

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 PERENCANAAN CAMPURAN BETON METODE DOE

Design Of Experiment (DOE) adalah sebuah pendekatan sistematis untuk menginvestigasi suatu sistem atau proses. Secara umum, DOE merupakan desain berisi informasi-informasi yang terkumpul berdasarkan pengalaman dan menghadirkan sebuah variasi, baik informasi tersebut berada di bawah kendali pelaku eksperimen maupun tidak.

DOE memiliki peranan penting sebagai suatu jalan formal untuk memaksimalkan informasi yang didapat ketika sumber daya dibutuhkan. Lebih dari sekedar metode experimental “one change at a time”, DOE juga memudahkan kita untuk melakukan *judgement* pada variabel input dan output yang signifikan. Pengujian “one change at a time” selalu menghasilkan resiko yang mengharuskan pelaku eksperimen untuk menemukan satu variabel input untuk memiliki efek signifikan pada output sementara mereka terhambat karena tidak dapat mengganti variabel demi menjaga kestabilan variabel lainnya.

DOE merencanakan keseluruhan ketergantungan yang memungkinkan sejak tahap awal dan menentukan data apa yang benar-benar dibutuhkan untuk menilai apakah variabel input mengganti respon dengan sendirinya, saat dikombinasikan, atau tidak sama sekali. Dalam konteks sumber daya, ukuran dan jumlah dari eksperimen diatur oleh desain sebelum pengujian dimulai.

Proporsi campuran dari bahan – bahan penyusun beton ini ditentukan melalui perancangan beton ( mix design ). Hal ini dimaksudkan agar proporsi dari campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat memenuhi aspek ekonomis. Metode perancangan ini pada dasarnya menentukan komposisi dari bahan – bahan penyusun beton untuk kinerja tertentu yang diharapkan.

Sebelum digunakannya tabel – tabel atau grafik – grafik untuk pembuatan “trial mix” campuran beton menurut cara DOE, beberapa faktor berikut harus diperhatikan, karena akan sangat menentukan mutu beton yang dapat dicapai. Faktor – faktor tersebut antara lain :

## 1. Kekuatan

Kekuatan beton umumnya merupakan sifat yang terpenting dari beton dan sifat ini banyak mempengaruhi sifat yang lain dalam pemakaian beton setelah mengeras. Pada umumnya sifat kekuatan beton didasarkan kepada kuat tekan rata – rata dari sejumlah benda uji standar pada umur 28 hari. Untuk beton normal dengan kuat tekan sampai  $\pm 500 \text{ kg/cm}^2$ , kuat tekannya memiliki hubungan yang erat dengan faktor perbandingan air dan kadar semen (FAS), sedang untuk beton dengan kuat tekan di atas itu, sifat kuat tekannya dipengaruhi juga oleh kelancakan atau derajat kemampuan dikerjakan (workability), perbandingan antara agregat dan semen, serta susunan besar butir maksimum agregat.

Dalam perencanaan kekuatan beton untuk suatu struktur, bias dicantumkan syarat kuat tekan rata – rata minimum atau sering disebut juga kuat tekan rata – rata karakteristik. Dalam PBI-71 atau PBI-89, persyaratan untuk beton bertulang ditentukan pula persyaratan semacam itu, dimana kuat tekan beton karakteristik ini harus dipenuhi sebesar 95% atau lebih dari jumlah contoh beton yang diuji.

Mengingat hal tersebut, maka dalam merencanakan kuat tekan rata – rata beton harus lebih tinggi dari kuat tekan karakteristik. Menurut PBI-71 atau PBI-89, kuat tekan rata – rata beton dinyatakan sebagai berikut :

$$\sigma_{bm} = \sigma_{bk} + 1,64 SD$$

dimana :

$\sigma_{bm}$  = Kuat tekan rata – rata benda uji

$\sigma_{bk}$  = Kuat tekan karakteristik

1,64 = Bilangan statistik untuk 5% kegagalan

SD = Standar Deviasi

Harga ( $1,64 \times SD$ ) disebut juga tambahan atau “margin”. Bila ditinjau dari bilangan statistik yang sebenarnya, bilangan 1,64 ini sebenarnya untuk jumlah benda uji yang cukup besar (tak terhingga), sedang dalam prakteknya jumlah benda uji untuk pengawasan biasanya relatif kecil (PBI-71) mensyaratkan minimum 20 buah, sedangkan PBI-89 mensyaratkan minimum 30 buah).

Oleh karena itu, dalam menentukan besarnya margin untuk mendapat rencana kuat tekan beton rata-rata hendaknya selalu memperhatikan peraturan beton yang berlaku (lihat PBI-71 pasal 4,4 dan PBI-89 pasal 4,3).

## 2. Memperkirakan Besarnya Standar Deviasi Rencana (SDr)

Besarnya angka penyimpangan dari harga rata – rata kuat tekan beton (SDr) dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kemampuan pekerja, kelengkapan peralatan, cara pengecoran serta cara pengawasan.

Untuk Indonesia, dalam tabel 4.5.1 PBI-71, diberikan pedoman pemilihan harga SDr antara 25 sampai 85 kg/cm<sup>2</sup>.

### **3. Perbandingan Jumlah Air dan Jumlah Semen**

Perbandingan jumlah air dan jumlah semen dibuat juga faktor air semen (FAS) sangat berpengaruh kepada kekentalan atau kemudahan pengerjaan (workability) dari beton segar, tingkat pemadatan, kekuatan beton setelah mengeras dan juga keawetan betonnya. Secara umum bagi beton normal, nilai FAS ini berbanding terbalik dengan kekuatan tekan beton, selain itu besar kecilnya FAS juga akan mempengaruhi besar kecilnya jumlah semen yang diperlukan. Pada beberapa jenis konstruksi, persyaratan kadar semen minimum atau semen maksimum sering juga menjadi persyaratan.

### **4. Kekentalan Adukan Beton**

Kekentalan beton segar perlu menjadi perhatian karena besar pengaruhnya terhadap tingkat kemudahan pengerjaan (workability). Beton yang terlalu kental akan sukar dikerjakan dan dipadatkan, sebaliknya beton yang terlalu encer akan mudah terjadinya segregasi sehingga beton tidak homogen yang akhirnya akan menghasilkan kekuatan yang tidak seragam.

Dalam praktek di lapangan, tingkat kekentalan adukan beton umumnya diketahui melalui percobaan slump menggunakan alat berbentuk kerucut terpancung ciptaan Abraham. Pada PBI-71, untuk beberapa jenis pekerjaan telah ditentukan batasan nilai slump tersebut, yaitu :

**Tabel 3.1 Batasan nilai slump**

No.	URAIAN	MAKSIMUM	MINIMUM
1	Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	8.0	2.5
2	Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah	8.0	2.5
3	Pelat, balok, kolom, dan dinding	10.0	2.5
4	Perkerasan jalan	8.0	2.5
5	Pembetonan massal	5.0	2.5

(Sumber : Mulyono, Tri, Ir, M.T. 2004 Teknologi Beton. Jogyakarta. Andi Jogyakarta, )

## **5. Susunan Butir Agregat dan Besar Butir Maksimum**

Susunan besar butir agregat antara lain akan berpengaruh terhadap jumlah air pengaduk untuk memperoleh kekentalan tertentu. Secara umum diketahui bahwa untuk menghasilkan beton yang ekonomis, dimana kadar semennya seminimum mungkin dengan kekuatan yang memuaskan dapat dicapai dengan menggunakan butir agregat yang maksimum agregatnya.

Meskipun demikian, ukuran besar butir maksimum ini dibatasi pada oleh jenis konstruksi dan jarak tulangan sebagai berikut :

- a. Lebih kecil atau sama dengan  $\frac{1}{5}$  dari ukuran terkecil dimensi struktur;
- b. Lebih kecil atau sama dengan  $\frac{1}{3}$  dari tebal plat lantai;
- c. Lebih kecil atau sama dengan  $\frac{3}{4}$  dari jarak bersih tulangan.

## **3.2 METODE PENELITIAN**

### **1. Persiapan**

- a. Pengadaan bahan sesuai dengan rencana batu pecah lolos diameter 40 mm, bottom ash, pasir, air, dan semen;
- b. Pengujian terhadap parameter bottom ash (kadar air lapangan, BJ bottom ash dan penyerapan bottom ash serta analisa ayakan bottom ash);
- c. Pengujian terhadap parameter agregat (kadar air lapangan, kadar organik, BJ dan daya serap, dan analisa ayakan);
- d. Pencampuran agregat (Mix Design) sesuai dengan spesifikasi rencana gradasi agregat gabungan yang akan digunakan.

### **2. Teknik Pencampuran**

Sampel dibuat dengan kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm dengan kadar bottom ash terhadap berat agregat halus dalam 3 (tiga) variasi sebagai berikut :

- a. Dengan menggunakan campuran normal sebanyak 20 buah;
- b. Dengan menggunakan campuran 50% bottom ash terhadap agregat halus yang dibutuhkan sebanyak 20 buah;
- c. Dengan menggunakan campuran 100% bottom ash terhadap agregat halus yang dibutuhkan sebanyak 20 buah.

Sehingga total jumlah benda uji sebanyak 60 buah

### **3. Waktu Pelaksanaan dan Tempat Pelaksanaan**

#### **a. Waktu pelaksanaan**

Program ini diselesaikan dalam waktu 1 bulan

Tempat pelaksanaan

Program ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Sumatera Utara (USU).

#### **b. Instrumen pelaksanaan**

Alat pembuatan benda uji dan mesin test kuat tekan

1. Cetakan benda uji dari logam yang berbentuk kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm;
2. Alat uji Slump lengkap dengan pelat alas bawah dan perojoknya;
3. Alat uji bobot isi lengkap dengan perojoknya dan peratanya;
4. Mesin mollen;
5. Mesin penggetar;
6. Mesin kuat tekan beton;
7. Timbangan 25 kg;
8. Sendok spesi, dan lain – lain.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian terdapat dalam lampiran.

### **3.3 PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### **1. Tahapan Pelaksanaan**

- a. Menentukan spesifikasi campuran
- b. Persiapan bahan

Bahan yang digunakan :

##### 1. Bottom ash

Bottom ash yang digunakan adalah bottom ash yang lolos no. 4, bahan ini diperoleh dari PT. MUSIM MAS Belawan.

##### 2. Agregat

Agregat kasar yang digunakan adalah agregat yang lolos diameter 40 mm dan agregat pasir yang digunakan adalah agregat yang lolos diameter 4.8 mm yang berasal dari Pasir Binjai.

##### 3. Semen

Semen yang digunakan adalah semen padang type portland 1

##### 4. Air

Air yang digunakan air yang diambil dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara (USU).



- c. Pengujian parameter bottom ash, agregat halus dan agregat kasar

### 3.3.1 Pengujian kadar lumpur agregat

a. Tujuan

Untuk menentukan apakah agregat yang diuji layak dipakai atau tidak untuk adukan mortar/beton berdasarkan kadar lumpur yang dikandungnya.

b. Peralatan

1. Timbangan 0.01 gram;
2. Oven pengering;
3. Ayakan No. 200;
4. Cawan keramik atau tempayan baja.

c. Bahan

1. Bottom ash;
2. Pasir;
3. Air.

d. Persiapan

Timbang berat contoh agregat kering minimum tergantung dari ukuran agregat maksimum yang sesuai rencana.

e. Prosedur pelaksanaan

1. Masukkan contoh agregat kurang lebih 500 gram ke dalam wadah dan keringkan dalam oven dengan suhu  $(100 \pm 5^\circ\text{C})$  sampai beratnya tetap;

2. Timbang benda uji dengan berat ( $W_1$ ) sesuai dengan ukuran maksimumnya;
3. Masukkan benda uji ke dalam bejana, tuang air bersih ke dalam bejana sampai benda uji terendam;
4. Aduk benda uji sehingga terpisah dari bagian halus;



Gambar 3.1 Mengaduk Bottom Ash

5. Tuangkan suspensi yang kelihatan keruh dengan perlahan – lahan ke dalam ayakan No. 200;
6. Ulangi langkah 3,4, dan 5 di atas beberapa kali;
7. Bilas butiran – butiran yang tertinggal di atas ayakan sehingga air bilasan kelihatan bersih;
8. Tampung butiran – butiran yang tertinggal di atas ayakan dan di dalam bejana;

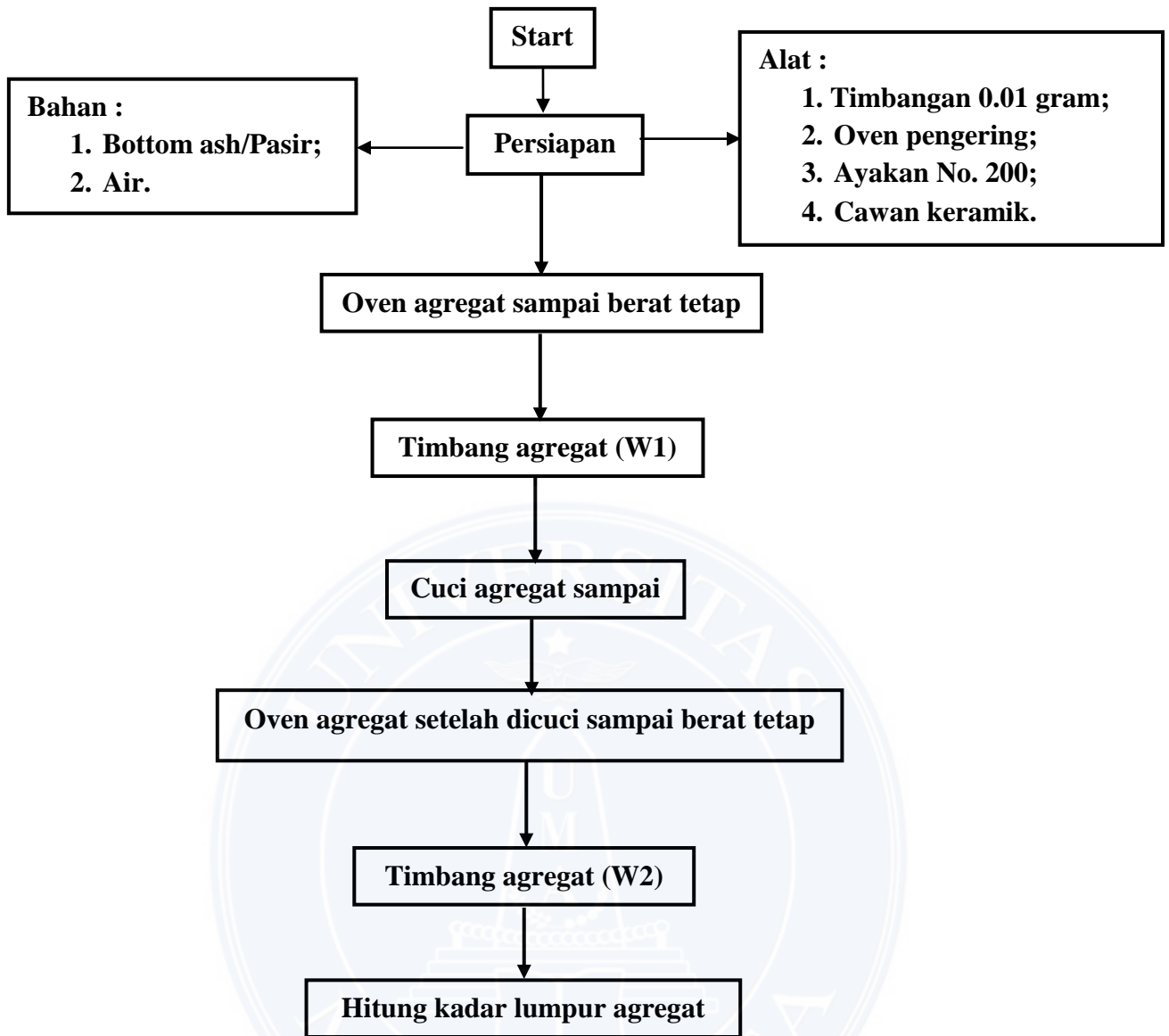
9. Keringkan benda uji tersebut dalam oven dengan suhu ( $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ ) sampai beratnya tetap;
10. Timbang benda uji dan catat beratnya ( $W_2$ ).

f. Perhitungan

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

$W_1$  = Berat agregat kering oven sebelum dicuci (gram);

$W_2$  = Berat kering oven setelah dicuci (gram).



Gambar 3.2 Bagan Alir Pengujian Kadar Lumpur Agregat

### 3.3.2 Pengujian kadar organik agregat halus

#### a. Tujuan

Untuk menentukan kadar organik dan menentukan kelayakan agregat untuk dapat digunakan sebagai bahan konstruksi.

#### b. Peralatan

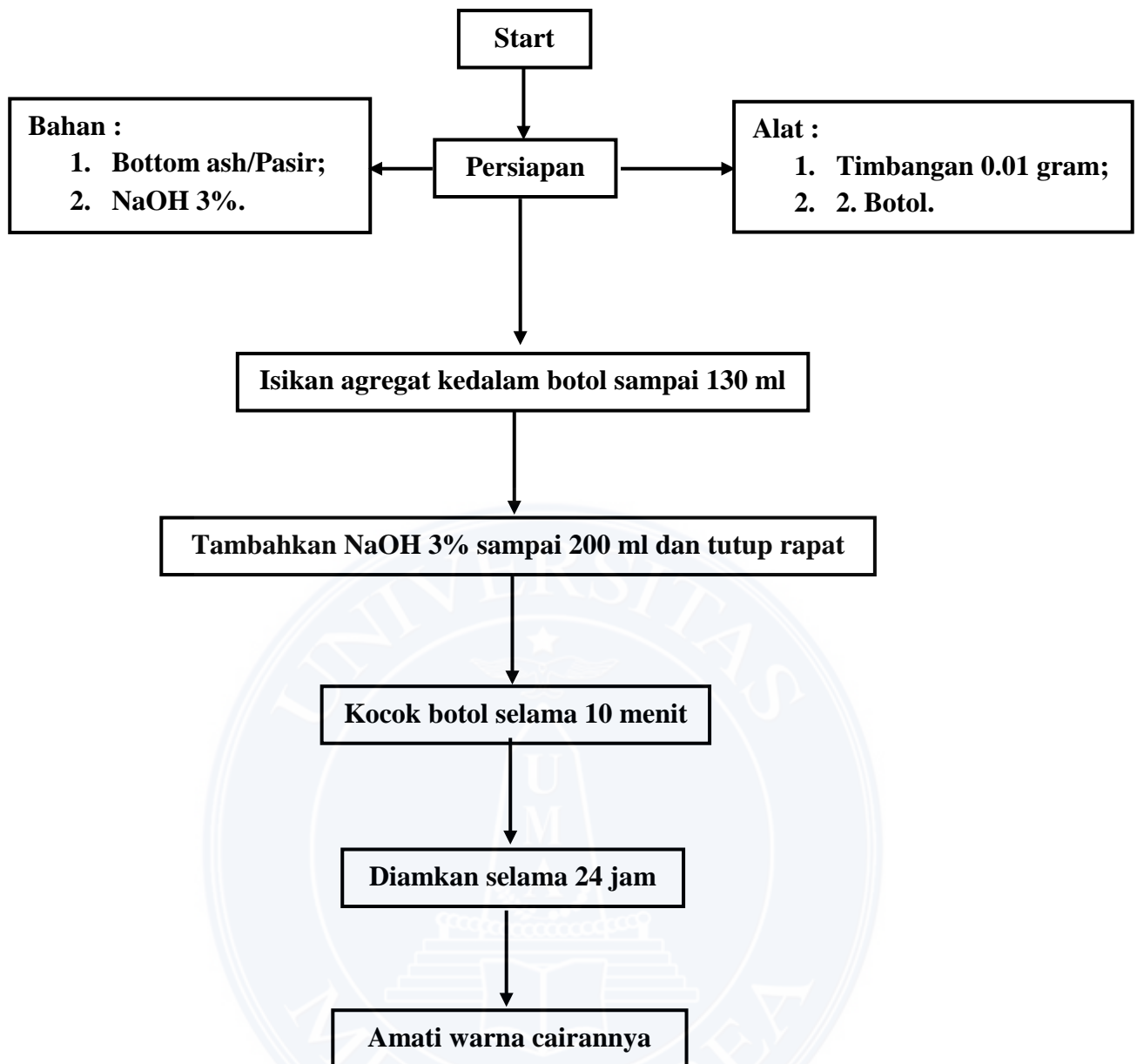
1. Tabung kaca;
2. Gelas ukur.

#### c. Bahan

1. Bottom ash;
2. Pasir;
3. Larutan NAOH 3%;
4. Larutan pembanding.

#### d. Prosedur pelaksanaan

1. Isikan agregat yang akan diuji ke dalam botol sampai 130 ml;
2. Tambahkan larutan NAOH 3% sampai 200 ml;
3. Tutup botol dengan rapat;
4. Kocok botol selama 10 menit;
5. Diamkan selama 24 jam;
6. Amati warna cairan di atas permukaan agregat dalam botol itu dan bandingkan warnanya dengan larutan pembanding yang telah tersedia.



Gambar 3.3 Bagan Alir Pengujian Kadar Organik Agregat

### 3.3.3 Pengujian kadar air lapangan

#### a. Tujuan

1. Dapat menerangkan cara pemeriksaan kadar air;
2. Dapat menghitung persentase kadar air;
3. Dapat menggunakan kadar air.

#### b. Peralatan

1. Cawan keramik;
2. Timbangan 0.01 gr;
3. Gelas ukur;
4. Oven.

#### c. Bahan

1. Bottom ash;
2. Pasir;
3. Kerikil;
4. Air.

#### d. Persiapan

1. Siapkan peralatan yang akan digunakan;
2. Siapkan bottom ash, pasir, dan kerikil yang akan digunakan.

#### e. Prosedur pelaksanaan

1. Ambil agregat dalam keadaan asli (W1) ;



Gambar 3.4 Menimbang Agregat

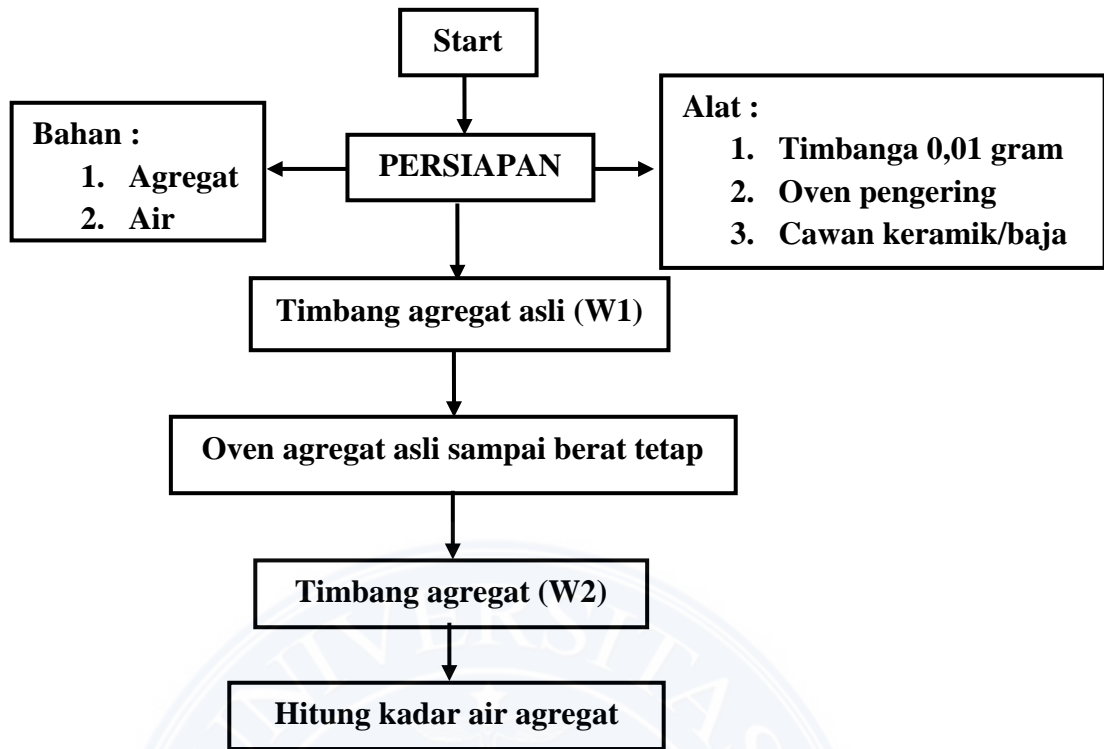
2. Masukkan ke dalam oven dengan suhu ( $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ) selama 24 jam hingga berat tetap;
  3. Timbang berat agregat tersebut (W2);
  4. Catat hasilnya.
- f. Perhitungan

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\%$$

W1 = Berat agregat kering oven sebelum dicuci (gram);

W2 = Berat kering oven setelah dicuci (gram).





Gambar 3.5 Bagan alir pengujian kadar air bottom ash

### 3.3.4 Pengujian BJ dan penyerapan agregat halus

#### a. Tujuan

1. Dapat menentukan berat jenis agregat dalam keadaan kering oven;
2. Dapat menentukan berat jenis agregat dalam keadaan kering permukaan;
3. Dapat menentukan kadar air agregat keadaan SSD;
4. Dapat menerangkan kegunaan pemeriksaan ini.

#### b. Peralatan

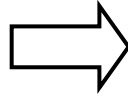
1. Timbangan;
2. Pasir;
3. Kerikil.

#### c. Bahan

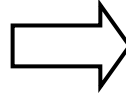
1. Bottom ash;
2. Pasir;
3. Kerikil.

#### d. Persiapan

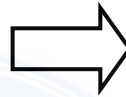
Agregat halus yang digunakan dalam keadaan SSD.



Dalam Keadaan SSD



Dalam Keadaan Kering



Dalam Keadaan Jenuh Air

Untuk mendapatkan SSD (JPK) dilakukan pemeriksaan sebagai berikut :

1. Isi kerucut terpancung  $\pm 1/3$  bagian dan padatkan benda uji dengan alat pemadat sebanyak 8 kali tumbukan;



Gambar 3.6 Mengisi benda uji (bottom ash) ke dalam wadah

2. Isi wadah  $\pm 2/3$  bagian dan padatkan benda uji dengan alat pemadat sebanyak 8 x tumbukan;
3. Isi wadah sampai penuh dan padatkan benda uji dengan alat pemadat sebanyak 8 kali tumbukan;
4. Isi wadah sampai penuh dan padatkan benda uji dengan alat pemadat sebanyak 1 kali tumbukan;
5. Isi wadah sampai penuh dan ratakan dengan spatula;
6. Catat hasilnya.

e. Prosedur pelaksanaan

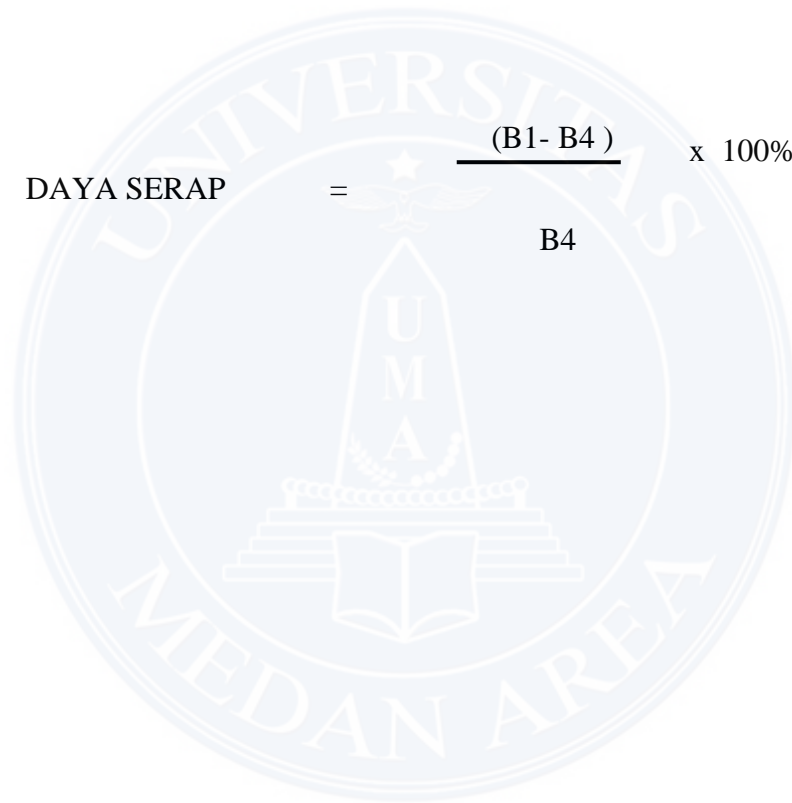
1. Timbang agregat dalam keadaan SSD atau JPK seberat 500 gram dan masukkan ke dalam gelas ukur (B1);
2. Masukkan air bersih mencapai 90% isi gelas ukur, lalu putar sambil diguncang sampai tidak terlihat lagi gelembung udara di dalamnya dan di desikator 15 menit;
3. Tambahkan air pada gelas ukur sampai mencapai tanda batas;
4. Keluarkan gelas ukur berisi air dan agregat (B2);
5. Keluarkan benda uji, masukkan ke dalam oven sampai berat tetap dan dinginkan kemudian timbang (B4);
6. Isi kembali gelas ukur sampai tanda batas, kemudian timbang beratnya (B3).

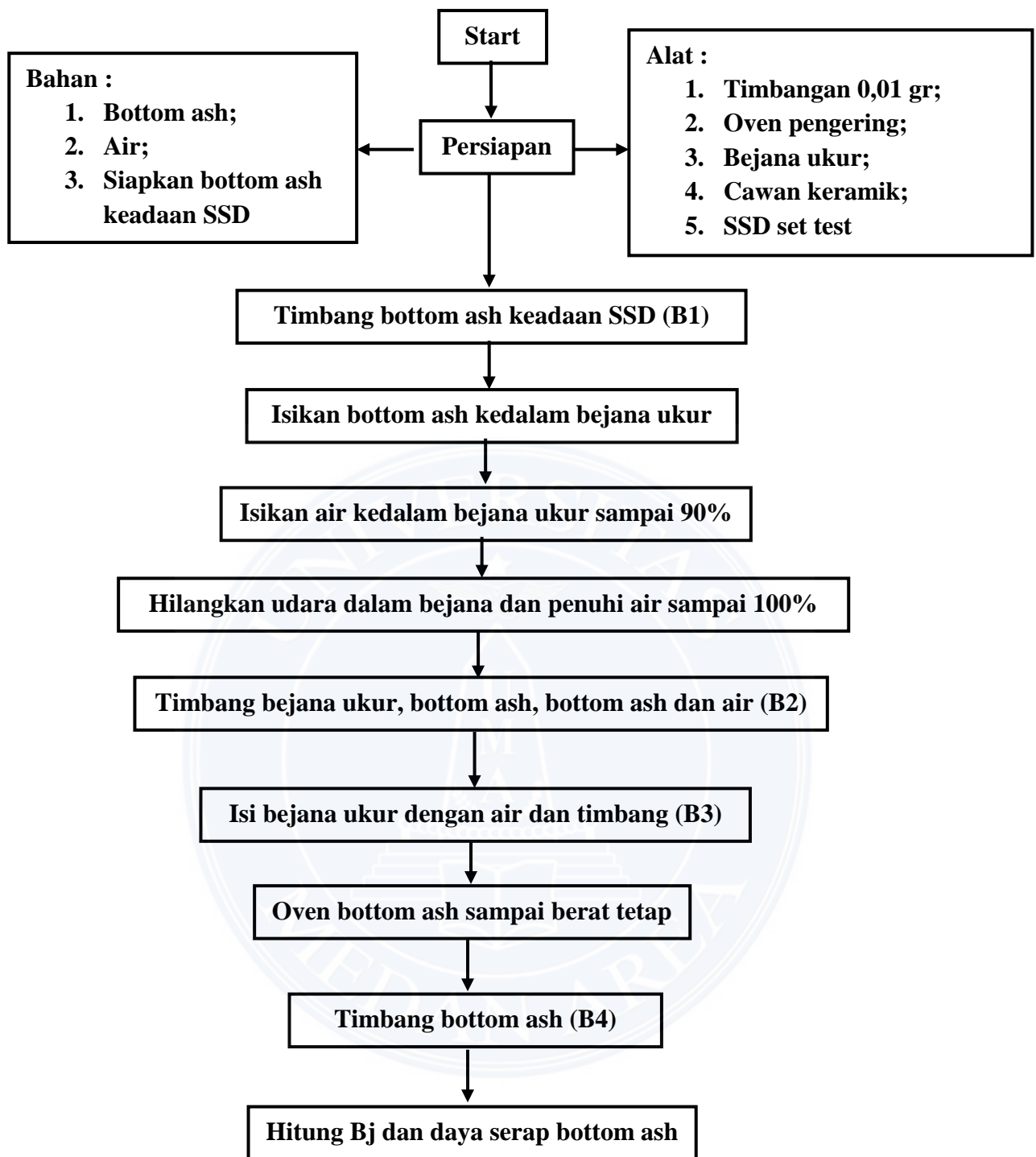
f. Perhitungan

$$\text{BJ SSD} = \frac{B1}{B3 + B1 - B2}$$

$$\text{BJ KERING OVEN} = \frac{B4}{B3 + B1 - B2}$$

$$\text{DAYA SERAP} = \frac{(B1 - B4)}{B4} \times 100\%$$





Gambar 3.7 bagan alir pengujian berat jenis dan penyerapan agregat

### 3.3.5 Pengujian BJ dan penyerapan agregat kasar

#### a. Tujuan

1. Dapat menentukan berat jenis agregat kasar dalam keadaan kering oven;
2. Dapat menentukan berat jenis agregat kasar dalam keadaan kering permukaan;
3. Dapat menentukan kadar air agregat kasar keadaan (SSD);
4. Dapat menerangkan kegunaan pemeriksaan ini.

#### b. Peralatan

1. Timbangan;
2. Alat uji SSD agregat kasar;
3. Gelas ukur;
4. Oven.

#### c. Bahan

1. Agregat kasar;
2. Air.

#### d. Persiapan

Agregat yang digunakan dalam keadaan SSD (JPK) dengan cara dilakukan pemeriksaan sebagai berikut :

1. Rendam agregat kasar ( $\pm 2$  kg ) ke dalam ember berisi air selama 24 jam;
2. Keluarkan agregat dari rendaman;

3. Keringkan agregat dengan kain satu per satu sampai kondisinya kelihatan basah tetapi dipegang tidak ada bekas air yang lengket di tangan.

e. Prosedur pelaksanaan

1. Timbang agregat dalam keadaan SSD atau JPK seberat  $\pm 500$  gram;

2. Masukkan ke dalam gelas ukur (B1);

3. Masukkan air bersih mencapai 90% isi gelas ukur, lalu putar sambil diguncang;

4. Sampai tidak terlihat lagi gelembung udara di dalamnya;

5. Tambahkan air pada gelas ukur sampai mencapai tanda batas;

6. Timbang gelas ukur berisi air dan agregat (B2);

7. Keluarkan benda uji, masukkan ke dalam oven sampai berat tetap dan dinginkan



Gambar 3.8 Oven pengering agregat



8. Kemudian timbang (B4);

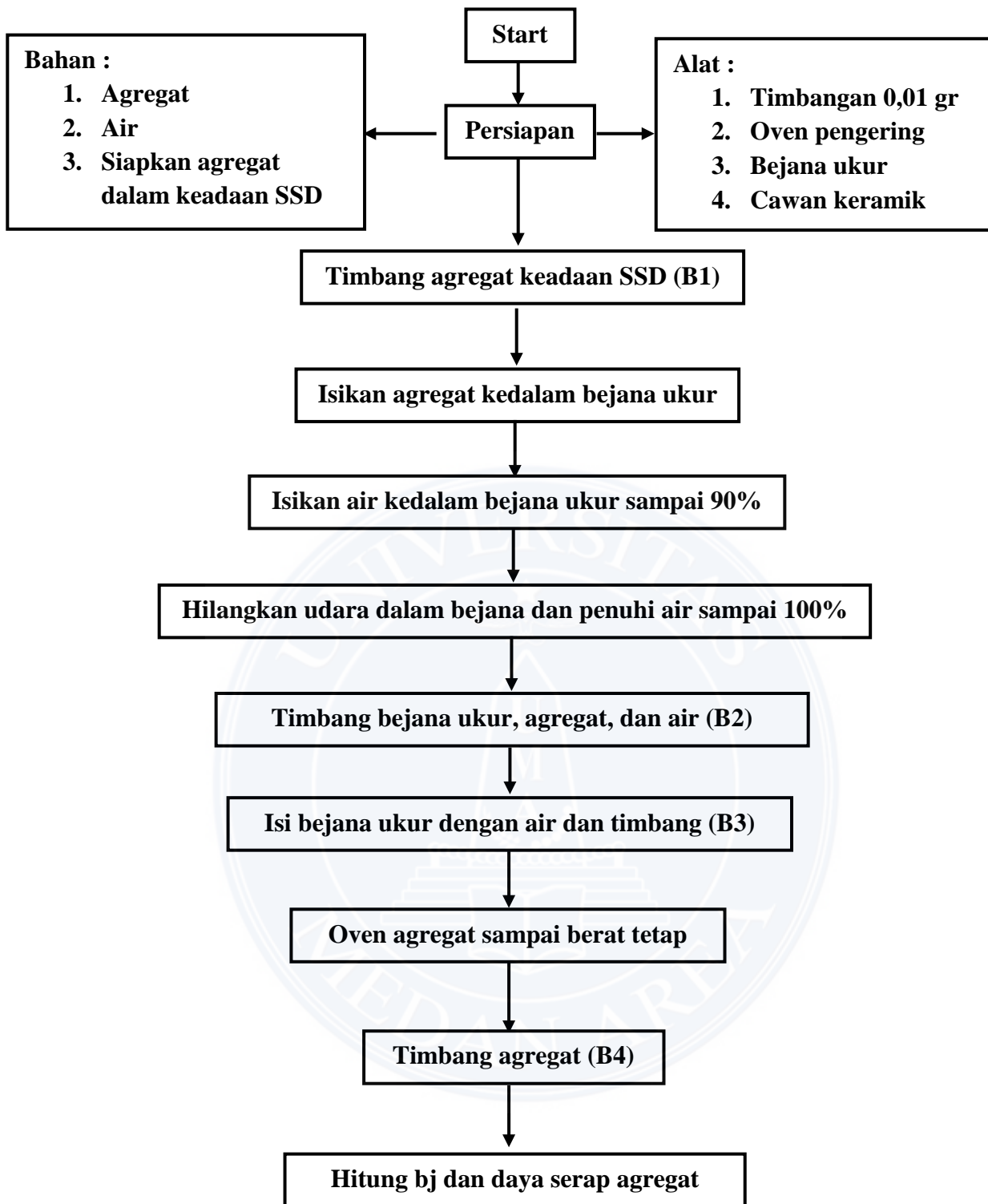
9. Isi kembali gelas ukur sampai tanda batas, kemudian timbang beratnya (B3).

f. Perhitungan

$$\text{BJ SSD} = \frac{B1}{B3 + B1 - B2}$$

$$\text{BJ KERING OVEN} = \frac{B4}{B3 + B1 - B2}$$

$$\text{DAYA SERAP} = \frac{(B1 - B4)}{B4} \times 100\%$$



Gambar 3.9 Bagan alir pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

### 3.3.6 Analisa ayak agregat

#### a. Tujuan

1. Dapat menentukan gradasi agregat dengan memakai hasil data analisa saringan;
2. Dapat menggunakan peralatan yang diperlukan;
3. Dapat menggambarkan data hasil pemeriksaan dalam grafik.

#### b. Peralatan

1. Oven;
2. Timbangan;
3. Ayakan;
4. Wadah;
5. Sieve shaker;
6. Kuas.

#### c. Bahan

1. Bottom ash;
2. Pasir;
3. Kerikil.

#### d. Persiapan

1. Siapkan bahan yang akan diuji dengan mengeringkan agregat dalam oven selama minimal 4 jam;

2. Siapkan peralatan yang akan digunakan.

e. Prosedur pelaksanaan

1. Ayak agregat dengan susunan ayakan 4 mm ke bawah



Gambar 3.10 Mengayak agregat

2. Dari benda uji yang tembus ayakan 4 mm, timbang sebanyak 500 gram;

3. Ayak agregat yang beratnya 500 gram tersebut dengan susunan ayakan 4 mm ke bawah memakai mesin penggetar selama 15 menit;

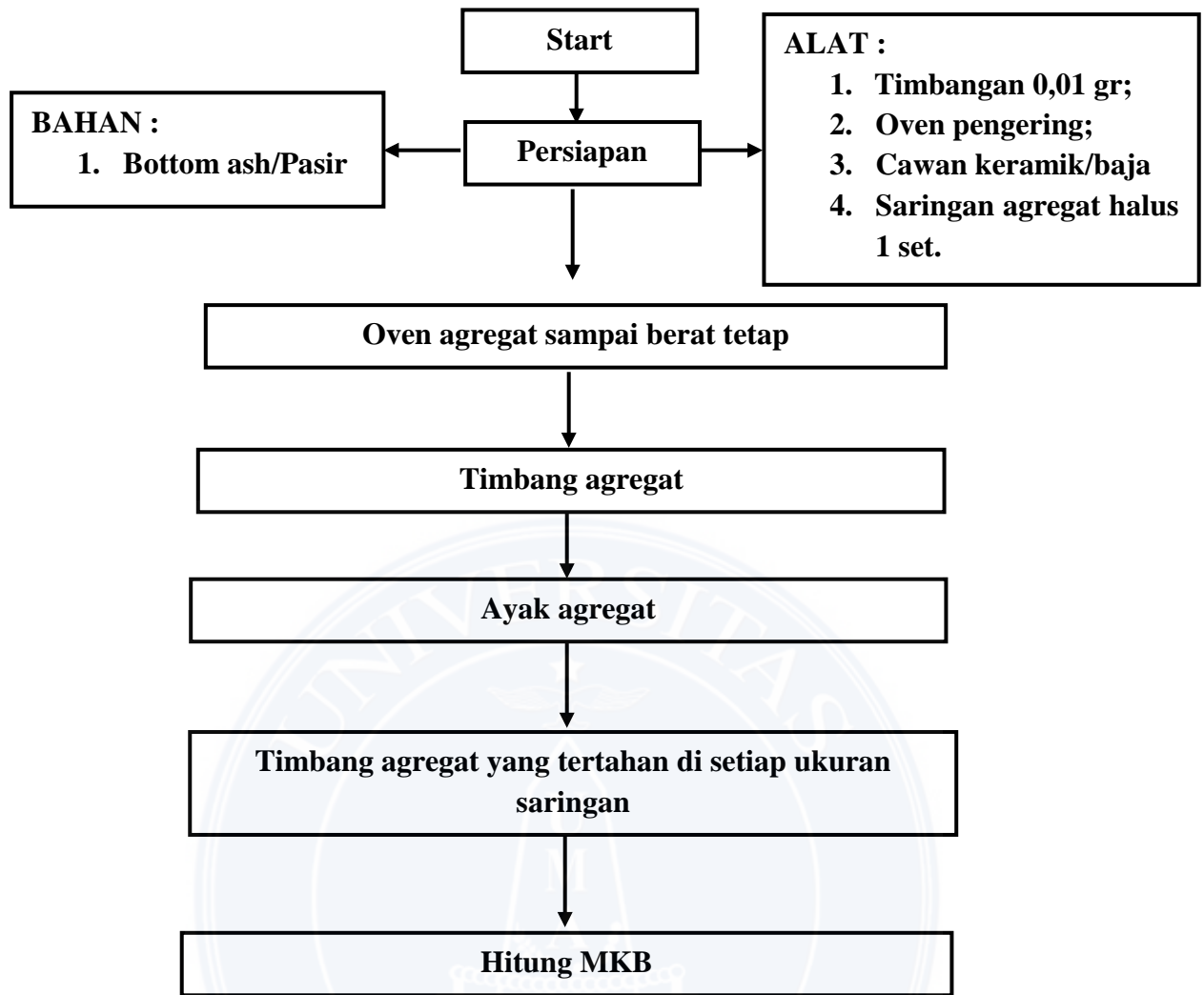
4. Bersihkan masing – masing ayakan dengan kuas baja;

5. Timbang berat agregat yang tertahan di masing – masing ayakan;
6. Hitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing – masing ayakan terhadap berat total.

7. Perhitungan

$$\text{KADAR MKB} = \frac{\text{JUMLAH PERSEN TERTAHAN KUMULATIF}}{100}$$





Gambar 3. 11 Bagan alir pengujian analisa ayak

### 3.4 PENCAMPURAN AGREGAT (MIX DESIGN)

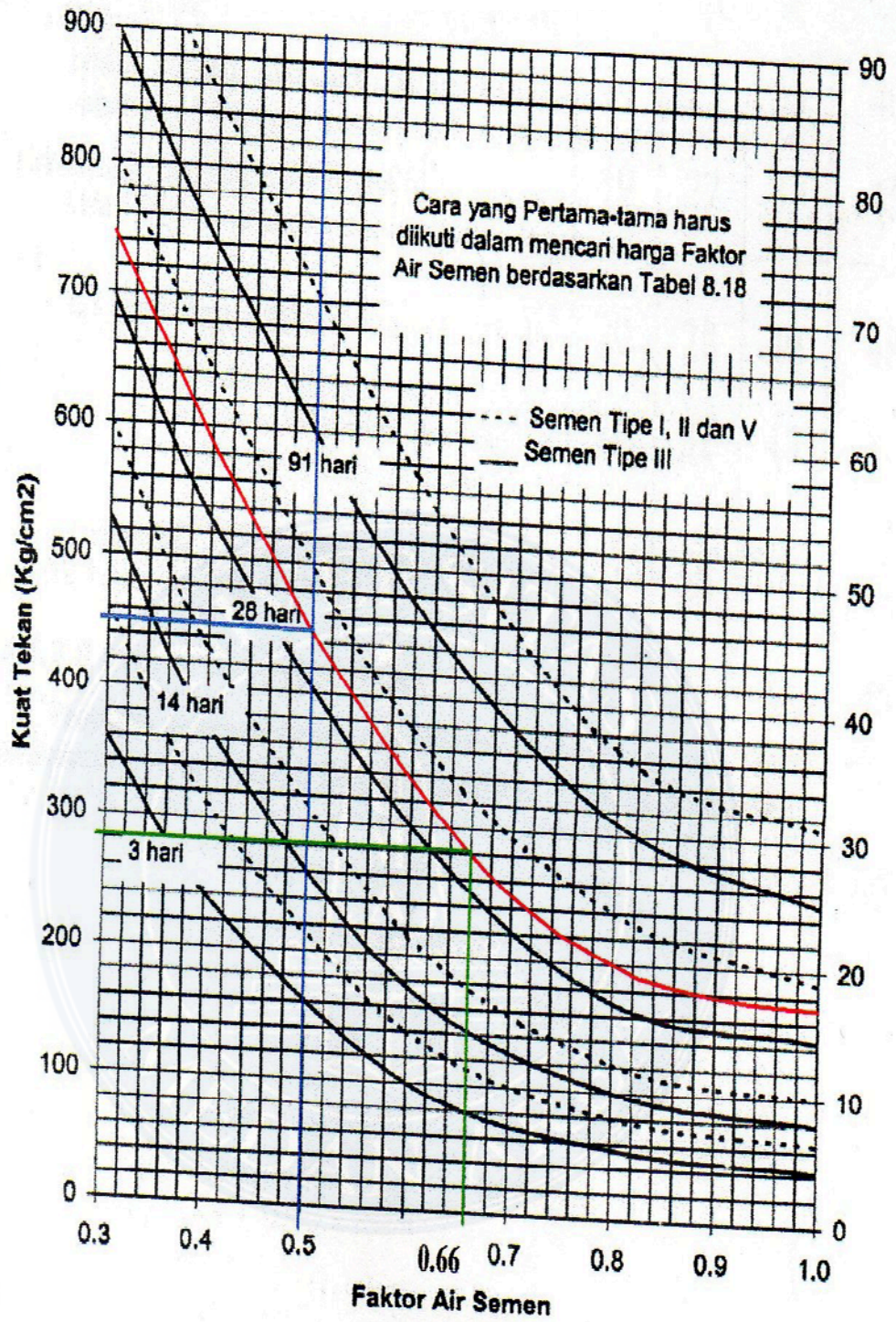
Mix design adalah perhitungan rencana guna mendapatkan nilai – nilai perbandingan dari bahan – bahan penyusun beton terhadap rencana kekuatan beton yang diinginkan.

1. Prosedur pelaksanaan
  - a. Menentukan nilai kuat tekan karakteristik rencana pada umur 28 hari, kita menentukan sendiri berapa kuat tekan rencananya;
  - b. Menentukan nilai standar deviasi;
  - c. Menentukan nilai tambah, nilai tambah ditentukan dengan cara :  $1,64 \times$  standar deviasi rencana;
  - d. Menentukan kuat tekan rata – rata yang hendak dicapai, menentukan kuat tekan rata – rata yang akan dicapai. Menambahkan nilai kuat tekan rencana dengan nilai tambah;
  - e. Menentukan jenis semen yang digunakan, type semen ada 5 (lima) tergantung untuk pekerjaan apa yang akan dilaksanakan;
  - f. Menentukan jenis agregat kasar dan halus, jenis agregat ada 2 (dua) macam yaitu alami atau buatan (batu pecah). Ini untuk agregat halus maupun agregat kasar;
  - g. Menentukan faktor air semen (FAS);

### Cara mengisi grafik 3.1

1. Tarik garis memanjang pada angka 0.5 yang tertera pada FAS;
2. Tarik garis angka 450. Angka ini didapat pada tabel III.2 sampai berpotongan dengan garis memanjang yang berasal dari angka FAS 0.5;
3. Garis yang berpotongan antara FAS 0.5 dengan garis 450 dibuat grafik baru karena agregat yang kita pakai adalah batu pecah jika agregat yang kita pakai alami tidak usah lagi dibuat grafik baru;
4. Tarik garis 298.4 ( pada daftar kuat tekan ), dengan grafik ini didapat dari penjumlahan kuat tekan karakteristik rencana dengan nilai tambah, hingga berpotongan dengan grafik yang baru;
5. Tarik garis hasil perpotongan antara garis 298.4 dengan grafik arah vertikal kebawah menuju FAS baru yang akan digunakan;
6. Maka didapat nilai FAS.





Gambar 3.12 Faktor Air Semen

Tabel 3.2 Perkiraan kuat tekan beton dengan FAS 0.5 dan jenis semen serta agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan Pada Umur (Hari)				Bentuk Benda Uji
		3	7	28	91	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecah (alami)	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	Silinder
	Batu tak dipecah (alami)	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	Kubus
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecah (alami)	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	Silinder
	Batu tak dipecah (alami)	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	Kubus

h. Menentukan faktor air semen maksimum;

Tabel 3.3 Faktor air semen maksimum

Deskripsi	Jumlah semen min. Dalam 1 m <sup>3</sup> beton (kg)	FAS
Beton dalam ruangan bangunan :		
a. Keadaan keliling non korosif;	275	0.6
b. keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0.52
Beton diluar ruang bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung;	325	
b. Terlindung matahari dan hujan langsung.		

Beton yang masuk ke dalam tanah :

- a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti; 325 0.55
- b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah. Lihat tabel 8.20.1

Beton yng terus-menerus berhubungan dengan air

- a. Air tawar;
- b. Air laut. Lihat tabel 8.20.1

- i. Menentukan nilai slump, kita tentukan sendiri slump yang akan kita gunakan;
- j. Menentukan ukuran agregat maksimum;
- k. Menentukan kadar air bebas;

**Tabel 3. 4 Perkiraan kadar air bebas (kg/m<sup>3</sup>) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton**

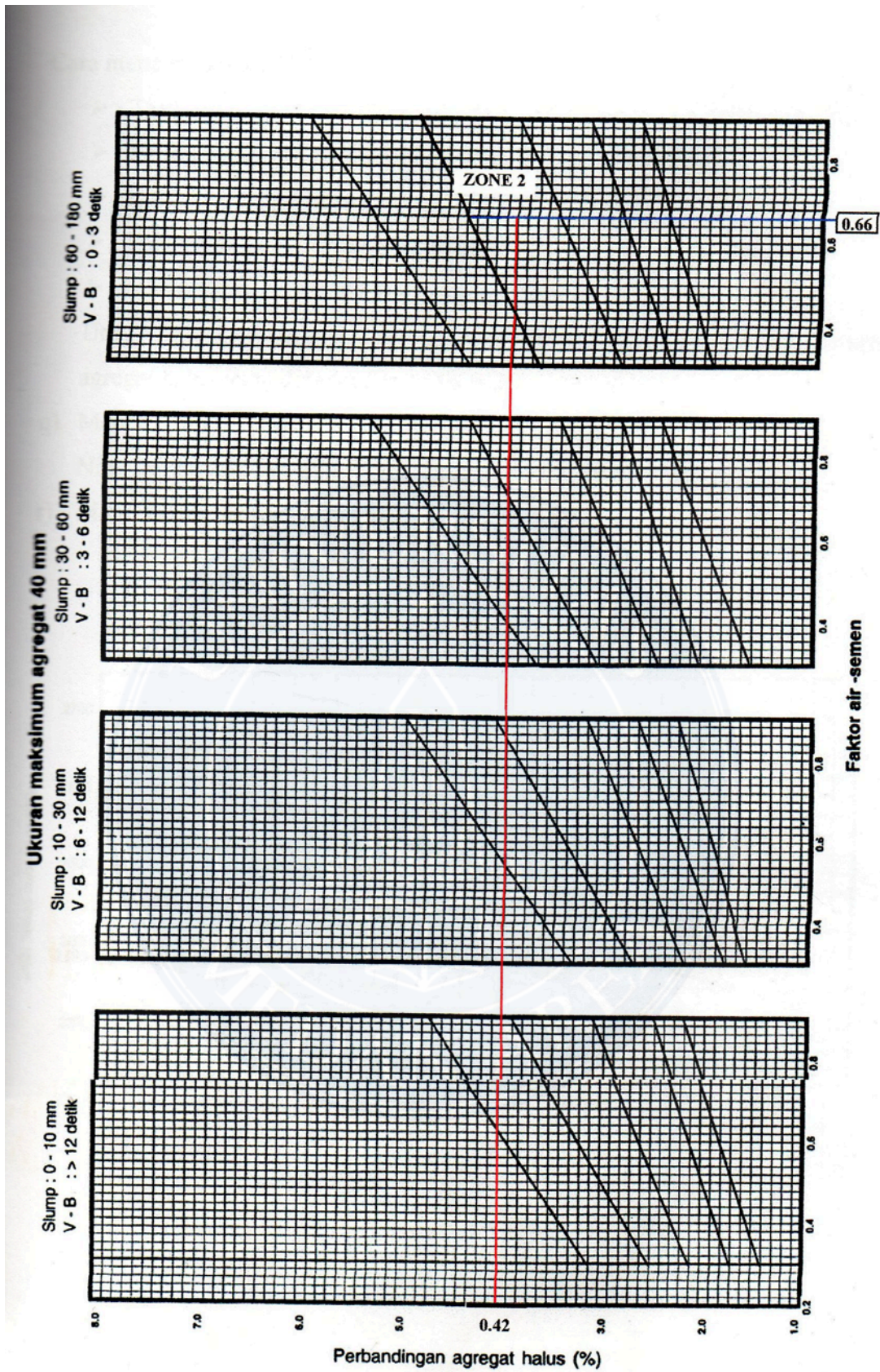
Ukuran besar butir agregat maksimum (mm)	Jenis agregat	Nilai slump			
		0 – 10	10 - 30	30 - 60	60 – 100
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Karena jenis agregat yang digunakan adalah campuran (halus alami, kasar batu pecah) maka menentukan kadar air bebasnya :

$$(1/3 \times 205) + (2/3 \times 175) = 185.$$

Tapi jika agregat yang digunakan jenisnya sama (pasir dan kerikil sama – sama alami atau buatan) maka tidak perlu menginterpolasinya.

- l. Menentukan kadar semen. Cara menentukan kadar semen yaitu bagi antara kadar air bebas dengan faktor air semen atau faktor air semen maksimum (diambil angka yang paling kecil antara keduanya);
- m. Menentukan kadar semen maksimum. Kita tentukan pada tabel III.3 dengan FAS;
- n. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan;
- o. Menentukan zona gradasi agregat halus. Menentukan gradasi agregat halus didapat dari analisa ayakan agregat halus masuk zona berapa. Zona yang dimaksud ada 4 (empat);
- p. Menentukan persentase fraksi agregat halus.



Gambar 3.13 Perbandingan agregat halus

Cara menentukan grafik 3.2

- Tarik garis 0.66 (warna merah) dari grafik sampai melewati zona II
- Perpotongan garis 0.66 dengan zona II ditarik ke samping
- Baca nilai tengah zona II yang dilewati garis 0.66
- Itulah nilai persentase agregat halus
- Menentukan persentase fraksi agregat halus

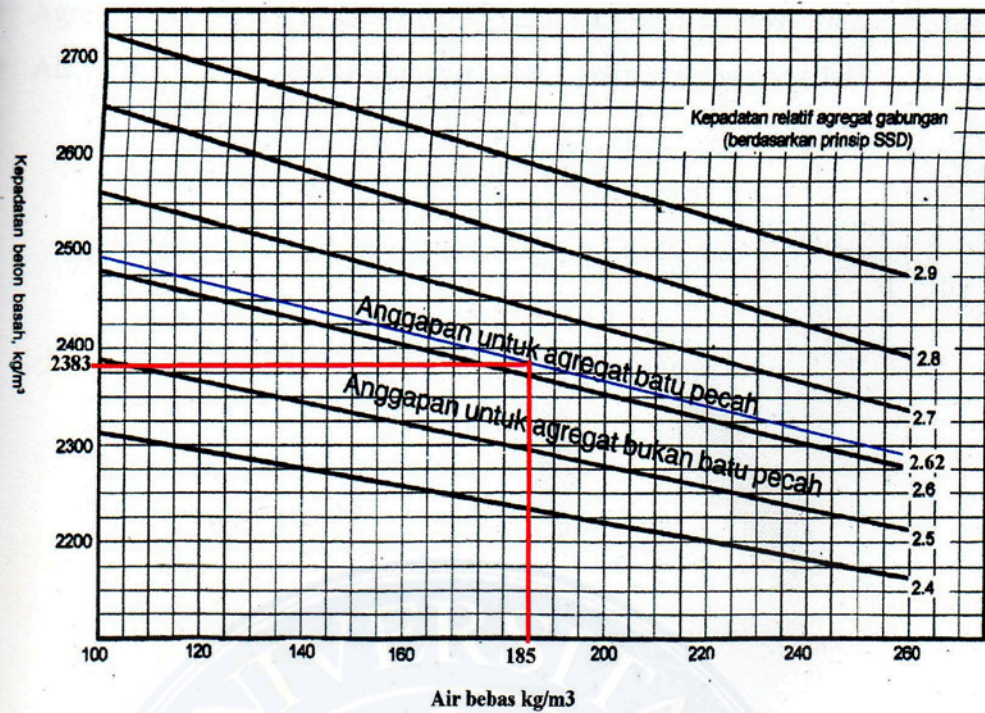
Untuk persentase agregat kasar di dapat dengan cara :

$100\% - \text{nilai persentase agregat halus yang di dapat dari grafik 3.2}$

q. Menentukan berat jenis relatif agregat;

Nilai ini di dapat dari nilai BJ SSD agregat yang di dapat dari persiapan

r. Menentukan berat jenis beton;



Gambar 3.14 Kadar air bebas

- s. Menentukan kandungan agregat gabungan

Dengan cara :

$BJ \text{ Beton basah} - \text{Kadar semen} - \text{Kadar air bebas}$

- t. Menentukan kandungan agregat halus

Dengan cara :

$\text{Persen agregat halus} \times \text{kandungan agregat gabungan}$

- u. Menentukan kandungan agregat kasar

Dengan cara :

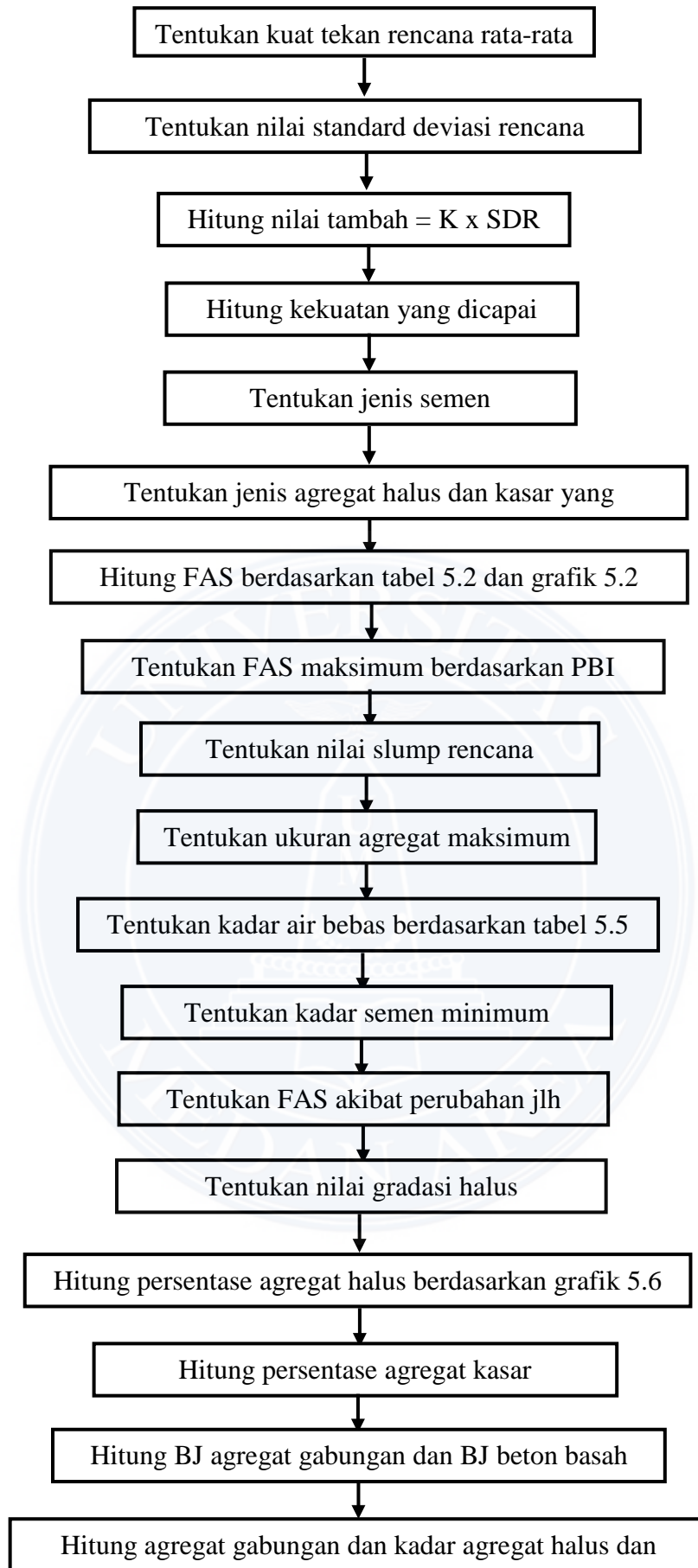
$\text{Kandungan agregat gabungan} - \text{kandungan agregat halus}$

Koreksi – koreksi dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

- Semen = tetap
  
- Agregat halus = agregat halus SSD + (kadar air – daya serap)% x agregat halus SSD
  
- Agregat kasar = agregat kasar SSD + (kadar air- daya serap)% x agregat kasar SSD
  
- Air = air – koreksi agregat halus – koreksi agregat kasar







Gambar 3.15 Diagram Alir Perancangan Beton menggunakan Metode Doe

### 3.5 PEMBUATAN BENDA UJI

Dalam prakteknya, pembuatan benda uji tidak hanya dengan bentuk kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm, dapat juga benda-benda uji tersebut dibuat dalam bentuk kubus ukuran 20 x 20 x 20 cm ataupun silinder dengan uuran 0.15 cm, tinggi 30 cm. Pada PBI – 71 K beton (menetapkan K beton) yaitu berdasarkan kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm pada umur 28 hari.

Untuk mendapatkan komposisi campuran beton yang sesuai dengan kekuatan yang direncanakan, maka harus dilakukan perencanaan campuran dengan menggunakan data dari bahan yang akan digunakan, sehingga akan diperoleh perbandingan campuran yang ekonomis dan kekuatan yang cukup.

Langkah-langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat-alat yang akan digunakan;
2. Siapkan bahan yang akan digunakan yang terdiri dari : semen, pasir, bottom ash, kerikil, dan air;
3. Pastikan terlebih dahulu apakah mesin mollen sudah bersih dari sisa-sisa campuran beton, tujuannya agar campuran yang akan dibuat tidak terganggu baik kekuatan maupun sifat beton yang akan dibuat;
4. Hidupkan mesin mollen dan tepatkan posisi mollen terhadap bidang ataupun wadah untuk penampungan beton;
5. Masukkan air terlebih dahulu supaya bidang kontak didalam mollen basah dan agregat tidak lengket ditepi/ujung bagian mollen;

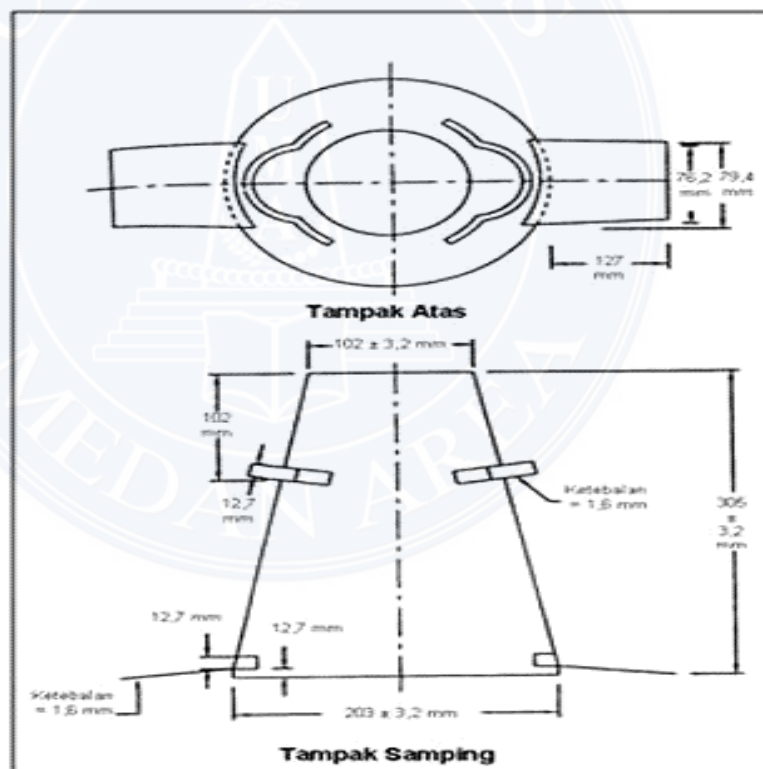
6. Masukkan kerikil + pasir + semen + air, perlu diperhatikan cara mencampurkan keseluruhan agregat. Usahakan secara bertahap dan secara bergantian sampai campuran homogen.

Sebelum dilakukan pencetakan benda uji, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan terhadap campuran beton. Pemeriksaan campuran beton yang dilakukan adalah :

### 3.5.1 Pemeriksaan slump beton

Adapun prosedur pemeriksaan slump beton adalah :

- a. Persiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan



Gambar 3.16 Peralatan uji slump test

- b. Masukkan adukan beton kedalam cetakan, dalam 3 (tiga) lapis.

Tiap-tiap lapis dipadatkan dengan menusuk beton menggunakan

tongkat penusuk sebanyak 25 kali secara merata. Dalam penusukan, tongkat hanya diperbolehkan masuk sampai  $\pm 2.5$  cm di bawah lapisan beton.

- c. Ratakan permukaan bidang beton
- d. Perlahan-lahan kerucut diangkat vertikal keatas
- e. Kerucut diletakkan disamping beton yang telah mengendap dan tongkat pemadat digunakan sebagai sebuah penggaris yang dipasang diatas puncak kerucut. Ukur jarak antara sisi bawah tongkat dan tinggi puncak, dilakukan di 3 (tiga) titik. Kemudian rata-ratakan tinggi ke 3 titik, jarak ini adalah nilai slump yang dicari.

### 3.5.2 Pemeriksaan bobot isi beton

Adapun prosedur pemeriksaan bobot isi adalah :

- Timbang dan catatlah berat wadah (W1);
- Isilah wadah dengan sampel dalam 3 (tiga) lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sampai 25 kali tusukan yang merata;
- Sisi takaran diketuk-ketuk dengan perlahan-lahan sampai tidak terlihat gelembung udara pada permukaan beton serta rongga-rongga bekas tusukan tertutup;
- Ratakan permukaan sampel dengan menggunakan mistar perata;

- Timbang dan catatlah berat wadah beserta sampel (W2);
- Hitung berat isi beton.
  - a. Setelah itu cetak beton dengan cetakan kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm dan selanjutnya dipadatkan dengan cara dirojok serta digetarkan dengan mesin getar (vibrator);
  - b. Simpan beton dalam cetakan tersebut dalam ruang lembab;
  - c. Setelah 24 jam cetakan di buka;
  - d. Benda uji dirawat dengan cara direndam dalam bak (masa perendaman tergantung rencana).

### 3.6 PENGUJIAN BENDA UJI

1. Penekanan benda uji
  - a. Ambil benda uji dari dalam bak perendaman dan permukaan benda uji dilap;
  - b. Tentukan berat dan ukuran benda uji;
  - c. Kemudian letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris;
  - d. Jalankan mesin dengan penambahan dilakukan sampai batas maksimum (benda uji retak), dan catat hasilnya.
  - e. Perhitungan

$$\text{Kuat tekan beton } (\sigma'_b) = P/A \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Dimana :

$$P = \text{beban maksimum (kg)}$$

$A = \text{luas penampang bidang tekan (cm}^2\text{)}$

Dalam perhitungan kuat tekan beton harus diperhatikan bentuk benda uji dan umur pengujian. Dalam PBI 71 hal-hal tersebut telah diatur yaitu :

Tabel 3.5 Faktor bentuk

No.	Benda uji	Perbandingan Kekuatan Tekan
1	Kubus 15 x 15 x 15 cm	1.00
2	Kubus 20 x 20 x 20 cm	0.95
3	Silinder 15 x 30 cm	0.83

Tabel 3.6 Faktor umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	360
Semen portland (biasa)	0.40	0.65	0.88	0.95	1.00	1.20	1.35
Semen portland dengan kekuatan awal tinggi	0.55	0.75	0.90	0.95	1.00	1.15	1.20