cement diantaranya adalah sebagai konstruksi beton massa, konstruksi di tepi pantai dan tanah rawa yang harus memiliki ketahanan terhadap sulfat, tahan hidrasi panas sedang, pekerjaan pasangan dan plesteran. Beberapa jenis bangunan yang menggunakan produk ini diantaranya perumahan, jalan raya, dermaga, irigasi, dan sebagainya. Semen ini merupakan pengikat hidrolis seperti halnya PCC namun terdiri dari campuran terak, gypsum, dan pozzolan.

3. Special Blended Cemeny (SBC)

Ada yang istimewa dari jenis special belended cement (SBC) atau semen campur karena khusus dirancang dalam pembangunan jembatan terbesar yang menghubungkan Surabaya dengan Madura yang dikenal dengan Jembatan Suramadu. Karakteristik special blended cement tentu memenuhi kebutuhan konstruksi bangunan pada air laut seperti halnya jembatan Suramadu yang berdiri diatas laut.

#### 4. Semen Masonry

Semen masonry pertama kali diperkenalkan di USA, kemudian berkembang kebeberapa negara. Secara tradisional plesteran untuk bangunan umumnya menggunakan kapur padam, kemudian meningkat dengan dipakainya semen portland yang dicampur dengan kapur padam. Namun karena dianggap kurang praktis maka diperkenalkan Semen Masonry.

#### 5. Oil Well Cement (OWC) Class G-HSR (High Sulfate Resistance)

Lain rumah, lain pula material yang digunakan untuk sumur bumi. Karakteristik Oil Well Cement (OWC) Class G-HSR yang tahan terhadap sulfat tinggi ini merupakan jenis yang dibuat untuk kegunaan khusus di kedalaman dan temperatur tertentu yang bisa disesuaikan dan kecepatan pengerasan dikurangi. Diantara proyek yang menggunakan material ini yaitu sumur minyak bumi di bawah permukaan bumi dan laut.

#### 6. Semen Thang Long PCB40

Karakteristik semen thang long PCB40 yang memiliki daya tahan tinggi terhadap sulfat sesuai untuk konstruksi bangunan bawah tanah dan air. Tak hanya itu, semen ini juga memiliki daya tahan terhadap penyerapan air, erosi lingkungan, dan tahan lama. Jenis ini juga hemat digunakan karena kekuatannya. Iklim Vietnam sangat pas untuk penggunaan jenis semen ini.

#### 7. Semen Thang Long PC50

Kegunaan semen thang long PC50 yang banyak digunakan untuk proyek-proyek besar dan rumit sehingga membutuhkan jenis semen dengan spesifikasi tinggi. Standarisasi yang setara Asia, Eropa, bahkan Amerika ini diaplikasikan untuk jembatan hingga pembangkit listrik. Karakteristik semen thang long PC50 diantaranya memiliki ketahanan tinggi terhadap sulfat sehingga bisa pula digunakan di bawah tanah dan air.

## **B. Agregat**

Agregat merupakan mineral penyusun beton yang merupakan hasil dari alam. Dapat diperoleh dari hasil letusan pegunungan, pengerukan dari sungai/ pantai maupun hasil dari pecahan bongkahan batuan besar. Agregat menempati sekita 70% - 75% dari volume beton.

Untuk mendapatkan hasil beton yang berkualitas baik, terdapat dua pengelompokan jenis agregat.

### **1. Agregat halus**

Agregat halus merupakan bahan pengisi rongga-rongga dari agregat kasar yang mempunyai berat jenis  $1400 \text{ kg/m}^3$ . Agregat halus harus bersih dari kotoran organik maupun lumpur (tidak lebih dari 5% berat pasir).

Agregat halus berperan sebagai perekat antara agregat kasar dan semen. Disamping itu pasir juga berguna untuk mencegah terjadinya segregasi pasta semen dengan agregat kasar.

Butiran pasir pada umumnya berukuran sekitar  $0,15\text{mm} - 0,48\text{mm}$ . Pasir yang baik memiliki butiran tajam dan kasar serta bersifat kekal, serta tidak mudah hancur karna pengarus cuaca. Menurut Tjokrodimulyo, pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam :

1. Pasir galian, dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut berpori, dan bebas dari kandungan garam.

2. Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus bulat-bulat akibat proses gesekan, sehingga daya lekat antar butir-butir berkurang. Pasir ini paling baik dipakai untuk memplester tembok.
3. Pasir laut diambil dari pantai, butir-butirnya halus dan bulat akibat gesekan. Banyak mengandung garam yang dapat menyerap kandungan air dari udara. Pasir laut tidak baik digunakan sebagai bahan bangunan.

Table dibawah ini ada syarat gradasi pasir yang harus dipenuhi untuk penggunaan pada campuran beton :

Diameter Saringan (mm)	Persentase Pasir yang Lolos Saringan (%)			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah 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	90 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Tabel 2. 1 Gradasi Pasir

(Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007)

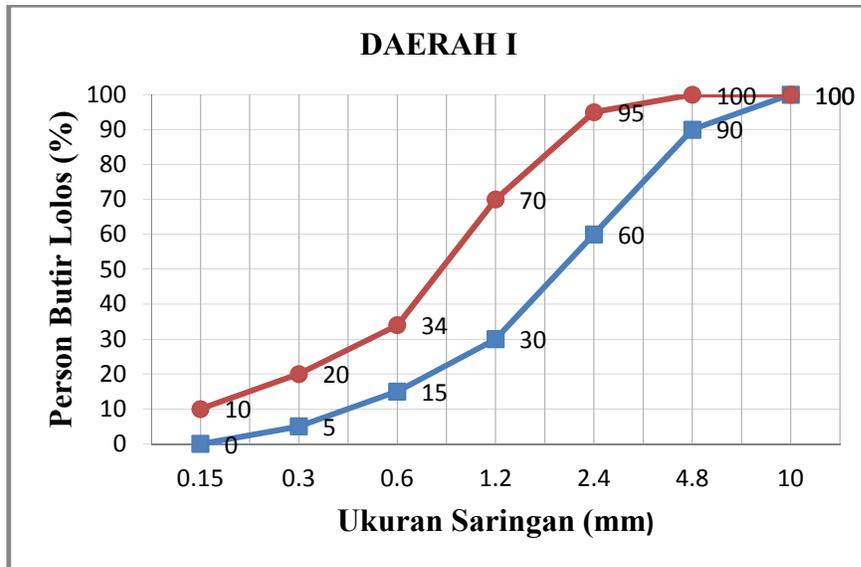
Keterangan :

Daerah I : Pasir kasar

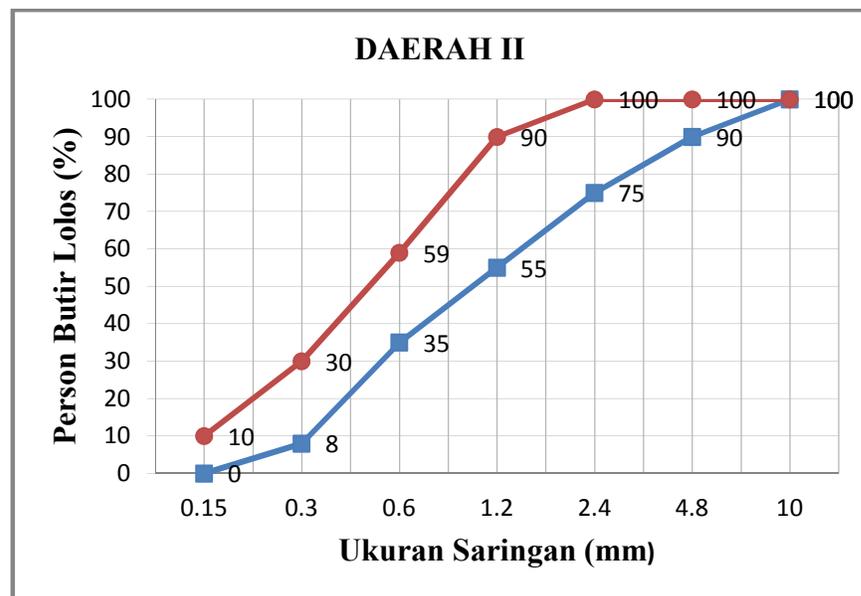
Daerah III : Pasir agak halus

Daerah II : Pasir agak kasar

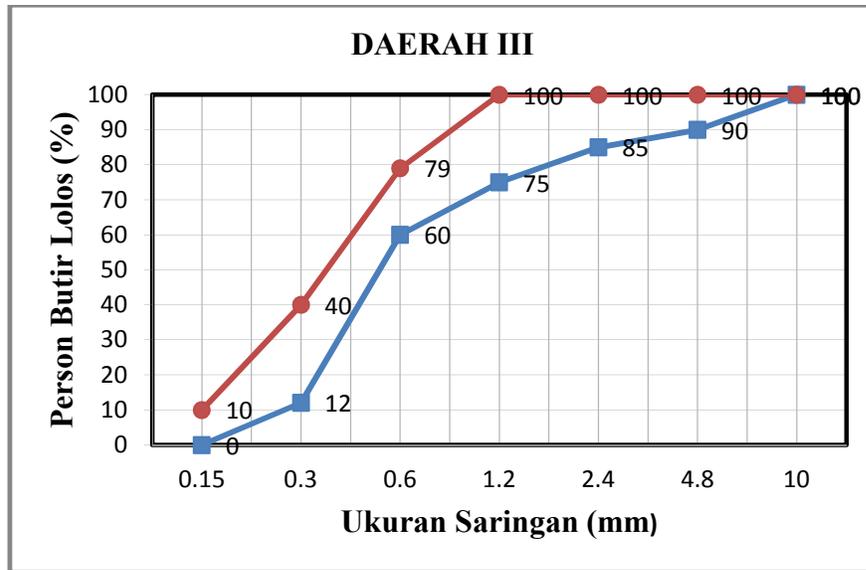
Daerah IV : Pasir halus



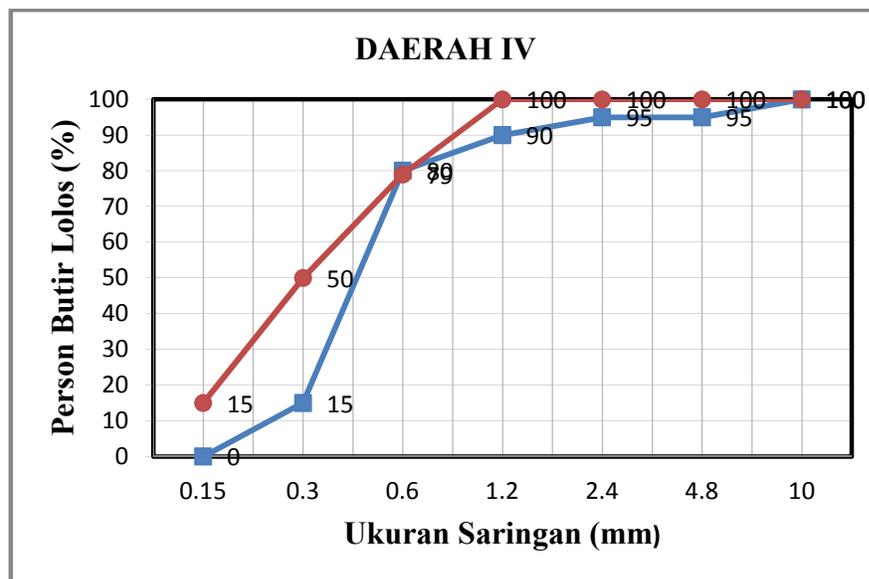
Gambar 2. 1 Grafik daerah gradasi I (Pasir Kasar)



Gambar 2. 2 Grafik daerah gradasi II (Pasir agak Kasar)



Gambar 2. 3 Grafik Gradasi III (Pasir Halus)



Gambar 2. 4 Grafik Daerah Gradasi IV (Pasir agak Halus)

ASTM C. 33 – 86 dalam “Standar Spesification for concrete Aggregates” memberikan syarat gradasi agregat halus seperti yang tercantum dalam tabel di bawah ini, dimana agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45% dan tertahan pada ayakan berikutnya.

Tabel 2. 2 Syarat agregat

halus menurut ASTM

- 33 - 86

<b>Ukuran Lubang Ayakan</b>	<b>Persen Lolos Komulatif</b>
9.5	100
4.75	95 – 100
2.36	80 – 100
1.18	50 – 85
0.6	25 – 60
0.3	10 – 30
0.15	2 – 10

Ada beberapa factor yang mempengaruhi kuat tekan beton dari pasir yang digunakan dalam campuran. Sifat – sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran Beton, yaitu :

1. Berat jenis dan daya serap agregat
2. Serapan air dan kadar air agregat
3. Modulus halus butir
4. Gradasi agregat
5. Ketahanan kimia
6. Kekekalan
7. Perubahan volume
8. Kotoran organik

## 2. Agregat Kasar

Kandungan agregat kasar dalam campuran beton mengisi 60% - 70% dari volume beton. Agregat kasar berfungsi sebagai stabilitas antara volume dan

kekuatan beton. Menurut PBI 1971, kriteria agregat kasar yang digunakan dalam beton adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksudkan dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm.
2. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang relatif alkali.
5. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20 T, dengan mana harus dipenuhi syarat-syarat berikut :
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 19 mm lebih dari 24% berat.
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22% berat.
  - Atau dengan mesin pengaus los angeles dengan mana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
6. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan harus memenuhi syarat-syarat berikut :
  - Sisa diatas ayakan 3,15 mm, harus 0% berat.
  - Sisa diatas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
  - Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.

7. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, seperti dari tebal pelat atau tigaperempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa sehingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil.

Meburut Sukirman (2003), jika ditinjau dari asal kejadiannya agregat kasar dibedakan menjadi beberapa jenis :

1. Batuan beku (igneous rock)  
Batuan beku berbentuk kristal dan terbentuk dari proses pembekuan magma.
2. Batuan sedimen (sedimentary)  
Batuan yang berbentuk baik dari perbandingan bahan atau material yang tidak larut dari pecahan batuan yang ada atau sisa anorganik dari binatang laut.
3. Batuan metamorf  
Batuan yang berasal dari batuan sedimen atau batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur dari kulit bumi.

Persyaratan mengenai proporsi gradasi saringan untuk campuran beton berdasarkan standar yang direkomendasikan ASTM C 33/ 03 “Standard Spesification for Concrete Aggregates” (lihat Tabel 2.1). Dan standar pengujian lainnya mengacu pada standar yang direkomendasikan pada ASTM.

Diameter Saringan (mm)	Persentase Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
25,00	100	100
19,00	90-1000	95
12,50	-	-

Tabel 2. 3 Agregat Kasar Menurut 33/ 003	9,50	20-55	37,5	Gradasi ASTM C
	4,75	0-10	5	
	2,36	0-5	2,5	

(Sumber :ASTM 33/03)

### C. Air

Air pada campuran mortar bertujuan untuk proses kimiawi antara semen agregat. Air yang digunakan untuk campuran mortar umumnya dapat diminum dan bersih, terbebas dari zat-zat kimia yang dapat menurunkan kekuatan beton. Senyawa yang dapat merusak kekuatan beton atau merubah sifat semen seperti asam, alkali, garam, minyak, dan gula.

Menurut SNI 03-2834-2000, faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan beton. Kelebihan jumlah air akan menyebabkan banyaknya gelembung air dan akan memperlama proses hidrasi. Sedangkan kekurangan air akan menyebabkan kesulitan dalam proses pemadatan dan tidak tercapai seluruh proses hidrasi. Pada umumnya penggunaan air semen sekitar 0,4 – 0,65.

Penggunaan air pada campuran beton dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor dibawah ini :

1. Jika jumlah agregat halus sedikit, maka air yang dibutuhkan semakin sedikit juga.
2. Semakin banyak jumlah agregat kasar, air yang dibutuhkan semakin menurun.
3. Bentuk agregat kasar, untuk bentuk batu bulat air yang dibutuhkan menurun sedangkan untuk batu pecah air yang digunakan semakin meningkat.

## **2.1.4 Jenis-jenis Beton**

### **A. Beton Mortar**

Jenis beton ini adalah yang umum digunakan dalam konstruksi bangunan. Beton mortar tersusun dari pasir air dan mortar. Mortar yang sering digunakan adalah jenis lumpur dan kapur (semen). Beton ini pasangi tulangan baja untuk memperkuat kuat tarik dan kuat tekan. Mortar biasanya digunakan untuk menyatukan, seperti menyatukan batu bata atau batu bulat.

### **B. Beton Non Pasir (Beton Pervious)**

Sesuai dengan namanya, beton ini tidak menggunakan pasir. Hanya tersusun dari batu, semen dan air. Beton memiliki bentuk yang berongga, biasanya digunakan untuk bata beton, dinding sederhana, dinding sederhana, atau buis beton.

### **C. Beton Bertulang**

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 3.13 mendefinisikan beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya-gaya. Beton bertulang terbuat dari gabungan antara beton dan tulangan baja. Oleh karena itu, beton bertulang memiliki sifat yang sama seperti bahan-bahan penyusunnya yaitu sangat kuat terhadap beban tekan dan beban tarik. Beton bertulangan sering digunakan pada bangunan berlantai, jembatan, kolom dan lain sebagainya.

### **D. Beton Hampa**

Disebut beton hampa karena karena proses pembuatannya hampa air. Dengan melakukan penyedotan air dengan vakum khusus, akibatnya air dalam campuran beton hanya untuk mereaksikan semen. Maka dari itu beton ini digunakan untuk gedung-gedung pencakar langit.

### **E. Beton Ringan**

Beton ringan adalah beton yang bahan bakunya terdiri pasir silika, semen, air dan bahan pengembang khusus yang kemudia dirawat dengan tekanan uap air. Sesuai

namanya, beton ini ringan dibandingkan dengan beton pada umumnya. Pengaplikasian beton ringan biasanya pada tembok-tembok non struktur.

#### F. Beton Pra-Tegang

Menurut PBI – 1971 beton prategang adalah beton bertulang dimana telah ditimbulkan tegangantegangan intern dengan nilai dan pembagian yang sedemikian rupa hingga tegangan-tegangan akibat beton-beton dapat dinetralkan sampai suatu taraf yang diinginkan

#### G. Beton Pra-Cetak

Merupakan beton yang dibuat diluar proyek, biasanya buatan pabrik agar kualitas yang dihasilkan baik.

#### H. Beto Silkop

Adalah beton yang menggunakan bahan tambahan agregat yang berukuran besar (sekitar 15-20 cm) dalam adonan beton. Biasanya digunakan pada bangunan jembatan atau bendungan

#### I. Beton Massa

Beton Massa ada beotn yang dibuat dengan kapasitas yang banyak, melebihi dari yang dibutuhkan. Dengan perbandingan volume dan luas permukaan yang sangat tinggi. Biasanya diaplikasi dalam pembangunan bendungan, pondasi besar dan pilar bangunan.

#### J. Beton Serat

Beton yang dibuat dengan penambahan serat tertentu kedalam adonan, seperti kawat baja, asbestos bahkan tumbuh-tumbuhan. Penambahan serat bertujuan menambah kekuatan beton agar tidak mudah retak.

## 2.2 Bahan Pengganti

Bahan Penggan pertama kali dikenalkan dengan nama Geopolimer. Bahan pengganti yang digunakan adalah abu vulkanik Gunung Sianbung. Gunung Sinabung merupakan gunung aktif di Sumatra Utara. Terletak di Kabupaten Karo dengan ketinggian  $\pm 2600$  mdpl. Dahulu gunung ini masuk daftar gunung mati selama  $\pm 400$  tahun. Pada tahun 2010 kembali Meletus hingga saat ini. Secara geologis, Gunung Sinabung adalah salah satu gunung yang terbentuk dari interaksi lempeng India dan lempeng

Australia dengan lempeng Sunda. Cara pembentukan ini serupa dengan jajaran gunung-gunung lain di Pulau Sumatera, termasuk Gunung Toba.

Abu vulkanik merupakan material berbentuk debu atau pasir yang disebarkan oleh gunung merapi ke udara. Abu vulkanik terbentuk dari hasil pembakaran material padat didalam gunung. Setiap gunung merapi mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Pada umumnya abu vulkanik tersusun dari karbon dioksida ( $H_2O$ ), silika ( $SiO_2$ ), magnesium ( $Mg$ ), zat besi ( $Fe$ ), kapur ( $CaO$ ), sulfur ( $S$ ) dan pospor ( $P_2O_5$ ).

Jika kita lihat dari kandungan yang terdapat pada abu vulkanik diatas, terdapat beberapa kesamaan kandungan pada semen. Seperti, silika, besi, sulfur, pospor, kapur dan magnesium.

### **2.3 Pengujian Beton Segar**

Pengujian beton segar yang dilakukan untuk penelitian ini adalah Slump Test. Slump Test merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kekentalan beton segar. Besaran penurunan inilah yang disebut sebagai nilai slump. Jika nilai Slump semakin besar, maka beton segar semakin encer. Dan juga sebaliknya.

Faktor yang mempengaruhi nilai Slump seperti kuantitas air yang digunakan, maupun ukuran agregat yang digunakan. Hubungan kuat tekan beton dengan nilai Slump adalah semakin tinggi nilai Slump, maka semakin tinggi kuat tekannya. Berikut ini adalah alat yang digunakan dalam pengujian Slump Test.



Gambar 2. 5 Alat pengujian Slump Test



Gambar 2. 6 Pengujian Slump Test

## 2.4 Pengujian Beton Kering

Setelah beton mengeras ada beberapa pengujian yang dilakukan, pengujian ini untuk memastikan kelayakan beton. Berikut ini beberapa jenis pengujian beton yang sudah mongering.

### a. Uji Kuat Tekan (Compression Test)

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tekanan pada sampel beton hingga hancur, sehingga mendapatkan nilai kuat tekan. Adapun cara pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapkan beton yang sudah mengeras berbentuk silinder, dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm.
2. Masukkan sampel kedalam alat kuat tekan
3. Lalu nyalakan alat, hingga benda uji hancur. Catat nilai kuat tekan yang didapat.



Gambar 2. 7 Alat Kuat Tekan Contorls Milano-Italy

b. Uji Core Dill

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengambil sampel langsung dari beton yang mengeras. Dalam pengambilan sampel harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak merusak struktural beton maupun tulangnya. Setelah mendapatkan sampel, sampel diuji ke laboratorium dengan alat yang nama. Dalam pengujian ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain:

1. Umur dari beton harus minimal 14 hari.
2. Pengambilan dari contoh silinder beton harus dilakukan pada daerah yang kuat tekannya diragukan, biasanya berdasarkan dari data hasil yang uji contoh beton dari masing – masing bagian struktur. Dari satu daerah beton tersebut diambil satu titik pengambilan sebuah contoh nantinya.
3. Dari satu pengambilan sebuah contoh (daerah beton yang diragukan mutunya) diambil sebanyak 3 titik pengeboran. Pengeboran yang telah dilakukan harus ditempat yang tidak membahayakan sebuah struktur, misalnya jangan terlalu dekat dengan sambungan tulangan, momen maksimum dan juga dari tulangan utama.
4. Pengeboran yang dilakukan harus tegak lurus dengan permukaan pada beton.
5. Lubang bekas pengeboran yang harus segera diisi dengan beton yang mutunya minimal sama baiknya.

Untuk menentukan atau mengambil sebuah sampel pada perkererasan di lapangan sehingga dapat diketahui tebal perkerasannya serta untuk dapat mengetahui karakteristik sebuah campuran perkerasan. Berikut ini cara pelaksanaan Core Drill :

1. Alat akan diletakan pada lapisan perkerasan sebuah beton atau aspal yang akan dilakukan pengujian dengan posisi datar.
2. Lalu kemudian harus menyediakan air dengan alat yang ada sistem pompanya.
3. Kemudian air tersebut dimasukkan ke alat Core Drill dengan selang kecil pada tempat yang sudah disediakan pada alat tersebut yang digunakan sehingga alat tersebut tidak akan mengalami kerusakan terutama pada mata bor yang berbentuk silinder selama masa proses pengujian coring beton atau coring aspal.
4. Jika semua sudah siap lalu dihidupkan dengan alat tersebut dengan menggunakan tali yang dililitkan pada starter alat dan ditarik hingga hidup.
5. Kemudian alat tersebut akan hidup mata bor diturunkan secara perlahan pada titik yang sudah ditentukan sebelumnya hingga kedalaman tertentu, kemudian setelah masuk pada kedalaman yang sudah ditentukan maka alat dimatikan dan mata bor dinaikkan keatas.
6. Lalu hasil dari pengeboran yang sudah dilakukan diambil dengan menggunakan penjapit yang sudah tersedia, dan setelah itu dilakukan pengukuran tebal dan dimensinya serta diamati sampel tersebut apakah perkerasan tersebut sudah layak untuk digunakan atau tidak.



Gambar 2. 8 Alat pengujian Core Drill

c. Percobaan UPV (Ultrasonic Pulse Velocity)

Uji UPV (Ultrasonic Pulse Velocity) merupakan salah satu uji non-destruktif [struktur bangunan gedung](#) dengan menggunakan gelombang ultrasonik yang mana metode uji ini mencakup penentuan kecepatan rambat gelombang longitudinal melalui beton. (SNI ASTM C597 : 2012).

UPVT bekerja berdasarkan pengukuran waktu tempuh gelombang ultrasonik yang menjalar dalam struktur beton.

Gelombang ultrasonik disalurkan dari transmitter transducer yang ditempatkan dipermukaan beton melalui material beton menuju receiver transducer dan waktu tempuh gelombang tersebut diukur oleh Read-Out unit PUNDIT [Portable Unit Non Destructive Indicator Tester](#) dalam m detik.

Kedua transducer tersebut dapat ditempatkan secara direct, semi direct atau indirect. Karena jarak antara kedua transducer ini telah diketahui, maka kecepatan gelombang ultrasonik dalam material beton dapat dihitung, yaitu tebal beton dibagi dengan waktu tempuh.

Karena kecepatan rambat gelombang adalah merupakan fungsi dari kepadatan material, maka dengan diketahuinya cepat rambat gelombang ultrasonik di dalam beton, kecepatan tersebut dapat dikorelasikan ke nilai kepadatan beton, yang selanjutnya dikorelasikan lagi ke mutu beton, berdasarkan grafik empiris hubungan kecepatan rambat gelombang dengan mutu beton.

Selain pengukuran mutu beton, UPVT dapat juga digunakan untuk mengukur kedalaman retak dan keberadaan honeycomb pada beton.beriku ini adalah peralatan yang digunakan untuk UPV Test terdiri dari :

- Satu buah Read-out Unit PUNDIT (Portable Unit Non destrutive Indicator Tester).
- Dua buah Transducer 54 Hz (masing-masing sebagai transmitter dan receiver).
- Satu buah Calibration Bar serta kabel-kabel dan connector



## Gambar 2. 9 Alat Percobaan UPVT

Adapun faktor-faktor penggunaan UPV yang mempengaruhi hasil adalah sebagai berikut.

### 1. Temperatur

Suhu operasi normal (misalnya sekitar 20°C) tidak secara signifikan mempengaruhi kecepatan *pulse*. Namun, suhu puncak (di atas 20°C dan di bawah 0°C) akan mempengaruhi kecepatan *pulse*.

Kecepatan yang diukur harus dikoreksi dengan mengalikan dengan faktor yang diperoleh sesuai dengan suhu saat pembacaan.

### 2. Path Length

Kecuali jika panjang jalur terlalu kecil, kecepatan *pulse* tidak terpengaruh olehnya. Tanpa pengaruh panjang lintasan, disarankan untuk memilih panjang lintasan minimum 100 mm jika beton dengan agregat memiliki maksimum ukuran 20 mm dan panjang lintasan minimum 150 mm untuk beton dengan agregat maksimum ukuran 40 mm. Pengurangan 5% dalam kecepatan yang diukur biasanya diamati untuk peningkatan panjang jalur dari sekitar 3 m hingga 6 m. Kecepatan *pulse* juga dipengaruhi jika panjang jalur terlalu panjang karena pelemahan komponen *pulse* frekuensi yang lebih tinggi.

### 3. Kondisi kelembaban

Kecepatan *pulse* melalui beton basah ditemukan hingga 5% lebih tinggi dari pada beton yang sama dalam kondisi kering (efek kelembaban kurang signifikan untuk beton kekuatan tinggi dibanding beton kekuatan rendah). Namun, kekuatan beton kering ditemukan lebih berpengaruh dari beton yang sama dalam kondisi basah.

Setelah memahami jenis-jenis percobaan beton keras diatas, penelitian ini hanya melakukan satu percobaan beton keras saja. Percobaan tersebut adalah kuat Kuat Tekan Beton, dengan alat Controls Milano-Italy yang berada di Laboratorium Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil. Universitas HKBP Nommensen Medan.

## 2.5 Perancangan Campuran Beton

Bagaimana campuran beton? Apakah hanya dicampurkan begitu saja? Tanpa adanya peraturan/ takaran khusus? Tentu saja tidak, karena terdapat berbagai macam hal yang perlu dilakukan untuk mendapatkan adukan beton yang sesuai dengan yang direncanakan.

### 2.5.1 Umum

Perancangan campuran beton bertujuan untuk mengetahui kuantitas bahan penyusun beton. Proporsi yang dihasilkan oleh rancangan pun harus optimal, dalam arti penggunaan bahan yang minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria teknis. Perancangan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya. Selanjutnya perlu diketahui beberapa faktor lainnya yang mempengaruhi pekerjaan pembuatan rancangan campuran beton, diantaranya adalah kondisi dimana pekerjaan dilaksanakan, kekuatan beton yang direncanakan, kemampuan pelaksana, tingkat pengawasan, peralatan yang digunakan, dan tujuan peruntukan bangunan.

### 2.5.2 Kuat Tekan Rata-rata

#### 1. Standart Deviasi

Deviasi Standar yang didapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton menurut rumus:

$$sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f^c c_i - f^c cr)^2}{n-1}} \quad (2.1)$$

Keterangan :

SD = Deviasi Standar

$f'c_i$  = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

$f'_{cr}$  = kuat tekan beton rata-rata

$n$  = jumlah data/nilai hasil uji.

$$(f'_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n f'c_i}{n}) \quad (2.2)$$

Deviasi standar ditentukan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton dan volume adukan beton yang dibuat (Tabel 2.4), makin baik mutu pelaksanaan maka makin kecil nilai deviasi standar.

## 2. Nilai Tambah (M)

Nilai tambah dihitung dengan rumus:

$$M = 1,64 \times Sr \quad (2.3)$$

Keterangan :

$M$  = nilai tambah

1,64 = tetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5 %

$Sr$  = deviasi standar rencana

Apabila dalam suatu produksi beton, hanya terdapat 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung berdasarkan data uji tersebut dengan faktor pengali (k) seperti Tabel 2.5. Sedang bila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa.

### 2.5.3 Menetapkan Kuat Tekan Rata-rata yang ditargetkan

Dihitung menurut rumus berikut :

$$f'_{cr} = f'c + M \quad (2.4)$$

$$f'_{cr} = f'c \quad (2.5)$$

Tabel 2. 4 Faktor pengali (k) deviasi standar

Jumlah Data	$\geq 30$	25	20	15	$< 15$
Faktor Pengali	1,00	1,03	1,08	1,15	-

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

Tabel 2. 5 Mutu pelaksanaan, volume adukan dan deviasi standar

Volume Pekerjaan		Deviasi Standar sd (MPa)		
Sebutan	Volume Beton (m <sup>3</sup> )	Mutu Pekerjaan		
		Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	$< 1000$	$4,5 < s \leq 5,5$	$5,5 < s \leq 6,5$	$6,5 < s \leq 8,5$
Sedang	1000 – 3000	$3,5 < s \leq 4,5$	$4,5 < s \leq 5,5$	$5,5 < s \leq 7,5$
Besar	$> 3000$	$2,5 < s \leq 3,5$	$3,5 < s \leq 4,5$	$4,5 < s \leq 6,5$

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

Tabel 2. 6 Nilai deviasi standar untuk tingkat pengendalian mutu pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2

Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

#### 2.5.4 Faktor-faktor yang menentukan proporsi campuran beton.

Untuk mencapai suatu kekuatan beton tertentu, rancangan yang dibuat harus melahirkan suatu proporsi bahan campuran yang nilainya ditentukan oleh faktor-faktor berikut :

- a. Faktor Air-Semen (fas) Nilai perbandingan air terhadap semen atau yang disebut faktor air-semen (fas) mempunyai pengaruh yang kuat secara langsung terhadap kekuatan beton. Harus dipahami secara umum bahwa semakin tinggi nilai fas semakin rendah mutu kekuatan beton
- b. Tipe Semen Penggunaan tipe semen yang berbeda, yaitu semen Portland tipe I, II, IV dengan semen Portland yang memiliki kekuatan awal yang tinggi (tipe III) akan memerlukan nilai faktor air-semen yang berbeda.
- c. Keawetan (durability) Pertimbangan keawetan akan memerlukan nilai-nilai kekuatan minimum, faktor air-semen maksimum, dan kadar semen minimum. Ketentuan nilai-nilai faktor air-semen maksimum dan kadar semen minimum dapat dilihat pada tabel 1 berikut.
- d. Workabilitas dan Jumlah Air Sifat kekentalan/konsistensi adukan beton dapat menggambarkan kemudahan pengerjaan beton, yang dinyatakan nilai slump. Suatu nilai slump tertentu yang diharapkan dapat memberi kemudahan pengerjaan sesuai dengan jenis konstruksi yang dikerjakan, untuk suatu ukuran agregat tertentu akan berpengaruh terhadap jumlah air yang dibutuhkan. Untuk mencegah penggunaan adukan beton yang terlalu kental atau terlalu encer, dianjurkan untuk menggunakan nilai-nilai slump dalam batas-batas sebagai berikut:

Tabel 2. 7 Batasan Nilai Slump

No.	Jenis Pekerjaan	Slump
-----	-----------------	-------

		Maksimum	Minimum
1	Dinding, pelat pondasi dan telapak bertulang	75	25
2	Pondasi telapak tidak bertulang, kasion dan konstruksi bawah tanah	75	25
3	Balok, dinding bertulang	100	25
4	Kolom bertulang	100	25
5	Perkerasan dan pelat	75	25
6	Pembetonan masal	75	25

- e. Pemilihan Agregat Ukuran maksimum agregat ditetapkan berdasarkan pertimbangan ketersediaan material yang ada, biaya, atau jarak tulangan terkecil yang ada. Agregat kasar harus dipilih sedemikian rupa sehingga ukuran agregat terbesar tidak lebih dari  $\frac{3}{4}$  jarak bersih minimum antara baja tulangan atau antara baja tulangan dengan acuan, atau celah-celah lainnya dimana beton harus dicor f.
- f. Kadar Semen Kadar semen yang diperoleh dari hasil perhitungan rancangan, selanjutnya dibandingkan dengan ketentuan kadar semen minimum berdasarkan pertimbangan durabilitas, dan dibandingkan juga dengan batas kadar semen maksimum untuk mencegah terjadinya retak akibat panas hidrasi yang tinggi.

### 2.5.5 Variabilitas

Jika terkumpul sejumlah data hasil pengujian kuat tekan beton, maka data tersebut akan menunjukkan bahwa nilai-nilai yang dihasilkan akan bervariasi berkisar pada suatu nilai rata-rata dengan suatu nilai simpangan baku/standar deviasi tertentu. Variabilitas dalam beton akan mempengaruhi nilai kekuatan tekan dalam perencanaan. Pengertian variabilitas dalam kekuatan beton pada dasarnya tercermin melalui nilai standar deviasi. Asumsi yang digunakan dalam perencanaan bahwa kekuatan beton akan terdistribusi

normal selama masa pelaksanaan. Secara umum rumusan mengenai kekuatan tekan dengan mempertimbangkan variabilitas ditulis sebagai berikut :

$$f'_{cr} = f'_c + k.S \quad (2.6)$$

Keterangan :

$f'_{cr}$  = kekuatan tekan rencana rata-rata

$f'_c$  = kekuatan tekan rencana

S = nilai standar deviasi

K = konstanta yang diturunkan dari distribusi normal

Nilai k biasanya diambil 1,64 untuk bagian yang ditolak/cacat yang diijinkan 5%. Nilai k.S dinamakan nilai tambah (margin) yang merupakan juga nilai keamanan dalam perancangan. Perlu juga dipahami bahwa dalam menentukan nilai standar deviasi harus diperhatikan ketentuan jumlah benda uji minimum. Jika benda uji yang diperiksa tidak mencapai jumlah minimum, maka harus diterapkan suatu angka koreksi terhadap nilai standar deviasi.

Tabel 2. 8 Angka Koreksi Standart Deviasi

Jika jumlah minimum benda uji 20 buah		Jika jumlah minimum benda uji 30 buah	
Jumlah benda uji	Angka koreksi	Jumlah benda uji	Angka koreksi
8	1,37	10	1,36
9	1,29	11	1,31
10	1,23	12	1,27
11	1,19	13	1,24
12	1,15	14	1,21
13	1,12	15	1,18
14	1,10	16	1,16
15	1,07	17	1,14

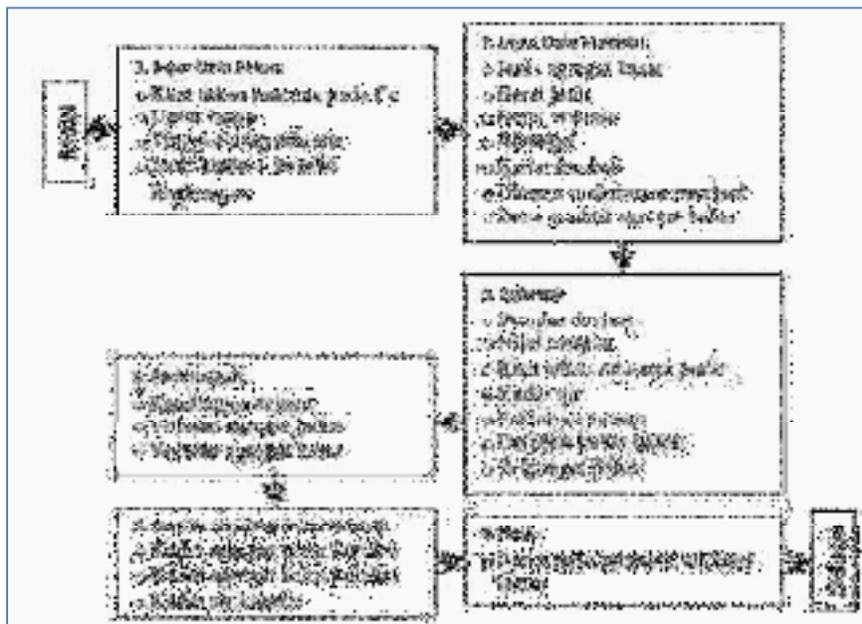
Tabel 2. 9 Jumlah minimum benda uji

Jika jumlah minimum benda uji 20 buah		Jika jumlah minimum benda uji 30 buah	
Jumlah benda uji	Angka koreksi	Jumlah benda uji	Angka koreksi
16	1,06	18	1,12
17	1,04	19	1,11
18	1,03	20	1,09
19	1,01	21	1,08
20	1	22	1,07
		23	1,06
		24	1,05
		25	1,04
		26	1,03
		27	1,02
		28	1,02
		29	1,01
		30	1

### 2.5.6 Metode perancangan campuran beton

Dalam praktek ada beberapa metode rancangan campuran beton yang telah dikenal, antara lain seperti metode *DOE* yang dikembangkan oleh *Department of Environment* di Inggris dan Metode *ACI* (*American Concrete Institute*). Metode rancangan campuran beton dengan cara *DOE* ini di Indonesia dikenal sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dimuat dalam Standar SNI 03-2834-2000, "Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal". Sedangkan SNI 7656:2012, "Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa" mengacu pada *ACI*. Secara garis besar kedua metode tersebut didasarkan pada hubungan empiris, bagan, grafik dan tabel, tetapi pada beberapa procedural terdapat perbedaan. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah Metode SNI 03-2834-2000, dalam prosedur rancangan campurannya mengadopsi beberapa asumsi sebagai berikut (Alkhaly, 2016):

- a. Metode ini berlaku untuk semen *Ordinary Portland ement* (tipe I), *Rapid Hardening Portland Cement* (tipe II), *High Early Strength Cement* (tipe III) dan *Sulphate Resisting Portland Cement* (tipe V).
- b. Metode ini membedakan antara agregat pecah (batu pecah) dan tidak pecah (agregat alami/kerikil) yang akan mempengaruhi jumlah pengguna air.
- c. Memperhitungkan gradasi dari agregat halus berdsarkan zona dan menganggap gradasi dari agregat halus akan mempengaruhi tingkat kemampuan kerja daricampuran beton.
- d. Rasio optimum dari volume curah agregat kasar per kubik beton tergantung dari ukuran maksimum nominal dari agregat kasar dan gradasi agregat halus.
- e. Kadar air dalam campuran beton hanya dipengaruhi oleh tingkat kemudahan kerja yang diperlukan, dinyatakan uji slump.
- f. Ukuran maksimum nominal dari agregat kasar, dianggap tidak mempengaruhi proporsi campuran.



- g. Metode mengadopsi campuran beton dengan rasio air semen (fas) 0,5.

(Sumber, Diklat Perkerasan Kaku. 2017)

## 2.6 Penelitain Terdahulu

Penelitian terdahulu akan memudahkan dalam menentukan langkah-langkah yang sistematis untuk penyusunan penelitian dari segi teori dan konsep. Penelitian terdahulu

dapat digunakan sebagai acuan atau referensi untuk memudahkan membuat penelitian secara keseluruhan. Penelitian terdahulu tentang penggunaan abu vulkanik sebagai bahan eksperimen telah beberapa kali dilakukan, seperti yang pernah dilakukan.

Tabel 2. 10 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil dan Kesimpulan
Herman Sinaga (2014)	Penggunaan Abu Vulkanik Gunung Sinabung Sebagai Bahan Campuran Semen Pada Beton	Dari hasil penelitiannya diperoleh bahwa AVGS bersifat penyerap air, yang menyebabkan penurunan nilai slump. Sehingga menurunkan tingkan <i>workability</i> pada beton. Adapun beton dengan penambahan abu vulkanik sebesar 10% memiliki kuat tekan sebesar 301,503 kg/cm <sup>2</sup> diumur 28 hari. Sedangkan pada beton normal sebesar 310,371 kg/cm <sup>2</sup> . Dengan deminikan penambahan abu vulkanik sebesar 10% dapat dipergunakan, dimana penurunan kekuatannya hanya 2,8% dari beton normal. Dan pengerasan beton dengan abu vulknik lebih lambat dibandingkan dengan beton normal.
Sadham Panjang Yuswanto dan Pramudiyanto (2015)	Pengaruh Penambahan Abu Vulkanik Gunung Kelud Terhadap	Penelitian yang mereka lakukan dengan menambahkan abu vulkanik sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Dari hasil penelitian diatas, mereka menyimpulkan bahwa

	Kuat Tekan Beton	variasi penambahan semen dengan abu vulkanik yang paling optimal adalah sebesar 20%, atau dengan kuat tekan rata-rata sebesar 46,947 MPa.
Nursyafri dan Eka Nur Fitriani (2010)	Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Merapi Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Mortar	Dengan persentase 5, 10, 15, 20 dan 25. Dan hasil penelitian ini substitusi abu vulkanik sebesar 5% memiliki kuat tekan paling tinggi dan nilai penyerapan yang paling rendah dibandingkan dengan substitusi yang lain.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Pengertian**

Metode penelitian merupakan Langkah yang dilakukan dalam penelitian untuk mendapatkan data kuantitatif maupun kualitatif. Metode penelitian menggambarkan rancangan penelitian, meliputi langkah-langkah yang dilakukan didalam penelitian, sumber data maupun waktu pelaksanaan.

#### **3.2 Standart Penelitian**

Standart yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini adalah :

1. Standart Nasional Indonesia tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Bangunan Untuk Gedung (**SK - SNI 03 – 2847 – 2019**)
2. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (**PBI 1971**)

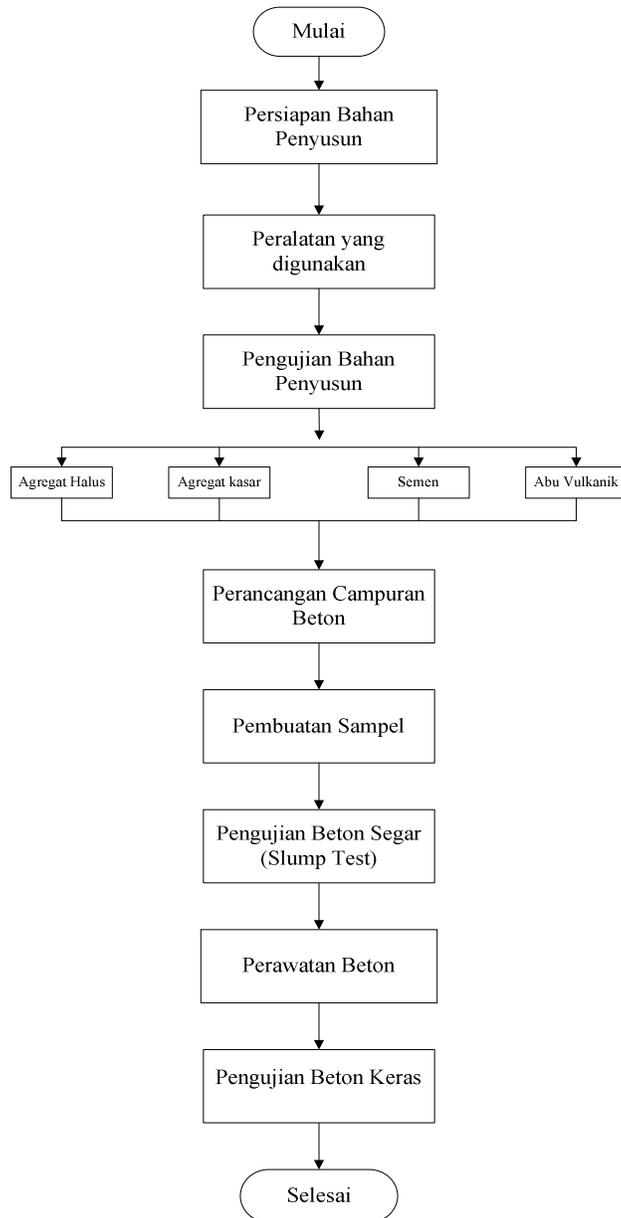
Untuk pengujian bahan penyusun menggunakan beberapa acuan, dan acuan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. **SNI 03 - 1968 - 1990** tentang Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar.
2. **SNI 03 – 1971 – 1990** tentang Metode Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.
3. **SNI 15 – 2049 - 2004** tentang Semen Portland.
4. **SNI 03 – 2531 - 1991** tentang Pengujian Berat Jenis Semen Portland.
5. **SNI 1970 : 2008** tentang Cara Uji Berat Jenis dan Jenyerapan Air Agregat Halus.
6. **SNI 2417 : 2008** tentang Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Arasi Los Angeles.
7. **SNI 1969 : 2008** tentang Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.
8. **SNI 03 – 1971 – 2011** tentang Pengujian Kadar Air Agregat Halus.
9. **ASTM C 29/C 29M –90** tentang Berat Isi Agregat Halus.
10. **SNI 1973 : 2008** tentang Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara Beton.
11. **SNI S - 04 - 1989 - F** tentang Kadar Lumpur Agregat Halus.

### 3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton/ Konstruksi, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil. Universitas HKBP Nommensen Medan.

### 3.4 Tahap Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3. 1 Tahap pelaksanaan penelitian

### 3.5 Persiapan Bahan Penyusun Beton

Persiapan bahan penyusun bertujuan untuk menentukan bahan apa saja yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland tipe I. dengan merek Semen Andalas. Ukuran kemesan 40 Kg/zak.

b. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Binjai.

c. Agregat Kasar

Agregat Kasar yang digunakan adalah batu pecah yang berasal dari Patumbak.

d. Bahan Pengganti Semen

Bahan pengganti semen yang digunakan adalah abu vulkanik gunung Sinabung.

e. Air

Air yang digunakan untuk pengadukan beton adalah air bersih. Berasal dari Laboratorium Beton/ Konstruksi, Universitas HKBP Nommensen Medan.

### 3.6 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a) Saringan

Ada beberapa pengujian yang dilakukan dengan alat ini, seperti :

1. Analisa Saringan Agregat Kasar & Halus. Diameter saringan yang digunakan untuk Agregat Kasar adalah 31,5mm ; 25,4mm ; 19,0mm ; 12,5mm ; 9,5mm ; 4,75mm dan PAN. Sedangkan untuk Agregat Halus berdiameter 9,5mm ; 4,75mm ; 2,36mm ; 1,18mm ; 0,6mm ; 0,3mm ; 0,15mm ; 0,075mm ; dan PAN.

2. Penyaringan Abu Vulkanik

Saringan yang digunakan untuk menyaring abu vulkanik adalah nomor 200 serta PAN.

3. Kehalusan Semen Portland

Menggunakan saringan nomor 100, 200 dan PAN.

4. Konsistensi Normal Semen Portland

- Menggunakan saringan nomor 200 dan PAN
5. Pemeriksaan Zat Organik dalam Agregat Halus  
Saringan yang digunakan berdiameter 4,75mm
  6. Pengikat Awal Semen Portland  
Menggunakan saringan nomor 100 dan PAN
  7. Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Los Angels  
Menggunakan saringan berdiameter 37,5 ; 35 ; 19 ; 12,5 ; 9,5 ; PAN
  8. Berat Jenis & Penyerapan Agregat Kasar  
Menggunakan diameter saringan yang lewat 31,5mm dan tertahan di 4,75mm
- b) Minyak Solar  
Digunakan untuk mengoles pada cetakan silinder, agar mudah saat pengeluaran sampel
  - c) Timbangan  
Untuk mengukur berat sampel agar sesuai dengan kebutuhan
  - d) Sikat  
Digunakan untuk membersihkan saringan setelah digunakan.
  - e) Tongkat pematik  
Digunakan untuk memadatkan mortar saat dimasukkan ke silinder.
  - f) Mould  
Digunakan untuk tempat Ketika percobaan konsistensi normal semen Portland.
  - g) Mesin Penggetar  
Digunakan untuk menggetarkan sampel saat penyaringan sampel.
  - h) Oven  
Digunakan untuk mengeringkan sampel benda uji.
  - i) Sekop  
Untuk memindahkan sampel pasir, batu, maupun mortar.
  - j) Molen  
Digunakan untuk mengaduk campuran beton.
  - k) Silinder  
Silinder yang digunakan mempunyai ukuran tinggi 30cm dan berdiameter 15cm.
  - l) Mesin Los Angels  
Digunakan untuk pengujian Keausan Agregat Kasar.

- m) Sendok semen  
Digunakan untuk memindahkan sampel. Baik semen, pasir, maupun mortar.
- n) Kerucut Abrams  
Digunakan untuk percobaan Slump Test. Diameter bawah sebesar 300mm dan diameter atas sebesar 200mm.
- o) Talam  
Digunakan untuk tempat sampel sampai kering SSD
- p) Vicat  
Digunakan untuk pengujian Daya Ikat Semen Portland
- q) Alat Tekan  
Digunakan untuk menguji kuat tekan beton, alat yang digunakan bernama Controls Milano – Italy
- r) Ember  
Digunakan untuk menampung sampel ataupun air.
- s) Mistar/ Meteran  
Digunakan untuk mengukur panjang atau tinggi sampel.

### **3.7 Pengujian Bahan Penyusun**

Pengujian bahan penyusun peruntukkan pada agregat halus, agregat kasar, semen dan bahan pengganti (abu vulkanik). Pengujian bahan penyusun dilakukan agar bahan penyusun sesuai dengan standart yang telah ditetapkan. Dengan dilakukan pengujian pada bahan penyusun diharapkan akurat, agar proporsi campuran pada beton menghasilkan mutu beton yang diharapkan. Apapun pengujian yang dilakukan pada bahan penyusun beton adalah sebagai berikut:

#### **3.7.1 Analisa Saringan (SNI 03-1968-1990)**

Ialah penentuan persentase berat butiran agtegat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Tujuan

pengujian ini ialah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar. Distribusi yang diperoleh dapat ditunjukkan dalam table atau grafik. Prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sediakan sampel sesuai dengan kebutuhan
- b. Siapkan saringan dengan, lalu susun dengan urutan sebagai berikut:
  - Agregat Kasar adalah 31,5mm ; 25,4mm ; 19,0mm ; 12,5mm ; 9,5mm ; 4,75mm dan PAN.
  - Agregat Halus berdiameter 9,5mm ; 4,75mm ; 2,36mm ; 1,18mm ; 0,6mm ; 0,3mm ; 0,15mm ; 0,075mm ; dan PAN.
- c. Masukkan sampel kedalam saringan, lalu tutup.
- d. Kemudian letakkan susunan saringan diatas mesin penggetar, lalu nyalakan mesin selama 15 menit.
- e. Setelah 15 menit angkat saringan dari mesin penggetar.
- f. Lalu timbang berat agregat dari tiap nomor saringan.

Perhitungan:

FM =

$$\frac{\text{Berat Tertahan}}{\text{Berat Keseluruhan Sampel}} \times 100\% \quad (3. 1)$$

### 3.7.2 Kadar Air Agregat (SNI 03 – 1971 – 1990)

Kadar air agregat adalah banyaknya air yang terdapat dalam agregat tersebut dalam satuan banding dengan berat keseluruhan dari agregat. Prosedur pengujian kadar air agregat adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan agregat kasar yang lolos saringan  $\square$ 31,5 mm dan tertahan di  $\square$ 4,75 mm sebanyak 6000 gram.
- b. Rendam benda uji kedalam dua ember berisi air (@3000 gram) selama  $\pm$ 24j jam.
- c. Kemudian cuci agregat dengan kain agar tercapai kering SSD. Kemudian masukan agregat kedalam plastik, timbang dan catat beratnya ( $W_2 = W_3 + W_1$ ).
- d. Masukan benda uji kedalam oven selama 24 jam

- e. Lalu keluarkan benda uji dan biarkan beberapa saat supaya beratnya konstan, kemudian timbang dan catat beratnya ( $W_3 = W_2 + W_1$ ).

Perhitungan:

$$W = \frac{W_t - W_s}{W_t} \times 100\% \quad (3. 2)$$

Keterangan :

$W_t$  : Berat agregat basah (kering SSD, gram

$W_s$  : Berat agregat kering total

$W$  : Kadar air, %

### 3.7.3 Kehalusan Semen Portland (SNI 15 – 2049 - 2004)

Metode pengujian ini digunakan untuk menentukan nilai kehalusan semen portland dengan cara penyaringan. Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan untuk melakukan pengujian kehalusan semen portland dengan cara penyaringan dan selanjutnya dapat digunakan dalam pengendalian mutu semen. Kehalusan semen portland adalah perbandingan berat benda uji yang tertahan di atas saringan no. 100 dan 200 dengan berat benda uji semula.

Cara pengujiannya adalah :

- a. Susun saringan no. 100 di atas no. 200 serta pan,
- b. Timbang berat benda uji kemudian masukkan ke dalam saringan no. 100 dan tutup.
- c. Selanjutnya goyang susunan saringan perlahan-lahan selama 3-4 menit.
- d. Lepaskan pan kemudian saringan diketok dengan menggunakan tongkat kuas secara perlahan-lahan sehingga partikel halus yang menempel terlepas dari saringan.
- e. Selanjutnya penyaringan digoyang-goyang lagi.
- f. Lanjutkan penyaringan dengan cara menggerakkan saringan ke kiri dan ke kanan sambil posisi saringan dimiringkan sedikit.
- g. Terakhir hitung perbandingan berat bagian benda uji yang tertahan di atas saringan.
- h. Angka perbandingan tersebut adalah kehalusan semen portland.

Perhitungan:

$$F = \frac{a}{b} \times 100\% \quad (3. 3)$$

Keterangan :

a : berat tertahan diatas masing-masing saringan

b : berat benda uji semula

#### 3.7.4 Pemeriksaan Berat Jenis Semen Portland (SNI 03 – 2531 - 1991)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui cara pengujian dan menentukan berat jenis Portland Cement Composit (PCC). Berat jenis semen Portland komposit tidak sama dengan berat jenis semen Portland biasa. Apabila semen Portland memiliki berat jenis kisaran 3,0 - 3,2 maka semen Portland komposit memiliki berat jenis kurang dari 3,00. Untuk mengetahui berat jenis semen maka digunakan rumus sebagai berikut.

$$G = \frac{W}{V_2 - V_1} \times d \quad (3. 4)$$

Keterangan :

G : Berat jenis semen (Spesific Grafity)

W : Berat semen (gram)

V<sub>1</sub> : Pembacaan skala yang berisi kerosin

V<sub>2</sub> : Pembacaan skala yang berisi kerosin + air

d : Berat isi air pada suhu 4°C (1gr/cm<sup>3</sup>)

Prosedur pengujian :

- a. Mengisi Labu Le Chatlier kapasitas 24 ml dengan kerozen/ minyak tanah sampai memenuhi skala antara 0 dan 1, kemudian membersihkan dan mengeringkan bagian atas permukaan kerozen dengan menggunakan kawat yang dibalut dengan tissue.
- b. Meletakkan Labu Le Chatlier yang berisikan kerozen di ruang yang bersuhu tetap selama 15 menit untuk menyamakan suhu cairan(kerozen) dengan suhu ruangan 24,5°C.
- c. Mengamati dan mencatat volume awal (V<sub>1</sub>) dengan membaca skala pada Labu Le Chatlier.

- d. Menimbang Semen Portland Komposit 60,6 gram, kemudian memasukkan Semen Portland Komposit yang telah ditimbang kedalam Labu Le Chatlier secara perlahan menggunakan spatula dan corong kaca. Jika saluran masuk terhambat, dapat dibantu dengan menusukkan kawat ke saluran yang terhambat. Diupayakan sementidak menempel di dinding Labu Le Chatlier. Apabila semen menempel di dinding Labu Le Chatlier, maka putar Labu Le Chatlier secara perlahan.
- e. Meletakkan kembali Labu Le Chatlier yang berisi semen dan kerzen di ruangan yang bersuhu 24,5°C selama 15 menit.
- f. Memutar benda uji secara perlahan sampai tidak terdapat gelembung udara.
- g. Apabila gelembung udara tidak timbul kembali, kemudian membaca volume akhir (V<sub>2</sub>) dengan skala yang terdapat pada Labu Le Chatlier.

#### **3.7.5 Konsistensi Normal Semen Portland (SNI 03 – 6287 – 2002)**

Konsistensi normal semen Portland adalah banyaknya air campuran dalam pasta beton untuk menentukan waktu pengikatan semen standart. Percobaan ini menggunakan alat Vicat. Perosedur percobaan ini adalah sebagai berikut :

- a. Sediakan semen sebanyak 300 gram yang lolos saringan No.200.
- b. Untuk mendapatkan konsistensi normal, dilakukan beberapa kali percobaan. Yaitu dengan kadar air 26% - 28%.
- c. Masukkan air sebanyak persentase yang ditentukan kedalam mangkok pengaduk.
- d. Masukkan benda uji kedalam mangkok dan diamkan selama 30 menit.
- e. Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (140 lebih kurang 5) rpm, selama 30 detik.
- f. Hentikan mesin pengaduk selama 15 detik,, untuk/ sambal membersihkan pasta semen yang menempel di pinggir mangkok.
- g. Kemudian jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (285 lbih kurang 100) rpm, selama 60 detik.
- h. Buatlah pasta berbentuk bola dengan menggukan sarung tangan plastic. Kemudian dilemparkan enam kali dari satu tangan ke tangan yang satunya dengan jarak 15 cm.

- i. Kemudian masukan dan padatkan kedalam cincin konik yang telah dialaskan pelat. Kelebihan pasta pada permukaan cincin konik diratakan dalam posisi miring terhadap permukaan cincin.
- j. Letakkan pelat kaca diatas lubang besar cincin konik, balik, ratakan dan licinkan.
- k. Setelah selesai letakkan cincin konik dibawah jarum Vicat. Letakkan di tengah-tengah. Kemudian jatuhkan jarum Vicat dan catat penurunan yang berlangsung 30 detik.
- l. Lakukan prosedur diatas dengan kadar air yang berbeda untuk mendapatkan penurunan 10 mm.

Perhitungan :

$$T_{10} = 27 + (26 - 27) \frac{10-15}{9-15} \quad (3. 5)$$

### 3.7.6 Berat Jenis & Penyerapan Agregat Halus (SNI 1970:2008)

Merupakan percobaan untuk menentukan persentase perbandingan antara berat air yang terserap agregat pada kondisi jenuh permukaan, dengan berat agregat dalam keadaan kering oven. Prosedur percobaan :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Kemudian Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung (cone), masukkan benda uji kedalam kerucut terpancung sampai 3 bagian.
3. Kemudian padatkan dengan batang penumbuk selama 25 kali angkat kerucut terpancung (cone). Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda penguji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak, apabila masih runtuh ulangi.
4. Ambil agregat halus 500 gram lolos saringan No.4.
5. Timbang berat piknometer.
6. Setelah itu tambahkan air hingga mencapai 90% isi piknometer tersebut lalu timbang beratnya, kemudian buang airnya.

7. Masukkan 500 gram agregat halus dalam kondisi SSD kedalam piknometer kemudian tambahkan air hingga 90%, kemudian goyangkan piknometer sampai gelembung udara menghilang.
8. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram.
9. Diamkan selama 24 jam dalam suhu ruangan.
10. Keluarkan benda uji dengan cara menambahkan air kemudian saring untuk memisahkan air dengan agregat menggunakan saringan, kemudian masukan kedalam wadah lalu keringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
11. Setelah 24 jam keluarkan benda uji dari oven, kemudian timbang benda uji tersebut. Dan catatlah pada form yang telah disediakan.
12. Jika sudah selesai rapihkan kembali alat yang telah di paka.

Perhitungan :

- Berat Bulk

$$\frac{B_k}{B + B_s + B_t} \quad (3. 6)$$

- Berat Uji Permukaan Jenuh

$$\frac{B_s}{(B + B_s + B_t)} \quad (3. 7)$$

- Berat Uji Semu

$$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)} \quad (3. 8)$$

### 3.7.7 Pengikat Awal Semen Portland

Pengikat awal adalah jangka waktu mulainya pengukuran pasta semen pada konsistensi normal hingga pasta semen kehilangan sebagian sifat plastisnya. Berikut ini adalah prosedur percobaannya.

1. Tentukan dan siapkan volume air suling yang diperlukan untuk mencapai konsistensi normal sesuai dengan cara yang berlaku.
2. Tuangkan air suling itu kedalam mangkok pengaduk, kemudian masukan pula secara perlahan-lahan 300 gram benda uji semen kedalam mangkok pengaduk yang sama; selanjutnya biarkan selama 30 detik.
3. Aduklah campuran air suling dan benda uji itu selama 30 detik dengan kecepatan pengadukan  $140 \pm 5$  putaran per menit.
4. Pengadukan dihentikan selama 15 detik, bersihkan pasta semen yang menempel dipinggir mangkok pengaduk.
5. Aduk, kembali pasta semen selama 60 detik dengan kecepatan pengadukan 285 10 putaran per menit.
6. Buatlah pasta semen berbentuk bola dengan tangan, sambil dilemparkan sebanyak 6 kali cuci tangan kiri ke tangan kanan dengan jarak kedua tangan  $\pm 15$  cm.
7. Peganglah cetakan benda uji dengan salah satu tangan, kemudian melalui lobang dasarnya masukan pasta semen sampai terisi penuh, dan ratakan kelebihan pasta pada dasar cincin dengan sekali gerakan telapak tangan; letakan dasar cincin pada pelat kaca, ratakan permukaan atas pasta dengan sekali gerakan sendok perata, tanpa mengadakan tekanan pada pasta.
8. letakan thermometer beton diatas benda uji, lalu disimpan di lemari lembab selama 30 menit; selama percobaan benda uji dalam cincin & ditahan pelat kaca.
9. Catalah suhu udara dengan thermometer laboratorium dan suhu benda uji dengan thermometer dengan beton.
10. Letakan benda uji pada alat vicat, sentuhkan ujung jarum vicat pada tengah-tengah permukaan benda uji dan kencangkan posisi jarum vicat, letakan pembacaan skala pada nol atau catat angka permulaan, dan segera lepaskan jarum vicat.

Perhitungan :

$$T_{25} = 90 \frac{(25-x)}{(x-y)} (105 - 90) \quad (3. 9)$$

### 3.7.8 Keausan Agregat dengan Mesin Los Angels

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan ketahanan dari agregat kasar dengan mesin Los Angels. Metode percobaan Los Angels adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian keausan agregat dengan mesin Los Angeles setelah ditimbang sesuai dengan tabel ukuran fraksi diatas.
2. Mencuci agregat hingga bersih dan oven selama 24 jam, setelah dioven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruangan.
3. Memasukkan benda uji ke dalam mesin Los Angeles dengan bola baja yang sesuai pada tabel ukuran fraksi diatas.
4. Menyalakan mesin, mesin akan berputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm untuk 500 putaran.
5. Setelah putaran selesai sampel dikeluarkan kemudian melakukan penyaringan awal dengan saringan berdiameter lebih dari 1,7 mm (No.12). Saring bagian sampel yang lebih halus dengan saringan 1,7 mm (No.12). Butiran yang tertahan / lebih besar dari 1,7 mm (No.12) dicuci bersih kemudian dikeringkan dengan oven suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap lalu ditimbang.

Perhitungan :

$$\text{Keausan} : = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3. 10)$$

Keterangan :

a : berat awal benda uji, dinyatakan dalam gram;

b : berat benda uji tertahan saringan No.12 (1,70 mm), dinyatakan dalam gram.

### 3.7.9 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI 1969:2008)

Untuk menentukan berat jenis kering dan penyerapan dari agregat kasar. Prosedur penrcobaanya adalah sebagai berikut :

- a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu  $(110^{\circ} \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap sebagai catatan, bila penyerapan dan harga berat jenis digunakan dalam pekerjaan beton dimana agregatnya digunakan pada keadaan kadar air aslinya, maka tidak perlu dilakukan pengeringan dengan oven.
- c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
- d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama  $24 \pm 4$  jam.
- e. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan halus satu persatu.
- f. Timbang benda uji kering-permukaan jenuh (Bj).
- g. Letakkan benda uji didalam keranjang, guncangan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (Ba), dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar ( $25^{\circ}\text{C}$ ).
- h. Banyak jenis bahan campuran yang mempunyai bagian butir-butir berat dan ringan; bahan semacam ini memberikan harga-harga berat jenis yang tidak tetap walaupun pemeriksaan dilakukan dengan sangat hati-hati, dalam hal ini beberapa pemeriksaan ulangan diperlukan untuk mendapatkan harga rata-rata yang memuaskan.

Perhitungan :

- Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)

$$\frac{B_k}{(B_j - B_a)} \quad (3. 11)$$

- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Saturated Surface Dry)

$$\frac{B_j}{(B_j - B_a)} \quad (3. 12)$$

- Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)

$$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (3. 13)$$

Keterangan :

Bk = berat benda uji kering oven, dalam gram

Bj = berat benda uji kering permukaan jenuh, dalam gram

Ba = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air, dalam gram

### 3.8 Perancangan Campuran Beton

Adapun perancangan campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Tentukan kuat tekan beton yang ingin di rencanakan
- b. Hitung standart deviasi
- c. Tentukan jenis semen yang dibutuhkan
- d. Tentukan jenis agregat yang ingin digunkana
- e. Tentukan FAS yang akan digunakan
- f. Tentukan ukuran butiran agregat halus dan kasar yang akan digunakan
- g. Hitung jumlah semen yang dibutuhkan
- h. Lakukan pengujian bahan penyusun beton (**3.7 Pengujian Bahan Penyusun Beton**).
- i. Tentukan jumlah sampel yang dibutuhkan.

### 3.9 Pembuatan Sampel Beton.

Pembuatan sampel beton dilakukan sesuai dengan standart acuan yang digunakan, berikut adalah prosedur pembuatan sampel beton :

- a. Siapkan bahan yang digunakan (semen, pasir, batu pecah dan abu vulkanik
- b. Siapkan slinder cetakan yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, lalu oleskan dengan minyak solar pada permukaan dalam slinder agar mudah saat pembukaan cetakan
- c. Siapkan molen sebagai alat pengaduk
- d. Masukkan agregat halus dan kasar kedalam molen, lalu nyalakan mesin molen. Setelah itu masukkan semen dan bahan pengganti.
- e. Setelah semua tercampuran rata, masukkan air sesuai dengan FAS yang telah ditentukan.
- f. Lakukan pengadukan dibawah 3 menit.
- g. Setelah itu keluarkan mortar segar dari molen

### **3.10 Pengujian Beton Segar**

Pengujian beton segar yang digunakan adalah Slumpu Test. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kelecakan (consistency) beton segar. Dengan pemeriksaan slump, maka kita dapat memperoleh nilai slump yang dipakai sebagai tolak ukur atau standar kelecakan beton segar.

Arti dari slump beton adalah penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton segar yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat. Sedangkan beton segar adalah beton yang bersifat plastis yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar dengan ukuran kurang dari 37,5 mm atau 1½ inchi, semen dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan atau bahan pengisi. Langkah-langkah pengujian Slump Test dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Ambil cetakan berbentuk kerucut dan pelat alas, lalu basahi dengan kain basah.
2. Letakkan cetakan di atas pelat
3. Masukkan beton segar kedalam cetakan kerucut
4. Isi sebanyak  $\frac{1}{3}$  dari tinggi cetakkan, lalu padatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan. Lakukan pemadatan sampai beton terisi penuh.
5. Setelah penuh ratakan permukaan atas kerucut dengan tongkat pemadat.
6. Kemudian angkat cetakan secara perlahan dan tegak lurus keatas.
7. Balikkan cetakan, lalu dirikan disamping benda uji
8. Ambil mistar/ meteran, lalu ukur tinggi sampel dengan acuan cetakan. Lalu catat tingginya.
9. Lakukan percobaan diatas sebanyak 2 kali pada sampel yang sama.

### **3.11 Perawatan Beton**

Perawatan beton dilakukan setelah beton mengeras. Tujuan perawatan beton agar beton tidak terlalu cepat kehilangan air, dan menjaga kelembapan beton agar mutu beton sesuai dengan yang direncanakan. Perawatan beton yang dilakukan ada berbagai cara, namun pada penelitian ini perawatan dilakukan dengan cara merendam beton kedalam air. Peremdaman dilakukan setelah 24 jam, atau setelah beton mongering. Lamanya

perendaman dilakukan sesuai dengan perencanaan, yaitu 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.

### **3.12 Pengujian Beton Keras**

Pengujian beton keras yang dilakukan adalah dengan menguji kuat tekan beton. Alat yang digunakan adalah CONTROLS MILANO-ITALY. Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mendapatkan nilai dari sampel dengan alat tersebut. pengujian kuat tekan dapat dilakukan dengan cara sebagai :

- a. Persiapkan beton yang sudah mengeras berbentuk slinder, dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm.
- b. Masukkan sampel kedalam alat kuat tekan
- c. Lalu nyalakan alat, hingga benda uji hancur. Catat nilai kuat tekan yang didapat.

Agregat Ha