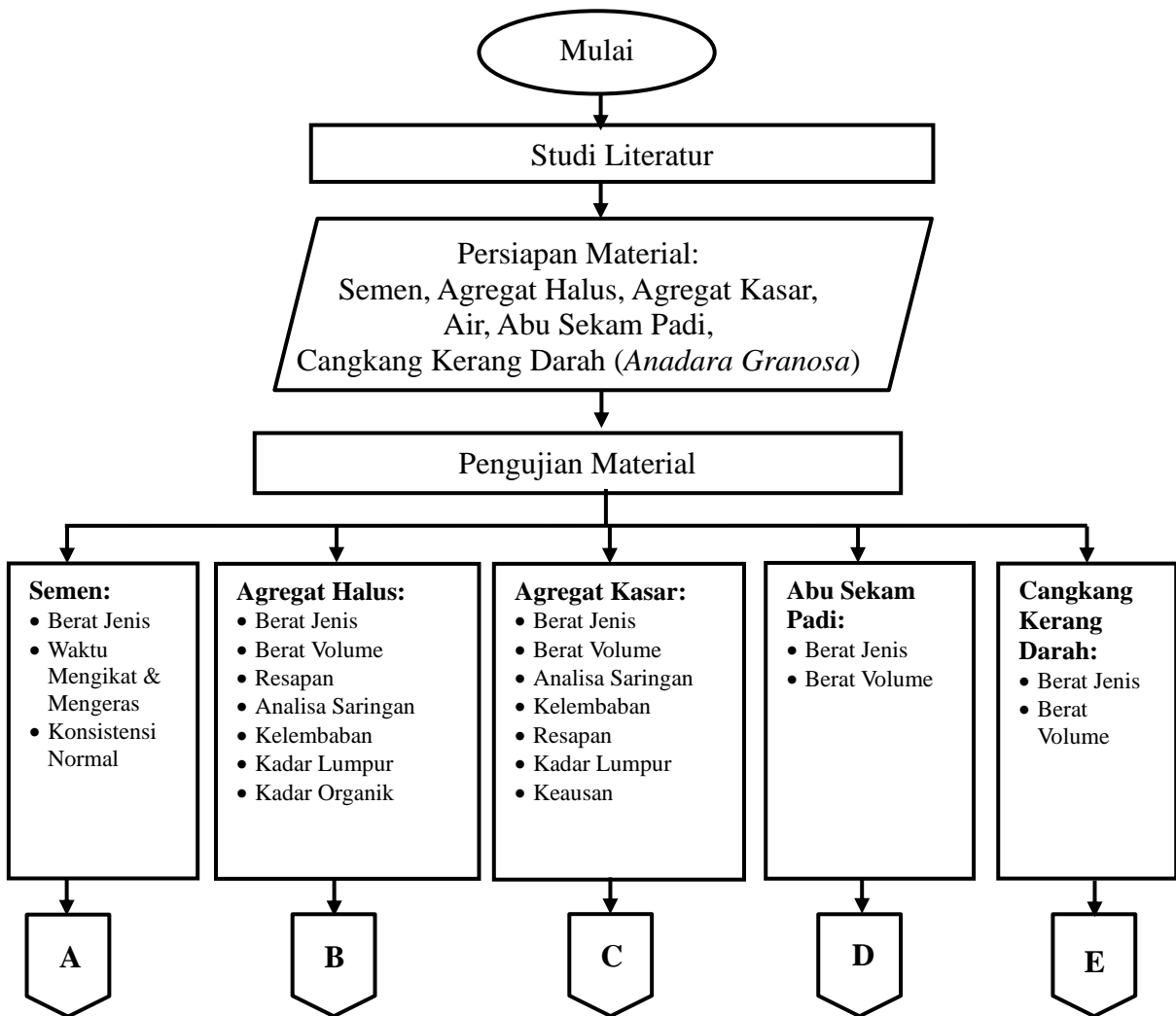


BAB 3

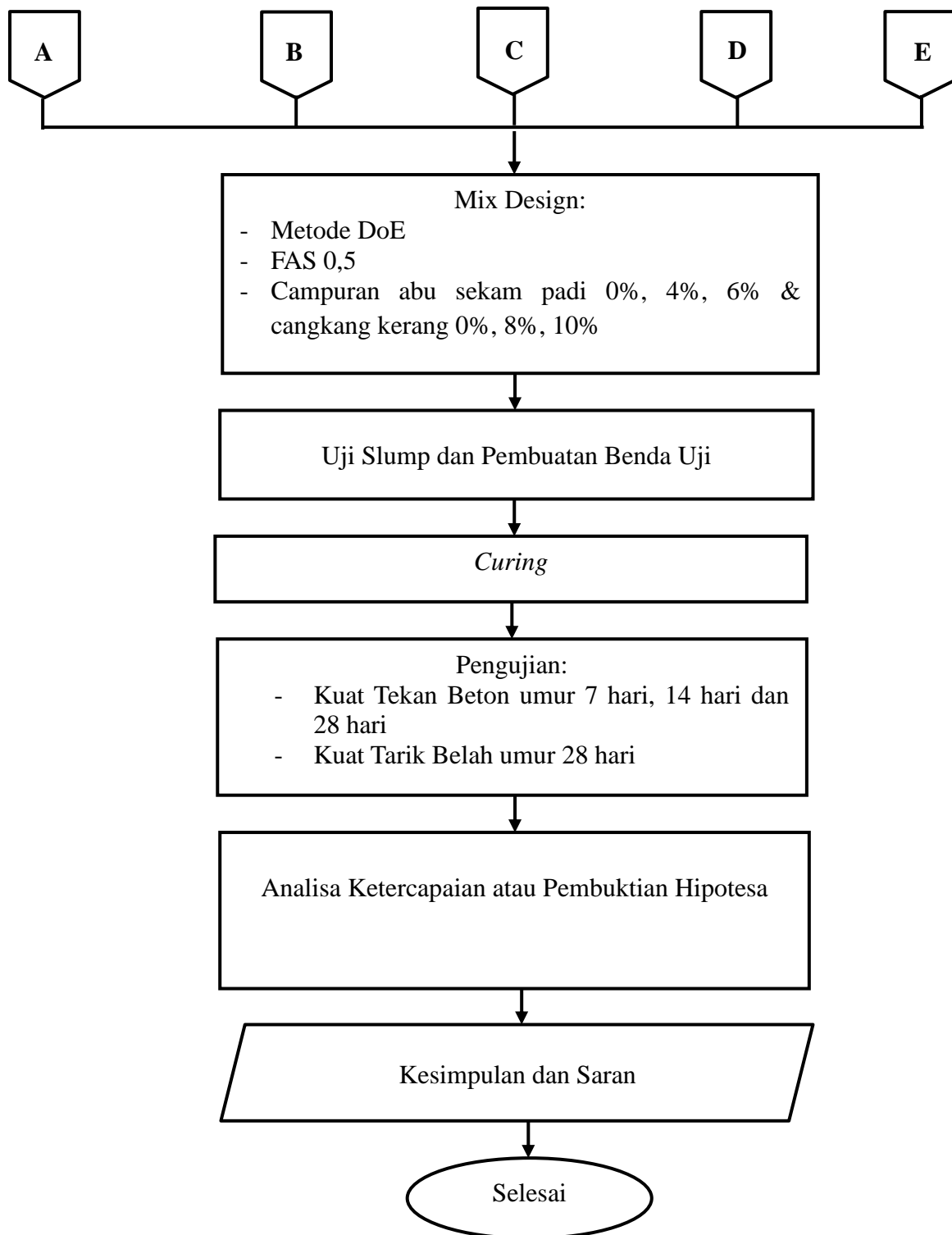
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Diagram alir merupakan bagan ilustrasi langkah-langkah, urutan dari suatu proses atau urutan kerja. Diagram alir penelitian beton ini dengan campuran abu sekam padi dan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) yang digunakan sebagai campuran sebagian semen yang ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

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

1. Melakukan studi literatur seperti dengan membaca, mencatat dan mengolah data bahan penelitian. Pada studi literatur ini menganalisa suatu masalah atau latar belakang sehingga bisa dijadikan suatu pembahasan dan mendapatkan hipotesa.
2. Mempersiapkan material yang akan diperlukan pada saat penelitian, yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, air, abu sekam padi dan cangkang kerang darah.
3. Melakukan pengujian material semen, agregat halus, agregat kasar, abu sekam padi dan cangkang kerang darah mengacu pada standar pengujian
4. Membuat campuran beton atau *mix design*.
5. Melakukan *slump test* pada kondisi beton segar dan pembuatan benda uji dengan benda uji silinder 15 cm x 30 cm
6. Kemudian melakukan perawatan terhadap beton (*curing*) dengan cara benda uji direndam di dalam bak berisi air hingga usia sehari sebelum pengujian.
7. Setelah proses *curing*, dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari serta pengujian kuat tarik belah pada umur 28 hari.
8. Dari hasil pengujian melakukan analisa hasil apakah sesuai dengan hipotesa dan menjawab rumusan masalah.
9. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat membuat kesimpulan dan saran.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian yaitu :

1. Variabel bebas merupakan variabel yang menjadi sebab perubahan timbulnya pada variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu abu sekam padi 0%, 4%, dan 6% dan cangkang kerang 0%, 8%, dan 10%.
2. Variabel terikat merupakan variabel yang akan menjadi akibat adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu uji kuat tekan dan kuat tarik belah.
3. Variabel kontrol merupakan variabel yang terkendali atau dibuat tetap. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu beton tanpa menggunakan campuran abu sekam padi dan cangkang kerang darah.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton dan Material Universitas Wijaya Kusuma Surabaya untuk pengujian material dapat lihat pada Gambar 3.2, dan PT. Varia

Usaha Beton, Gresik untuk pembuatan dan pengujian benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Lokasi Pengujian Material



Gambar 3.3 Lokasi Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

3.4 Persiapan Material

3.4.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Semen Portland, dapat dilihat pada Gambar 3.4, semen Portland digunakan untuk pengikat material.



Gambar 3.4 Semen

2. Agregat halus, dengan menggunakan pasir berasal dari Lumajang, dapat dilihat pada Gambar 3.5. Digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran beton.



Gambar 3.5 Pasir

3. Agregat kasar, dengan menggunakan batu pecah berasal dari Pasuruan, dapat dilihat pada Gambar 3.6. Digunakan sebagai pengisi dalam campuran beton.



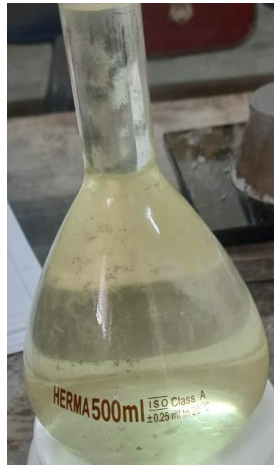
Gambar 3.6 Batu Pecah

4. Air, dapat dilihat pada Gambar 3.7. Digunakan untuk proses pencampuran seluruh material membantu proses hidrolis dengan semen.



Gambar 3.7 Air

5. Minyak tanah, dapat dilihat pada Gambar 3.8. Digunakan pada saat pengujian material berat jenis semen, berat jenis abu sekam padi, dan berat jenis cangkang kerang.

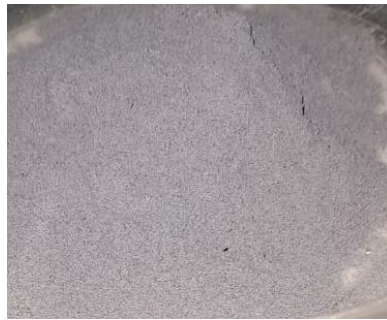


Gambar 3.8 Minyak Tanah

6. Cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) dan abu sekam padi, dilihat pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10. Digunakan sebagai bahan campuran sebagian semen dalam campuran beton.



Gambar 3.9 Cangkang Kerang



Gambar 3.10 Abu Sekam Padi

3.4.2 Alat

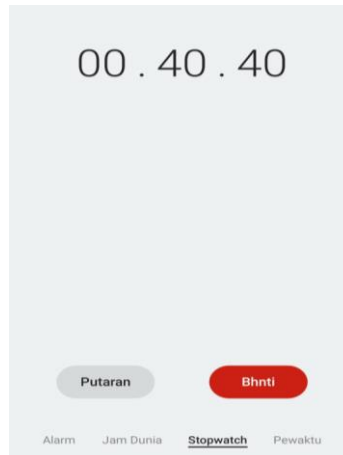
Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Timbangan analitis, dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Timbangan Analitis

2. Stopwatch, dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Stopwatch

3. Satu set alat vikat, dilihat pada Gambar 3.13. Digunakan untuk pengujian semen.



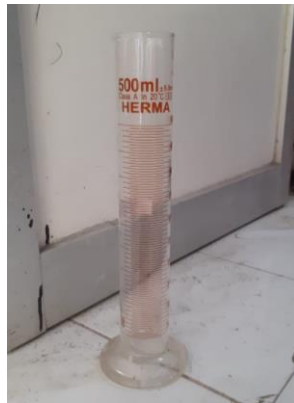
Gambar 3.13 Alat Vikat

4. Tempat adukan dan pengaduk, dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Pengaduk

5. Gelas ukur 250 cc, dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Gelas Ukur

6. Gelas ukur (labu takar) 500 cc, dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Labu Takar

7. Oven dilengkapi dengan pengatur suhu, dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Oven

8. Satu set ayakan ASTM untuk agregat halus, dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Ayakan Agregat Halus

9. Satu set ayakan ASTM untuk agregat kasar, dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19 Ayakan Agregat Kasar

10. Alat perojok, dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20 Alat Perojok

11. Mesin abrasi Los Angeles, dilihat pada Gambar 3.21. Digunakan untuk pengujian keausan batu pecah.



Gambar 3.21 Mesin Abrasi Los Angeles

12. Alat uji kuat tekan dan uji kuat tarik belah, dilihat pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22 Alat Uji Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

13. Silinder 15 cm x 30 cm untuk mencetak benda uji, dilihat pada Gambar 3.23.



Gambar 3.23 Silinder

14. *Concrete mixer*, dilihat pada Gambar 3.24.



Gambar 3.24 *Concrete Mixer*

15. Bak perendam, dilihat pada Gambar 3.25.



Gambar 3.25 Bak Perendam

3.5 Pengujian Semen

3.5.1 Uji Konsistensi Normal Semen

Uji konsistensi normal ini dilakukan untuk mengetahui kadar air normal yang digunakan untuk membuat pasta semen agar tidak keras atau terlalu cair. Uji ini mengacu pada SNI 03-6826-2002. Langkah pengujian sebagai berikut:

1. Semen dicampur dengan air sebanyak 14% (70 cc) hingga membentuk pasta.
2. Pasta semen dibentuk menjadi bola dengan cara dilempar sebanyak 6 kali dengan jarak 15 cm.
3. Letakkan bola pasta ke dalam konikel dan permukaannya diratakan.
4. Letakkan jarum vikat diameter besar di permukaan pasta semen.

5. Lepaskan jarum vikat dan catat penurunan pada detik ke 30 setelah jarum dilepaskan.
6. Bila penurunan jarum belum diperoleh 10 mm, maka pengujian diulang dengan kadar air dikurangi atau ditambah dari 70 cc, sehingga diperoleh penurunan jarum mencapai 10 mm.
7. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan konsistensi normal:

$$\text{Konsistensi Normal} = \frac{\text{kadar air}}{\text{semen}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

Kebutuhan material yang digunakan pada uji konsistensi normal semen diuraikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kebutuhan Material Pada Setiap Benda Uji Konsistensi Normal

Benda Uji	Semen (gr)	AS (gr)	CK (gr)
AS0CK0	250	-	-
AS4CK8	220	10	20
AS4CK10	215	10	25
AS6CK8	215	15	20
AS6CK10	210	15	25

3.5.2 Uji Waktu Mengikat dan Mengeras

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu mengikat awal dan mengerasnya pasta semen. Uji ini mengacu pada SNI 03-6827-2002. Langkah pengujian sebagai berikut:

1. Siapkan alat dan bahan.
2. Campur semen dengan air 70 cc, aduk rata selama 3 menit hingga menjadi pasta dan catat waktu mulai dari bereaksi dengan air.
3. Kemudian pasta semen yang sudah rata dibentuk menjadi bola dengan cara dilempar dari tangan kanan ke tangan kiri atau sebaliknya sebanyak 6 kali.
4. Kemudian masukkan pasta yang berbentuk bola ke dalam konikel dan permukaannya diratakan dengan ditekan.
5. Letakkan jarum kecil di permukaan pasta.
6. Setelah 45 menit lepaskan jarum *vicat* dan ukur penurunannya.
7. Setelah 15 menit dari penjatuhan pertama, jarum *vicat* ditarik Kembali dan dijatuhkan pada permukaan baru yang belum tertusuk jarum *vicat*. Demikian seterusnya dilakukan dalam waktu interval 15 menit hingga jarum tidak dapat masuk ke dalam pasta semen. Jarak antara penusukan jarum adalah 3 mm dari penusukan sebelumnya.

8. Waktu mengikat semen diperoleh jika penurunan jarum *vicat* mencapai 25 mm dan waktu mengeras diperoleh penurunan jarum 0 mm.

3.5.3 Uji Berat Jenis Semen

Uji berat jenis semen mengacu pada ASTM C188-2002. Uji ini digunakan untuk menghitung berat jenis semen. Berikut langkah pengujian dari uji berat jenis semen:

1. Timbang labu takar yang sudah dibersihkan.
2. Isi labu takar dengan minyak tanah hingga batas labu takar, lalu timbang beratnya (C).
3. Timbang semen sebanyak 250 gram (A).
4. Kemudian masukkan semen ke dalam labu takar dengan menggunakan corong dan timbang beratnya (dicek). Lalu diisi dengan minyak tanah dan labu takar diputar-putar agar gelembung udara keluar. Tambahkan minyak tanah hingga batas labu takar, lalu timbang beratnya (B).
5. Ulangi sebanyak 3 kali percobaan.
6. Berat jenis dihitung dengan rumusan :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{A}{A-(B-C)} \times 0,8 \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana,

A = berat semen Portland

B = berat labu + semen + minyak tanah

C = berat labu + minyak tanah

0,8 = berat jenis minyak tanah

3.5.4 Uji Berat Volume Semen

Uji berat volume semen digunakan untuk menentukan berat volume semen dalam keadaan lepas dan keadaan padat. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-1973-2008, pengujian sebagai berikut:

1. Tanpa Rojokan
 - Timbang silinder dalam keadaan kering (A).
 - Silinder diisi semen sampai batas kapasitas dan permukaannya diratakan, kemudian timbang beratnya (B).
2. Dengan Rojokan
 - Timbang silinder (A).

- Silinder diisi semen 1/3 bagian, rojok 25 kali. Kemudian tambah 1/3 lagi rojok 25 kali sampai silinder penuh.

- Kemudian ratakan permukaan semen dan timbang beratnya (B).

3. Berat volume semen diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\text{Berat Volume} = \frac{(B-A)}{V} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana,

B = berat silinder + semen

A = berat silinder

V = volume silinder

3.6 Pengujian Agregat Halus

3.6.1 Uji Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk menentukan berat jenis agregat halus dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*). Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-1970-1990. Berikut adalah prosedur pengujian:

1. Timbang labu takar 500 cc.
2. Timbang agregat halus dalam keadaan SSD sebanyak 250 gram (A).
3. Masukkan agregat halus ke dalam labu takar hingga batas kapasitas kemudian timbang beratnya. Lalu, diisi air sampai penuh dan labu takar dipegang miring, diputar-putar hingga gelembung udara keluar dan timbang beratnya (B).
4. Bersihkan labu takar. Isi labu takar yang kosong dengan air sampai batas kapasitas dan timbang beratnya (C).
5. Perhitungan berat jenis menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{A}{A-B+C} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana,

A = berat pasir keadaan SSD

B = berat labu takar + pasir + air

C = berat labu takar + air

3.6.2 Uji Berat Volume Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk menentukan volume agregat halus dalam keadaan lepas dan keadaan padat yang digunakan dalam campuran. Prosedur pengujian ini mengacu pada SNI 03-1973-2008. Berikut adalah prosedur pengujian:

1. Tanpa Rojokan
 - Timbang silinder dalam keadaan kering (A).
 - Kemudian silinder diisi sampai batas kapasitas dan permukaannya diratakan, lalu timbang beratnya (B).
 - Dengan 2 kali percobaan.
2. Dengan Rojokan
 - Timbang berat silinder (A).
 - Isi silinder dengan pasir 1/3 bagian dirojok 25 kali. Isi lagi 1/3 bagian rojok 25 kali, lakukan dengan cara yang sama sampai silinder penuh. Kemudian ratakan permukaan, lalu timbang beratnya (B).
3. Perhitungan berat volume menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Berat Volume} = \frac{B-A}{V} \text{ kg/liter} \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana,

- A = berat silinder
- B = berat silinder + pasir
- B-A = berat pasir
- V = volume silinder

3.6.3 Uji Resapan Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk menentukan kadar air resapan pada agregat halus. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-1970-1990. Prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Timbang pasir dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) 500 gram.
2. Masukkan pasir tersebut ke dalam oven selama 24 jam.
3. Keluarkan pasir dari oven dan dinginkan kemudian timbang beratnya (A).
4. Perhitungan kadar air resapan menggunakan rumusan :

$$\text{Kadar Air Resapan} = \frac{500-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

3.6.4 Uji Kadar Air Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk menentukan kadar air pada agregat halus dengan cara kering. Prosedur pengujian ini mengacu pada ASTM C 556-71. Berikut prosedur pengujiannya:

1. Timbang pasir kondisi asli 1000 gram (B).
2. Masukkan pasir tersebut ke oven dengan suhu 110°C + 5°C.
3. Kemudian keluarkan pasir dari oven, setelah dingin timbang beratnya (A).
4. Perhitungan kadar air pasir menggunakan rumusan :

$$\text{Kadar Air} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.7)$$

3.6.5 Uji Kebersihan Terhadap Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus dengan cara basah dan kering. Mengacu pada SNI 03-1750-1990. Berikut prosedur pengujian:

1. Dengan Cara Basah
 - Isi botol dengan pasir kira-kira setinggi 6 cm.
 - Tambahkan air hingga botol hampir penuh dan tutup rapat. Kemudian botol dikocok-kocok dan diamkan selama 24 jam.
 - Endapan lumpur yang terjadi diukur tingginya (h). Pasir bersih diukur tingginya (H).

Perhitungan kadar lumpur:

$$\frac{h}{H} \times 100\% \dots\dots\dots(3.8)$$

3.6.6 Uji Kadar Organik Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk menentukan atau mengetahui kebersihan agregat halus terhadap bahan-bahan organik. Mengacu pada SNI 03-2816-1992. Prosedur pengujian dari uji kadar organik agregat halus:

1. Botol diisi dengan pasir sebanyak 130 cc.
2. Tambahkan larutan NaOH 3% sebanyak 200 cc, kemudian dikocok.
3. Setelah dikocok diamkan selama 24 jam.
4. Bandingkan warna dengan warna standar.

3.6.7 Uji Analisa Ayakan Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk menentukan ukuran butir atau gradasi agregat halus dan menentukan modulus kehalusan agregat halus. Mengacu pada SNI 03-2438-2000. Berikut langkah-langkah pengujian:

1. Timbang pasir sebanyak 1000 gram dan keringkan dalam oven dengan temperatur 105°C selama 24 jam.
2. Masukkan pasir ke dalam ayakan yang telah disusun, kemudian digetar dengan mesin penggetar selama 3-5 menit.
3. Timbang pasir yang tertinggal pada tiap-tiap ayakan. Kemudian periksa berat pasir keseluruhan sesuai dengan berat pasir awal yaitu 1000 gram.
4. Dari hasil ayakan tersebut, kemudian dilakukan analisa perhitungan persentase yang lolos dan yang tertinggal di saringan.
5. Hasil perhitungan dicantumkan pada grafik untuk menentukan daerah gradasi butiran dan modulus kehalusannya.

3.7 Pengujian Agregat Kasar

3.7.1 Uji Berat Jenis Agregat Kasar

Bertujuan untuk menentukan berat jenis agregat kasar dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*). Mengacu pada ASTM C 127-88. Langkah-langkah pengujian:

1. Rendam kerikil selama 24 jam.
2. Kemudian angkat dan bersihkan permukaan kerikil sehingga didapat kondisi SSD.
3. Timbang kerikil sebanyak 3000 gram (A), lalu timbang dalam air (B).

Perhitungan berat jenis agregat kasar:

$$\text{Berat Jenis} = \frac{A}{A-B} \dots\dots\dots(3.9)$$

3.7.2 Uji Berat Volume Agregat Kasar

Pengujian ini digunakan untuk menentukan berat volume agregat kasar dalam keadaan lepas dan keadaan padat. Mengacu pada ASTM C 29-78. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

1. Tanpa Rojokan
 - Timbang silinder dalam keadaan kering lalu catat beratnya (A).
 - Silinder diisi dengan agregat kasar dan permukaannya diratakan, kemudian timbang beratnya (B).
2. Dengan Rojokan
 - Timbang silinder dan catat beratnya (A).
 - Silinder diisi dengan agregat kasar 1/3 bagian dirojok 25 kali. Tambah 1/3 bagian rojok 25 kali dan seterusnya hingga silinder penuh.

- Ratakan permukaan agregat kasar dan timbang beratnya (B).

3. Perhitungan berat volume menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Berat Volume} = \frac{B-A}{V} \dots\dots\dots(3.10)$$

dimana,

A = berat silinder

B = berat silinder + batu pecah

V = volume silinder

B-A= berat agregat kasar

3.7.3 Uji Analisa Ayakan Agregat Kasar

Pengujian dilakukan untuk mengetahui gradasi butiran dan modulus kehalusan agregat kasar. Mengacu pada SNI 03-2438-2000. Berikut prosedur pengujian:

1. Timbang agregat kasar dengan ukuran 40 mm sebanyak 36000 gram.
2. Masukkan agregat kasar dalam ayakan dengan ukuran yang paling besar dan ditempatkan paling atas kemudian digetarkan dengan mesin penggetar selama 1 menit.
3. Timbang berat agregat yang tertahan per saringan.
4. Dilakukan analisa perhitungan persentase yang lolos dan yang tertinggal di saringan.
5. Hasil perhitungan dicantumkan pada grafik zona gradasi butiran agregat kasar untuk mengetahui zona dan modulus kehalusannya.

3.7.4 Uji Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian dilakukan untuk menentukan kadar air agregat kasar dengan cara kering. Mengacu pada ASTM C 556-71. Prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Timbang agregat kasar keadaan asli sebanyak 1000 gram (A).
2. Masukkan agregat kasar ke oven dengan suhu $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$.
3. Keluarkan agregat kasar dari oven, kemudian tunggu dingin dan timbang beratnya (B).
4. Perhitungan kadar air menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Kadar Air} = \frac{B-A}{V} \times 100\% \dots\dots\dots(3.11)$$

3.7.5 Uji Resapan Agregat Kasar

Untuk menentukan kadar air resapan yang terdapat pada agregat kasar. Pengujian ini mengacu pada ASTM C 127-88. Berikut prosedur pengujian:

1. Timbang agregat kasar dalam keadaan SSD sebanyak 500 gram.
2. Masukkan agregat kasar ke oven selama 24 jam.
3. Keluarkan agregat kasar, tunggu dingin lalu timbang beratnya (A).
4. Perhitungan resapan air menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Resapan Air} = \frac{500-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.12)$$

3.7.6 Uji Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kadar lumpur yang terdapat pada agregat kasar. Pengujian ini mengacu pada ASTM C 117-76. Prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Timbang agregat kasar kering oven sebanyak 1000 gram (B).
2. Cuci agregat kasar hingga bersih hingga air tampak bening. Tuangkan air cucian kedalam saringan berkali-kali.
3. Agregat kasar yang tertinggal di saringan dipindahkan ke panci kemudian dioven dengan suhu $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$.
4. Keluarkan agregat kasar bersih kering oven, tunggu sampai dingin kemudian timbang beratnya (A).
5. Perhitungan kadar lumpur menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.13)$$

3.7.7 Uji Keausan Agregat Kasar

Pengujian dilakukan bertujuan untuk mengetahui persentase keausan agregat kasar. Mengacu pada ASTM C 131 – 89. Berikut langkah-langkah pengujian:

1. Ayak agregat kasar untuk mendapatkan gradasi yang ditentukan.
2. Timbang agregat kasar dengan gradasi tersebut, masing-masing 1250 gram. Kemudian jadikan satu agregat kasar dan timbang kembali dengan berat total 5000 gram (A).
3. Masukkan agregat kasar bersamaan dengan 12 bola baja dan jalankan mesin Los Angeles dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm dan diputar sebanyak 500 kali.
4. Keluarkan agregat kasar dari mesin Los Angeles dan ayak dengan ayakan no. 12.

5. Agregat kasar yang tertinggal di ayakan dicuci sampai bersih, kemudian oven selama 24 jam dengan suhu $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$ dengan faktor kehilangan 0,2%.
6. Keluarkan agregat kasar dari oven dan dinginkan kemudian timbang beratnya (B).
7. Perhitungan keausan agregat kasar menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.14)$$

Dimana,

A = berat agregat kasar sebelum abrasi

B = berat agregat kasar setelah abrasi

3.8 Pengujian Abu Sekam Padi

Sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil limbah penggilingan padi di daerah Sidoarjo. Selanjutnya dengan pembakaran pertama dengan suhu 300°C selama 1 jam untuk mendapatkan arang sekam padi. Arang sekam padi kemudian didinginkan selama 24 jam, setelah itu dibakar pada suhu 300°C selama 2 sampai 3 jam. Setelah menjadi abu sekam berwarna putih keabu-abuan, ditumbuk hingga halus seperti tekstur pada semen. Pengujian abu sekam padi yang dilakukan adalah berat volume dan berat jenis abu sekam padi dengan menggunakan prosedur standar pengujian semen.

3.9 Pengujian Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Cangkang kerang darah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Desa Tambak Cemandi, Sedati, Sidoarjo. Sebelum diuji melewati proses pembersihan, pengeringan serta penggilingan hingga menghasilkan cangkang kerang yang halus seperti tekstur pada semen, lolos saringan nomor 200 lalu ditumbuk hingga halus. Pengujian pada material cangkang kerang darah adalah berat volume dan berat jenis cangkang kerang darah menggunakan prosedur standar pengujian semen.

3.10 Rancangan Campuran Beton (*Mix Design*)

Penelitian ini menggunakan mix design metode DoE dengan campuran abu sekam padi prosentase 0%, 4% dan 6% dan cangkang kerang 0%, 8%, 10% dari berat total semen. Tahapan perancangan *mix design* beton diuraikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rancangan Campuran (*Mix Design*)

No.	Uraian	Tabel/Grafik/Perhitungan	Nilai
1.	Faktor Air Semen Bebas	Ditetapkan	0,5
2.	Faktor Air Semen Maksimum	Ditetapkan (Tabel 3.5)	0,6
3.	Slump	Ditetapkan	60-180 mm
4.	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan (Tabel 3.3 dan Gambar 3.26)	40 mm
5.	Kadar Air Semen Bebas	Ditetapkan (Tabel 3.4)	185 kg/m ³
6.	Jumlah Semen	Nomor 5 : Nomor 1	370 kg/m ³
7.	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	-
8.	Jumlah Semen Minimum	Tabel 3.5 (mengacu pada PBI 1971)	275 kg/m ³
9.	Faktor Air Semen Yang Disesuaikan	Ditetapkan	-
10.	Susunan Besar Butir Agregat Halus	Diketahui	Daerah gradasi butir zona 2
11.	Persen Bahan Lebih Halus	Diketahui (Gambar 3.28)	42%
12.	Berat Jenis Relatif Agregat (kering permukaan)	Diketahui	2,670 kg/m ³
13.	Berat Jenis Beton	Diketahui (Gambar 3.29)	2395 kg/m ³
14.	Kadar Agregat Gabungan	13 – 6 – 5	1840 kg/m ³
15.	Kadar Agregat Halus	14 x 11	772,8 kg/m ³
16.	Kadar Agregat Kasar	14 – 15	1067,2 kg/m ³

Penjelasan perhitungan Tabel 3.2 Rancangan Campuran Beton (*Mix Design*) sebagai berikut:

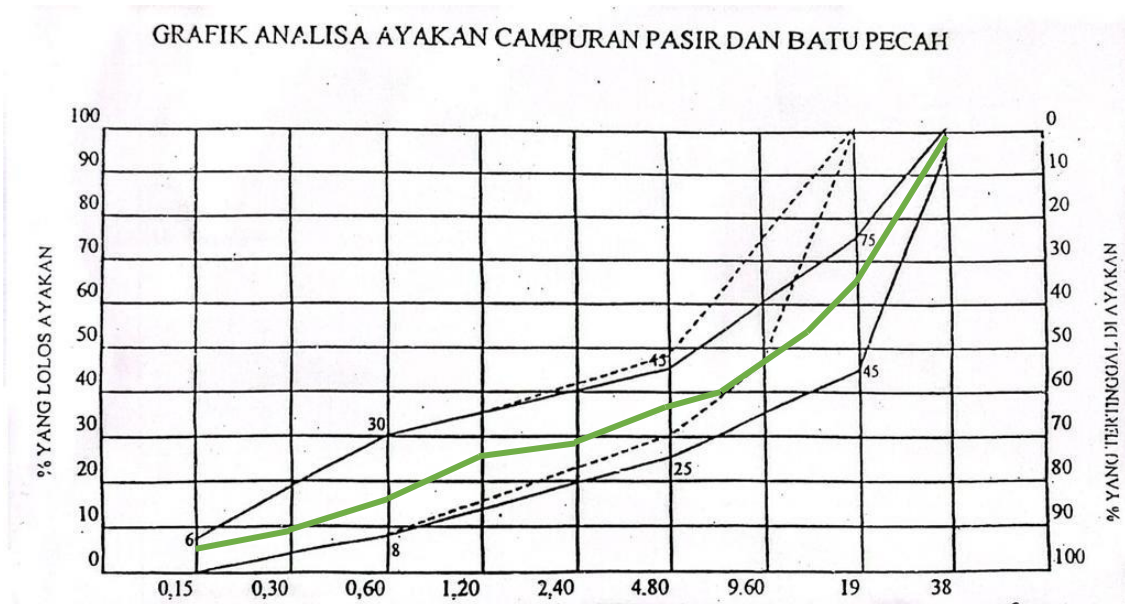
1. Menentukan faktor air semen bebas

Nilai FAS ditentukan sebesar 0,5 hal ini dikarenakan akan direncanakan pembuatan mix design untuk mutu beton normal. FAS beton normal 0,4 – 0,6.

2. Faktor air semen maksimum yaitu 0,60 diperoleh dari Tabel 3.5.
3. Menentukan nilai slump 60-180 mm
4. Ukuran agregat maksimum dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Gambar 3.26

Tabel 3.3 Analisa Ayakan Campuran

Lubang Ayakan	Pasir	Batu Pecah	Campuran Pasir + Batu Pecah		Gradasi Gabungan
	I	I	PS I	BP I	
(mm)	Σ %	Σ %	%	%	%
			42	58	
50,8	100	100	42	58	100
38,1	100	97,89	42	56,7762	98,7762
19,05	100	68,31	42	39,6198	81,6198
9,6	100	33,34	42	19,3372	61,3372
4,76	96,4	2,78	40,488	1,6124	42,1004
2,38	91,7	0	38,514	0	38,514
1,19	77,3	0	32,466	0	32,466
0,59	56,7	0	23,814	0	23,814
0,297	31,1	0	13,062	0	13,062
0,15	9,8	0	4,116	0	4,116
0	0	0	0	0	0
Jumlah					495,8056



Gambar 3.26 Grafik Gradasi Ayakan Campuran

Dari hasil pengujian material analisa gradasi campuran telah di dapat zona agregat diameter maksimum 40 mm.

- Menentukan nilai kadar air bebas yang dibutuhkan dari Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Perkiraan Kadar Air Bebas

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis Agregat				
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Dengan menggunakan rumus:

$$(2/3 \times W_f) + (1/3 \times W_c) = (2/3 \times 175) + (1/3 \times 205) = 185 \text{ kg/m}^3$$

6. Menentukan jumlah semen dengan rumus $5 : 1 = 185 : 0,5 = 370 \text{ kg/m}^3$
7. Jumlah semen maksimum ditetapkan.
8. Kadar semen minimum Tabel 3.5 mengacu pada PBI 1971

Tabel 3.5 Jumlah Semen Minimum dan Nilai Faktor Air Semen Maksimum

Kondisi	Jumlah Semen Minimum per m ³ beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton didalam ruang bangunan: a. Keadaan keliling non korosif b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275	0,60
	325	0,52
Beton diluar ruang bangunan: a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
	275	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah: a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	325	0,55
	375	0,52
Beton yang kontinu berhubungan dengan air:		

a. Air tawar	275	0,57
b. Air laut	375	0,52

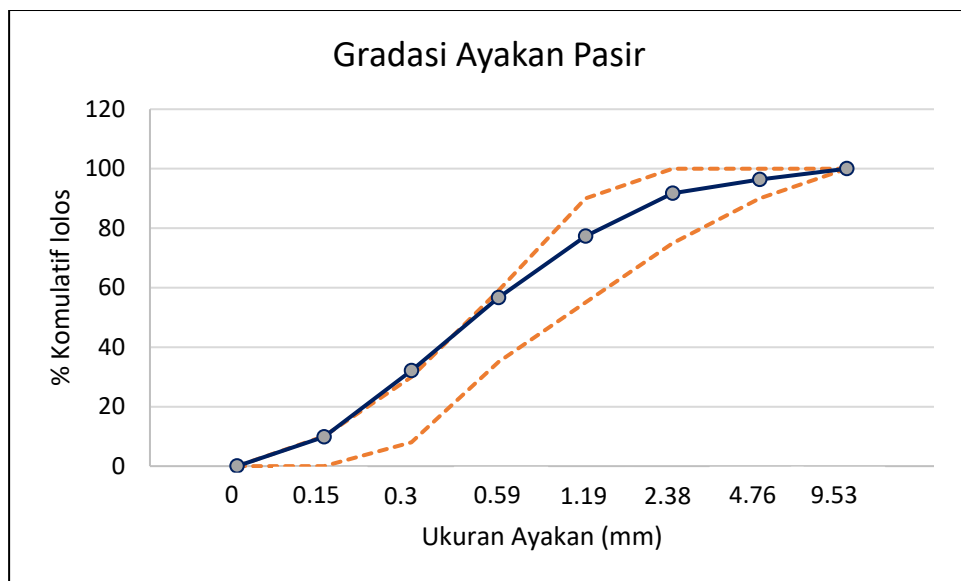
(Sumber: PBI 71)

9. Faktor air semen yang disesuaikan Tabel 3.5.

10. Susunan butir agregat halus masuk gradasi butir zona 2.

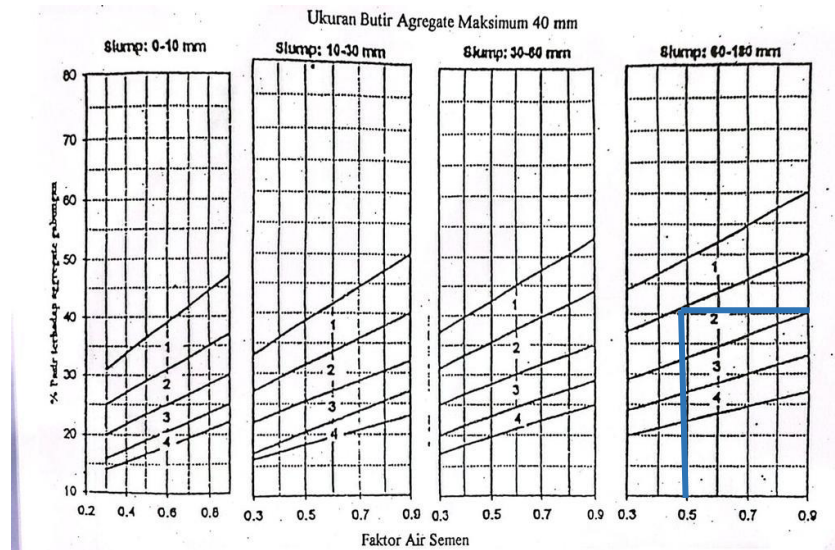
Tabel 3.6 Analisa Gradasi Pasir

Saringan mm	Tertinggal di Saringan		% Kumulatif	
	Gram	%	Tertinggal	Lolos
4,76	36	3,6	12,30	96,4
2,38	47	4,7	19,10	91,7
1,19	144	14,4	31,20	77,3
0,59	206	20,6	47,90	56,7
0,29	246	24,6	64,40	31,1
0,15	223	22,3	85,10	9,8
Pan	98	9,8	100	0
Jumlah	1000	100	336	364
		Fm =	3,36	



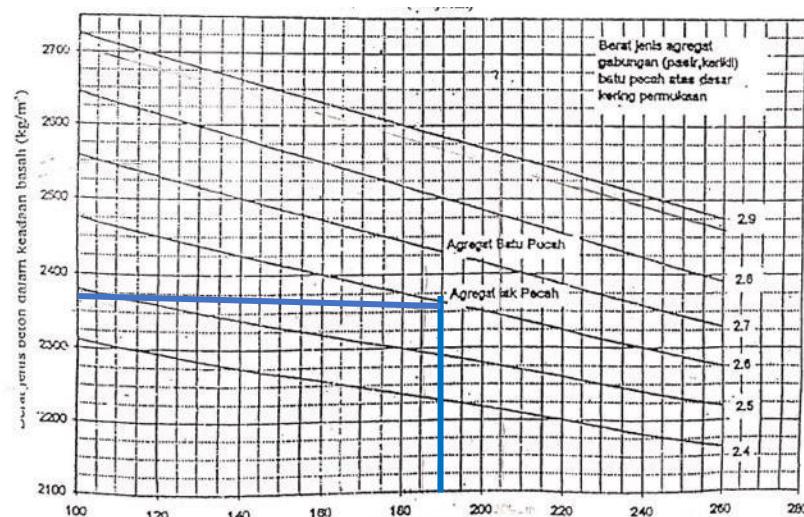
Gambar 3.27 Gradasi Ayakan Pasir

11. Persen lebih halus dari 4,8 mm didapat dari Gambar 3.28 diperoleh 42%



Gambar 3.28 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm

12. Menghitung berat jenis relatif agregat dengan cara prosentase agregat halus dikalikan dengan berat jenis agregat halus, ditambah dengan hasil perkalian prosentase agregat kasar dengan berat jenisnya seperti perhitungan berikut ($\% \text{ pasir} \times \text{berat jenis pasir}$) + ($\% \text{ batu pecah} \times \text{berat jenis batu pecah}$)
- $$(42\% \times 2,63) + (58\% \times 2,7) = 2,670 \text{ kg/m}^3$$
13. Berat jenis beton didapat dari Gambar 3.7 diperoleh 2395 kg/m^3



Gambar 3.29 Berat Jenis Beton

14. Kadar agregat gabungan diperoleh dari berat jenis beton – jumlah semen - jumlah kadar air bebas = $2395 - 370 - 185 = 1840 \text{ kg/m}^3$

15. Memperoleh kadar agregat halus dengan rumus kadar agregat gabungan x presentase agregat lebih halus 4,8 mm = $1840 \times 42\% = 772,8 \text{ kg/m}^3$
16. Memperoleh kadar agregat kasar dengan rumus kadar agregat gabungan – kadar agregat halus = $1840 - 772,8 = 1067,2 \text{ kg/m}^3$

Tabel 3.7 Kebutuhan Material Campuran 1m^3

Material	Total Kebutuhan/ m^3
Kebutuhan Semen	370 kg/m^3
Kebutuhan Pasir	$772,8 \text{ kg.m}^3$
Kebutuhan Batu Pecah	$1067,2 \text{ kg/m}^3$
Kebutuhan Air	185 kg/l

Karena analisa *mix design* material dalam kondisi SSD, maka perlu koreksi untuk kebutuhan material sesuai kondisi asli di lapangan (per- m^3). Diperlukan data kadar air pasir dan resapan pasir, kadar air batu pecah dan resapan batu pecah. Dari hasil uji material diperoleh :

- Kadar air pasir: 3,1%
- Resapan pasir: 2,04%
- Kadar air batu pecah: 1,01%
- Resapan batu pecah: 1,32%

Berikut adalah perhitungan koreksi campuran beton per m^3

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= (\text{kadar air pasir} - \text{resapan pasir}) \times \text{berat pasir}/100 \\ &= (3,1 - 2,04) \times 772,8/100 \\ &= 8,191 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Batu Pecah} &= (\text{kadar air batu pecah} - \text{resapan batu pecah}) \times \text{berat batu pecah}/100 \\ &= (1,01 - 1,32) \times 1067,2/100 \\ &= -3,31 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan campuran beton per m^3 untuk memperoleh komposisi campuran beton dalam kondisi asli:

$$\begin{aligned} \text{- Semen} &= 370 \text{ kg/m}^3 \\ \text{- Pasir} &= \text{berat pasir} + \text{koreksi pasir} \\ &= 772,8 + 8,191 \end{aligned}$$

- = 780.991 kg/m³
- Batu pecah = berat batu pecah + koreksi batu pecah
 = 1067,2 + (-3,31)
 = 1063,89 kg/m³
 - Air = berat air + (kadar air pasir – resapan pasir) x berat pasir/100 +
 (kadar air batu pecah – resapan batu pecah) x berat batu pecah/100
 = 185 + (3,1% - 2,04%) x 780,991/100 + (1,01% - 1,31%) x 1063,89/100
 = 185,34 liter

Dari hasil perhitungan diperoleh kebutuhan material dalam kondisi asli untuk digunakan pada saat pembuatan campuran beton.

Tabel 3.8 Kebutuhan Material Kondisi Asli Untuk Campuran Beton 1m³

Material	Total Kebutuhan/m ³
Kebutuhan Semen	370 kg/m ³
Kebutuhan Pasir	780,991 kg/m ³
Kebutuhan Batu Pecah	1063,89 kg/m ³
Kebutuhan Air	185,34 kg/liter

Kebutuhan volume campuran beton setiap variasi

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 1 silinder} &= \pi \times r^2 \times t \\
 &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\
 &= 5298,75 \text{ cm}^3 = 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dibutuhkan 60 benda uji silinder ukuran 15 cm x 30 cm. Setiap satu kali pengadukan digunakan untuk 12 benda uji, maka komposisi kebutuhan material dihitung sebagai berikut:

- Kebutuhan volume tiap adukan = 0,0053 x 12 benda uji = 0,064 m³

Kebutuhan masing-masing material untuk tiap adukan = 0,064 m³ :

- Semen = (kebutuhan semen kondisi asli x 0,064) = 370 x 0,064 = 23,68 kg/m³
- Pasir = (kebutuhan pasir kondisi asli x 0,064) = 780,991 x 0,064 = 50,00 kg/m³
- Batu Pecah = (kebutuhan batu pecah kondisi asli x 0,064) = 1063,89 x 0,064 = 68,10 kg/m³
- Air = (kebutuhan air kondisi asli x 0,064) = 185,34 x 0,064 = 11,86 lt/m³

Ditentukan kebutuhan abu sekam padi dan cangkang kerang sebagai campuran semen, yaitu:

1. Abu sekam padi 0% dan cangkang kerang 0 % = 23,68 kg/m³

2. Abu sekam padi 4% dan cangkang kerang 8% :

Abu sekam padi 4% = 23,68 x 4% = 0,94 kg/m³

Cangkang kerang 8% = 23,68 x 8% = 1,89 kg/m³

Semen = 23,68 - (0,94 + 1,89) = 20,85 kg/m³

3. Abu sekam padi 4% dan cangkang kerang 10% :

Abu sekam padi 4% = 23,68 x 4% = 0,94 kg/m³

Cangkang kerang 10% = 23,68 x 10% = 2,36 kg/m³

Semen = 23,68 - (0,94 + 2,36) = 20,38 kg/m³

4. Abu sekam padi 6% dan cangkang kerang 8% :

Abu sekam padi = 23,68 x 6% = 1,42 kg/m³

Cangkang kerang = 23,68 x 8% = 1,89 kg/m³

Semen = 23,68 - (1,42 + 1,89) = 20,37 kg/m³

5. Abu sekam padi 6% dan cangkang kerang 10% :

Abu sekam padi = 23,68 x 6% = 1,42 kg/m³

Cangkang kerang = 23,68 x 10% = 2,36 kg/m³

Semen = 23,68 - (1,42 + 2,36) = 19,9 kg/m³

Untuk kebutuhan 1 kali pengadukan campuran (12 benda uji silinder) dibutuhkan material semen, abu sekam padi, cangkang kerang sebanyak yang tertera pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Kebutuhan Material Untuk Satu Kali Pengadukan (12 benda uji)

% AS	% CK	Semen (kg)	Abu Sekam Padi (kg)	Cangkang Kerang (kg)	Pasir (kg)	Batu Pecah (kg)	Air (kg/ltr)
0%	0%	23,68	-	-	50,00	68,10	11,86
4%	8%	20,85	1,18	1,89	50,00	68,10	11,86
4%	10%	20,38	1,18	2,36	50,00	68,10	11,86
6%	8%	20,37	1,42	1,89	50,00	68,10	11,86
6%	10%	19,9	1,42	2,36	50,00	68,10	11,86

3.11 Pembuatan Benda Uji Beton

Cetakan benda uji yang akan dipakai berbentuk silinder dengan diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Jumlah benda uji tiap variasi adalah 3 buah benda uji. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan beton pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari serta uji kuat tarik belah pada umur 28 hari. Komposisi dengan campuran abu sekam padi 0% dan cangkang kerang dara 0% adalah beton normal yang berfungsi sebagai benda uji kontrol. Adapun Langkah-langkah pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Pencampuran atau *mixing*.
2. Campuran beton dicetak pada benda uji silinder diameter 15 cm x 30 cm.
3. Penuangan campuran ke dalam benda uji dengan 3 tahapan yaitu:
 - Menuangkan 1/3 bagian terdahulu kemudian dirojok 25 kali
 - Setelah itu 2/3 bagian kemudian dirojok sebanyak 25 kali
 - Penuangan terakhir kemudian dirojok 25 kali, lalu diratakan.
4. Setelah proses penuangan beton selesai, beton ditunggu mengering selama 24 jam, setelah itu beton dikeluarkan dari benda uji kemudian masuk di tahapan perawatan atau *curing* beton. Nama benda uji diuraikan pada Tabel 3.10. Jumlah benda uji kebutuhan masing-masing pengujian diuraikan pada Tabel 3.11.

Tabel 3.10 Kode Benda Uji

Nama Benda Uji	Variasi Campuran
AS0CK0	Abu Sekam Padi 0%, Cangkang Kerang 0%
AS4CK8	Abu Sekam Padi 4%, Cangkang Kerang 8%
AS4CK10	Abu Sekam Padi 4%, Cangkang Kerang 10%
AS6CK8	Abu Sekam Padi 6%, Cangkang Kerang 8%
AS6CK10	Abu Sekam Padi 6%, Cangkang Kerang 10%

Tabel 3.11 Jumlah Benda Uji Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

Benda Uji	Abu Sekam Padi (%)	Cangkang Kerang (%)	Jumlah Benda Uji Kuat Tekan (buah)			Jumlah Benda Uji Kuat Tarik Belah (buah)
			Usia 7 hari	Usia 14 hari	Usia 28 hari	Usia 28 hari
AS0CK0	0%	0%	3	3	3	3
AS4CK8	4%	8%	3	3	3	3
AS4CK10	4%	10%	3	3	3	3
AS6CK8	6%	8%	3	3	3	3
AS6CK10	6%	10%	3	3	3	3

	15	15	15	15
Total benda uji = 60				

Jadi, total benda uji beton pada penelitian ini adalah 60 beton.

3.12 *Slump Test*

Slump Test merupakan pengujian kekentalan beton segar untuk mendapatkan nilai slump beton yang baik dan mencapai kekuatan mutu yang diinginkan. Mengacu pada SNI 03-1972-1990.

Bahan yang dibutuhkan yaitu beton segar yang diambil acak untuk mewakili keseluruhan beton.

Alat yang diperlukan sebagai berikut:

1. Cetakan dari logam
2. Kerucut Abrams
3. Cetok
4. Mistar pengukur
5. Alat perojok berupa besi
6. Pelat logam dengan permukaan kedap air, rata dan kokoh.

Prosedur *slump test* sebagai berikut:

1. Basahi cetakan dan plat.
2. Siapkan kerucut abrams diatas plat.
3. Masukkan beton segar kedalam kerucut abrams 1/3 bagian kemudian dirojok 25 kali. Lapisan ini dirojok pada bagian tepi dengan besi dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan. Kemudian isi cetakan 1/3 bagian lagi kemudian dirojok sebanyak 25 kali, dan isi 1/3 bagian terakhir lalu dirojok sebanyak 25 kali.
4. Setelah proses rojokan, ratakan permukaan cetakan dan bersihkan semua sisa benda uji di sekitar cetakan. Kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas. Pengujian ini harus selesai dalam jangka waktu 2,5 menit dari mulai pengisian cetakan sampai cetakan diangkat.
5. Balik kerucut Abrams dan letakkan perlahan-lahan disamping benda uji, lalu ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji. Rencana uji slump yaitu 60-180 mm.

3.13 Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Perawatan beton bermanfaat untuk menguatkan ikatan semen dan agregat, mengurangi retak pada beton agar menghasilkan beton dengan mutu sesuai rencana. Beton segar yang sudah dicetak dalam benda uji berbentuk silinder didiamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam dilepaskan dari cetakan kemudian benda uji tersebut dimasukkan ke dalam bak yang berisi air sampai umur pengujian beton. Benda uji harus melewati perawatan untuk menjaga beton tetap dalam kondisi baik selama proses pematangan sesuai umur yang diinginkan.

3.14 Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan pada beton. Prosedur pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 03-1974-1990. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

Alat: *Compression Testing Machine*.

Bahan: Benda uji beton umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Langkah-langkah pengujian:

1. Timbang benda uji yang telah kering dari bak rendaman.
2. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris dengan posisi seperti Gambar 2.1.
3. Jalankan mesin tekan dan lakukan pembebanan sampai uji menjadi hancur lalu matikan mesin dan catat beban maksimum yang terjadi.
4. Ulangi Langkah 1 sampai 3 hingga seluruh benda uji yang akan diuji.

3.15 Uji Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai hasil kuat tarik belah beton. Prosedur pengujian ini mengacu pada SNI 03-2491-2002. Adapun tahapan pengujian sebagai berikut:

Alat: *Compression Testing Machine*.

Bahan: Benda uji beton umur 28 hari.

Langkah-langkah pengujian:

1. Timbang benda uji yang telah kering dari bak rendaman.
2. Timbang benda uji yang akan diuji kuat tarik belah.

3. Letakkan benda uji pada alat uji dalam posisi tidak sentris dengan posisi seperti Gambar 2.2.
4. Jalankan mesin dan pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur , lalu catat beban maksimum yang terjadi.
5. Ulangi langkah 1 sampai 4 hingga seluruh benda uji yang akan diuji.