

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dengan berat semen di dalam campuran beton. Nilai fas umumnya berkisar 0,4 sampai 0,6. Semakin tinggi nilai fas menunjukkan adukan beton semakin encer dan nilai kuat tekan semakin menurun.

2. Umur Beton

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton itu. Kecepatan bertambahnya kuat tekan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain : fas dan suhu perawatan. Semakin tinggi nilai fas semakin lambat kenaikan kekuatannya, dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan tekan betonnya.

Menurut Tjokrodinuljo (2007) pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, disebutkan perbandingan kekuatan tekan (desak) beton pada berbagai umur beton seperti disajikan pada tabel 2.9 dibawah ini.

Tabel 2. 10 Perbandingan Kekuatan Beton Berbagai Umur

Umur Beton (Hari)	3	7	14	21	28	90	385
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	1,120

(Sumber: PBI, 1971)

3. Jenis Semen

Semen Portland untuk campuran beton terdiri dari beberapa tipe, misalnya cepat mengeras dan sebagainya sehingga mempengaruhi terhadap kuat tekan betonnya.

4. Jumlah Semen

Pasta semen berfungsi untuk merekatkan butiran agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butiran agregat terisi penuh dengan pasta semen dan seluruh permukaan agregat terselimuti pasta semen.

5. Sifat Agregat

Sifat agregat yang mempengaruhi kuat tekan beton diantaranya kekasaran permukaan, bentuk agregat, dan kuat tekan agregat.

2.9.2 Pengujian Kuat Tekan

Metode ini bertujuan untuk menentukan kuat tekan beton dengan benda uji berbentuk silinder yang dibuat dan dirawat di laboratorium maupun di lapangan. Pengujian kuat tekan berdasarkan SNI 1974:2011 sebagai berikut.

Peralatan yang digunakan antara lain:

1. *Compression Testing Machine* (CTM).
2. Timbangan.

Langkah-langkah pengujiannya sebagai berikut.

1. Ambil benda uji dari bak perendam lalu bersihkan dengan kain lembab.
2. Benda uji diukur dan ditimbang.
3. Letakkan benda uji pada mesin kuat tekan secara sentris, setelah itu mesin uji dinyalakan.
4. Lakukan pembebanan hingga benda uji hancur, catat beban maksimum yang diterima benda uji selama pembebanan, tipe kehancuran, dan kondisi visual benda uji.
5. Kemudian hitung:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (2. 26)$$

Keterangan:

- $f'c$ = tegangan tekan beton (MPa).
 P = besar beban tekan (N).
 A = luas penampang beton, (mm²).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode yang eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini adalah membuat beton dengan bentuk silinder. Namun pada pembuatan beton ini dengan menggunakan silinder (tabung) diameter 15x30 cm sebagai timbangan kuat tekan beton 25 MPa (K-250) dengan abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah semen yang ada di Laboratorium sebagai timbangan perbandingan berat. Beton yang digunakan adalah beton K-250 dan waktu pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton berumur 7, 14, dan 28 hari.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini akan dilaksanakan secara eksperimental di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Siliwangi yang berlokasi di Mugarsari, Kec. Tamansari, Kab. Tasikmalaya, Jawa Barat 46196.



Gambar 3. 1 Lokasi Laboratorium Penelitian

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Adapun data-data yang diperlukan untuk melengkapi kebutuhan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder.

3.3.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil pengujian eksperimen dan pengamatan di laboratorium. Data primer yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data hasil pengujian bahan penyusun beton yang meliputi, analisis saringan, berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar air, kadar lumpur, dan keausan agregat, serta data hasil pengujian kuat tekan beton.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari acuan dan literatur yang berhubungan dengan materi, jurnal atau karya tulis ilmiah, buku-buku tentang teknologi beton dan berhubungan dengan penelitian, serta peraturan-peraturan yang berlaku seperti SNI (Standar Nasional Indonesia), ACI (*American Concrete Institute*), ASTM (*American Society for Testing and Material*) dan BS (*British Standard*). Data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah nilai standar deviasi, nilai *fas*, dan nilai *slump* untuk kemudian digunakan pada proses perencanaan campuran beton.

3.4 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa alat-alat yang tersedia di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Siliwangi dan juga menggunakan bahan-bahan yang sudah dipersiapkan sebelumnya agar terlaksananya proses pembuatan beton yang baik. Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

3.4.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Saringan

Saringan berfungsi untuk menyaring sampel untuk mengetahui kehalusan semen portland, modulus halus dan gradasi perbutir pada agregat.



Gambar 3. 2 Saringan

2. Timbangan

Timbangan berfungsi untuk menimbang berat sampel agar sesuai dengan yang dibutuhkan.



Gambar 3. 3 Timbangan

3. Sekop

Sekop berfungsi untuk memindahkan bahan-bahan dan mengaduk campuran beton.



Gambar 3. 4 Sekop

4. *Concrete Mixer*

Berfungsi untuk mengaduk semua bahan supaya tercampur merata.



Gambar 3. 5 Concreate Mixer

5. Sendok Spesi

Berfungsi untuk mencampur atau memasukkan adonan beton ke dalam cetakan.



Gambar 3. 6 Sendok Spesi

6. Cetakan

Cetakan yang digunakan pada penelitian ini berbentuk silinder.



Gambar 3. 7 Cetakan

7. Bak Air

Berfungsi untuk merendam benda uji yang sudah dilepas dari cetakan.



Gambar 3. 8 Bak Air

8. *Compress Test Machine (CTM)*

Sebagai alat untuk menguji kuat tekan beton.



Gambar 3. 9 *Compress Test Machine (CTM)*

3.4.2 Bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Semen

Semen berfungsi sebagai pengikat pada campuran beton. Pada penelitian ini semen yang digunakan yaitu semen portland tipe I.



Gambar 3. 10 Semen

2. Agregat kasar

Agregat kasar atau batu pecah yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat kasar dengan ukuran maksimum 20 mm.



Gambar 3. 11 Agregat Kasar

3. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir cor dan sebelum melakukan pembuatan beton, dilakukan penyaringan untuk menentukan zona pasir.



Gambar 3. 12 Agregat Halus

4. Air

Air yang digunakan yaitu air yang berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Siliwangi.



Gambar 3. 13 Air

5. Abu tempurung kelapa

Abu tempurung kelapa yang digunakan adalah sebagai bahan material tambahan, persentase abu tempurung kelapa: 4%, 8%, 12%, 16% dari total berat semen yang digunakan dan benda uji masing-masing variasi sebanyak 3 (tiga) buah. Dapat dilihat pada Gambar 2.1

3.5 Rancangan Penelitian

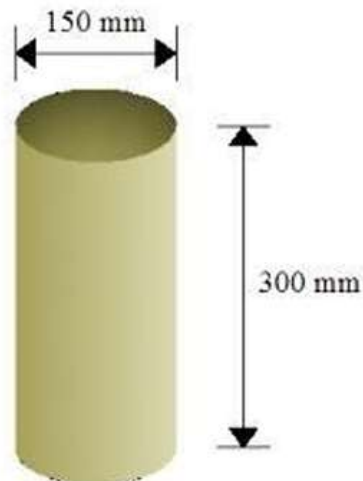
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini adalah membuat benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan kuat tekan beton rencana (f'_c) sebesar 25 MPa untuk tipe konstruksi pelat dan perkerasan jalan tanpa

tambahan udara. Desain campuran beton yang digunakan adalah metode SNI 7656:2012. Pada penelitian ini komposisi pembuatan betonnya menggunakan campuran abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah campuran beton dengan persentase 4%, 8%, 12%, 16% dari berat semen. Jumlah benda uji yang direncanakan sebanyak 45 buah untuk pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari seperti pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Jumlah Perencanaan Benda Uji

No	Jenis Beton	Umur Beton			Jumlah
		7 hari	14 hari	28 hari	
1.	Beton tanpa tambahan abu tempurung kelapa 0 %	3	3	3	9
2.	Beton dengan tambahan abu tempurung kelapa 4 %	3	3	3	9
3.	Beton dengan tambahan abu tempurung kelapa 8 %	3	3	3	9
4.	Beton dengan tambahan abu tempurung kelapa 12 %	3	3	3	9
5.	Beton dengan tambahan abu tempurung kelapa 16 %	3	3	3	9
Jumlah Benda Uji					45

(Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 1974)



Gambar 3. 14 Benda Uji Silinder

3.6 Analisis Data

3.6.1 Analisis Pengujian Bahan

Analisis pengujian bahan dilakukan untuk mengetahui apakah agregat kasar dan halus yang digunakan sudah memenuhi spesifikasi untuk pembuatan benda uji. Semen yang digunakan tidak diuji, karena semen tersebut telah dianggap memenuhi spesifikasi sesuai ketentuan, sedangkan untuk abu tempurung kelapa pemeriksaan hanya dilakukan terhadap berat volume. Pemeriksaan atau pengujian agregat yang dilakukan dalam penelitian ini berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia).

Tabel 3. 2 Metode Pengujian Bahan

Pengujian	Metode Pengujian
Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990
Berat Jenis dan Penyerapan Air	SNI 1970:2008
Berat Volume dan Rongga Udara	SNI 03-4804-1998
Kadar Air	SNI 03-1971-1990
Kadar Lumpur	SNI 03-4142-2007
Keausan Agregat	SNI 241: 2008

(Sumber: Standar Nasional Indonesia)

3.6.2 Analisis Desain Campuran Beton

Analisis desain campuran beton dilakukan untuk memperoleh proporsi bahan-bahan penyusun beton. Hal ini dilakukan agar proporsi campuran dapat memenuhi syarat teknis dan ekonomis. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode SNI 7656:2012.

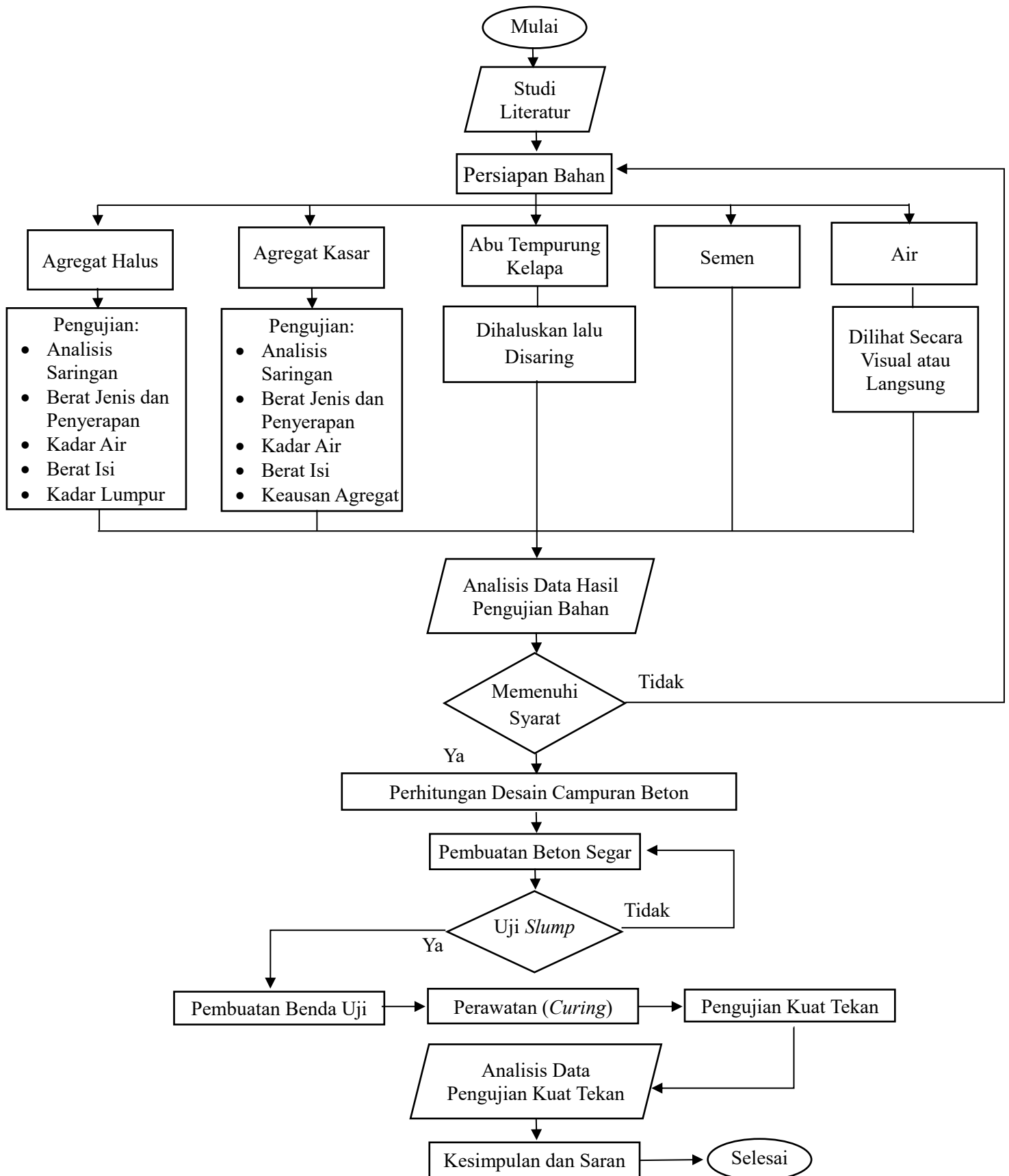
3.6.3 Analisis Pengujian Kuat Tekan

Analisis pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengidentifikasi mutu sebuah beton. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan alat *Compression Testing Machine* (CTM) berkapasitas 1000 KN dengan laju penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm² per detik.

3.7 Alur Penelitian

Alur penelitian adalah pekerjaan beton meliputi semua tahapan yang dimulai dari pengujian bahan – bahan penyusun beton, perancangan komposisi campuran beton, pembuatan adukan beton, pengambilan contoh dan pengujian beton segar (*slump test*), pembuatan benda uji, perawatan dan pengujian beton keras.

Langkah – langkah dalam penelitian ini dijelaskan pada alur penelitian dibawah:



Gambar 3. 15 Alur Penelitian

3.8 Perhitungan Campuran Bahan-Bahan Penyusut Beton 1 m³

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Silinder} &= \pi \times r^2 \times t \\
 &= 3,14 \times 0,005625 \times 0,3 \\
 &= 0,00530 \text{ m}^3 \\
 \text{Safety Factor} &= 1,2 \times 0,00530 \\
 120\% & \\
 &= 0,00636 \text{ m}^3 \\
 \text{Air} &= 0,00636 \times 205,000 \\
 &= 1,303 \text{ kg} \\
 \text{Semen} &= 0,00636 \times 352,234 \\
 &= 2,240 \text{ kg} \\
 \text{Agregat Kasar} &= 0,00636 \times 883,745 \\
 &= 5,619 \text{ kg} \\
 \text{Agregat Halus} &= 0,00636 \times 904,021 \\
 &= 5,748 \text{ kg} \\
 \text{Abu Tempurung} &= 4\% \times 2,240 = 0,089 \text{ kg} \\
 \text{Kelapa} &= 8\% \times 2,240 = 0,179 \text{ kg} \\
 &= 12\% \times 2,240 = 0,268 \text{ kg} \\
 &= 16\% \times 2,240 = 0,358 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 3. 3 Perhitungan Beton Normal, 0%, 4%, 8%, 12%, dan 16%

No	Uraian	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan yang direncanakan	Ditetapkan	25	MPa
2	Nilai standar deviasi	-	-	
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 3.8	7	MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	Langkah 1 + 3	32	MPa
5	Nilai <i>slump</i>	Tabel 3.9	50 - 125	mm
6	Ukuran maksimum agregat kasar	Hasil pengujian	20	mm

No	Uraian	Keterangan	Nilai	Satuan
7	Jumlah air dalam beton	Tabel 3.10	205	kg/m ³
8	Kadar udara dalam beton	Tabel 3.10	2	%
9	Faktor air semen (fas)	Tabel 3.11	0,512	
10	Berat semen	Langkah 7 : 9	400,391	kg/m ³
11	Modulus halus butir	Hasil pengujian	2,71	
12	Berat isi agregat kasar	Hasil pengujian	1405	kg/m ³
13	Volume agregat kasar SSD tiap 1 m ³	Tabel 3.12	0,344	
14	Jumlah agregat kasar	Langkah 12 x 13	883,745	kg/m ³
15	Menghitung jumlah agregat halus			
15.1	*atas dasar berat			
	Berat beton segar	Tabel 3.13	2345	kg/m ³
	Kadar agregat halus	Hasil perhitungan	904,021	kg/m ³
15.2	*atas dasar volume absolut			
	Volume air	Hasil perhitungan	0,205	m ³
	Volume semen	Hasil perhitungan	0,112	m ³
	Volume agregat kasar	Hasil perhitungan	0,344	m ³
	Volume udara	Hasil perhitungan	0,020	m ³
	Volume agregat halus	Hasil perhitungan	0,319	m ³
	Kadar agregat halus	Hasil perhitungan	830,206	kg/m ³
Proporsi campuran untuk 1 m ³ beton rencana 25 MPa				
16	Air	Langkah 7	205,000	kg/m ³
17	Semen	Langkah 10	352,234	kg/m ³
18	Agregat kasar	Langkah 14	883,745	kg/m ³
19	Agregat halus	Langkah 15.1	904,021	kg/m ³
Pekerjaan di laboratorium				
20	Volume 1 silinder	Hasil perhitungan	0,00530	m ³
21	Volume 3 silinder	3 x Langkah 20	0,01590	m ³

No	Uraian	Keterangan	Nilai	Satuan
22	Safety factor 120 %	120 % x Langkah 21	0,01908	m ³
Kebutuhan 1 adukan mixer (3 silinder)				
23	Air	Langkah 22 x 16	3,910	kg
24	Semen	Langkah 22 x 17	6,719	kg
25	Agregat kasar	Langkah 22 x 18	16,858	kg
26	Agregat halus	Langkah 22 x 19	17,245	kg
Kebutuhan Abu Tempurung Kelapa (3 silinder)				
27	4% Abu Tempurung Kelapa	4% x Langkah 24	0,269	kg
28	8% Abu Tempurung Kelapa	8% x Langkah 24	0,806	kg
29	12% Abu Tempurung Kelapa	12% x Langkah 24	0,806	kg
30	16% Abu Tempurung Kelapa	16% x Langkah 24	1,075	kg
Kebutuhan 1 adukan mixer (1 silinder)				
31	Air	Langkah 22 x 16	1,303	kg
32	Semen	Langkah 22 x 17	2,240	kg
33	Agregat kasar	Langkah 22 x 18	5,619	kg
34	Agregat halus	Langkah 22 x 19	5,748	kg
Kebutuhan Abu Tempurung Kelapa (1 silinder)				
35	4% Abu Tempurung Kelapa	4% x Langkah 24	0,090	kg
36	8% Abu Tempurung Kelapa	8% x Langkah 24	0,180	kg
37	12% Abu Tempurung Kelapa	12% x Langkah 24	0,269	kg
38	16% Abu Tempurung Kelapa	16% x Langkah 24	0,359	kg

Tabel 3. 4 Mutu Beton SNI

Mutu Beton	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (Liter)	w/c Ratio
K 100	247	869	999	215	0.87
K 125	276	828	1012	215	0.78
K 150	299	799	1017	215	0.72
K 175	326	760	1029	215	0.66
K 200	352	731	1031	215	0.61
K 225	371	698	1047	215	0.58
K 250	384	692	1039	215	0.56
K 275	406	684	1026	215	0.53
K 300	413	681	1021	215	0.52
K 325	439	670	1006	215	0.49
K 350	448	667	1000	215	0.48

Sumber: (SNI 7656:2012)

3.9 Tahapan Pengujian Material

Pengujian material dilakukan untuk mendapatkan mix design. Pengujian material bertujuan mengetahui sifat atau karakteristik yang terdapat dalam material tersebut sesuai dengan peraturan. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian material penyusun beton :

3.9.1 Pemeriksaan Berat Volume Agregat

Menentukan berat isi agregat halus, agregat kasar, atau campuran yang didefinisikan sebagai kuat tekan beton K-250 dengan tambahan abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah semen.

Peralatan yang digunakan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % berat contoh.
2. Talam kapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat.
3. Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm, yang ujungnya bulat, terbuat dari baja tahan karat.

4. Mistar Perata.
5. Skop.
6. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk kubus.

Prosedur pelaksanaan, Agregat dimasukkan ke dalam talam sekurang-kurangnya kapasitas wadah, kemudian dikeringkan dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat menjadi tetap untuk digunakan sebagai benda uji.

Berat isi padat agregat dengan cara penusukan :

1. Berat wadah ditimbang dan dicatat, (W_1).
2. Wadah diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.
3. Permukaan benda uji diratakan dengan menggunakan mistar perata,
4. Benda uji ditimbang dan dicatat, (W_2).
5. Berat benda uji ditimbang, ($W_3 = W_2 - W_1$).

3.9.2 Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Menentukan pembagian butir (*gradasi*) agregat. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton. Pelaksanaan penentuan gradasi ini dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar. Alat yang digunakan adalah seperangkat saringan dengan ukuran jarring-jaring tertentu.

Peralatan yang digunakan :

1. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.
2. Seperangkat saringan untuk analisis agregat halus.
3. Seperangkat saringan untuk analisis agregat kasar.
4. Oven, yang dilengkapi pengaturan suhu untuk pemanasan sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
5. Alat pemisah contoh (*sample splitter*).
6. Mesin pengetar saringan.
7. Talam-talam.

8. Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat lain-lainnya.

Prosedur pelaksanaan:

1. Benda uji dikeringkan didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
2. Contoh dicurahkan pada perangkat saringan. Susunan saringan dimulai dari saringan paling besar diatas. Perangkat saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

Perhitungan:

Persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji dihitung.

3.9.3 Pemeriksaan Kadar Lumpur dalam Agregat Halus

Menentukan persentase kadar lumpur dalam agregat halus. Kandungan lumpur $< 5\%$ merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

Peralatan yang digunakan:

1. Gelas ukur
2. Alat pengaduk

Bahan yang digunakan:

1. Contoh pasir secukupnya dalam kondisi lapangan dengan bahan pelarut air biasa.

Prosedur pelaksanaan:

1. Contoh benda uji dimasukkan ke dalam gelas ukur.
2. Air ditambahkan pada gelas ukur guna melarutkan lumpur.
3. Gelas dikocok untuk mencuci pasir dan lumpur.
4. Gelas disimpan pada tempat datar dan biarkan lumpur mengendap setelah 24 jam.

5. Tinggi pasir (V_1) dan tinggi lumpur (V_2) diukur.

3.9.4 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar

Menentukan kadar air agregat dengan cara pengeringan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Nilai kadar air ini digunakan untuk koreksi takaran air untuk adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat lapangan.

Peralatan yang digunakan:

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh.
2. Oven yang suhunya diatur sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
3. Talam logam tahan karat berkapasitas cukup besar sebagai tempat pengeringan.

Bahan yang digunakan:

1. Agregat Halus.
2. Agregat Kasar.

Prosedur Pelaksanaan:

1. Berat talam ditimbang dan dicatat, (W_1).
2. Benda uji dimasukkan kedalam talam, kemudian berat talam + benda uji ditimbang kemudian dicatat, (W_2).
3. Berat benda uji dihitung, ($W_3 = W_2 - W_1$).
4. Contoh benda uji dikeringkan bersama talam dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai bobot tetap.
5. Setelah kering, contoh ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W_4).

3.9.5 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian ini adalah untuk mendapatkan angka berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan air pada agregat halus.

Peralatan yang digunakan:

1. Timbangan, kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram.
2. Piknometer dengan kapasitas 500 ml.
3. Kerucut terpancung.
4. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm;
5. Saringan No. 4
6. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
7. Pengukuran suhu dengan ketelitian pembacaan 1°C .
8. Talam.
9. Bejana tempat air.
10. Pompa hampa udara atau tungku.

Prosedur Pelaksanaan:

1. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap. Berat tetap yang dimaksud adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1% dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
2. Buang air perendam dengan hati hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikan benda uji, lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
3. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
4. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan benda uji ke dalam piknometer air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil di guncang sampai tidak terlihat gelembung udara di

dalamnya untuk mempercepat proses ini dapat dipergunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.

5. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C .
6. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
7. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram.
8. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji.
9. Setelah benda uji dingin kemudian di timbang.
10. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air, gunakan penyesuaian dengan suhu standar 25°C .

3.9.6 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian ini untuk memperoleh angka berat jenis curah, berat jenis kering permukaan dan berat jenis semu serta besarnya angka penyerapan.

Peralatan yang digunakan:

1. Keranjang kawat ukuran (No. 6) atau (No. 8) dengan kapasitas 5 kg.
2. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.
3. Timbangan dengan kapasitas ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
4. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
5. Alat pemisah contoh.
6. Saringan No. 4.

Bahan yang digunakan:

1. Bahan untuk pengujian ini adalah agregat yang tertahan saringan No. 4, diperoleh dari alat pemisah contoh.

Prosedur Pelaksanaan:

1. Cuci benda untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
2. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
3. Dinginkan benda uji selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
4. Rendam benda uji dalam air selama 24 ± 4 jam.
5. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu.
6. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj).
7. Letakkan benda uji pada keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (Ba), dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C).

3.9.7 Metode Pengujian Kadar Air Agregat

Tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat.

Peralatan yang digunakan:

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1% berat contoh.
2. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
3. Talam logam tahan karat berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan benda uji.

Bahan yang digunakan:

Berat benda uji untuk pemeriksaan agregat minimum tergantung pada ukuran butir maksimum.

Prosedur Pelaksanaan:

1. Timbang dan catatlah berat talam (W_1).
2. Masukkan benda uji ke dalam talam, kemudian timbang dan catat beratnya (W_2).
3. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
4. Keringkan benda uji beserta dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap.
5. Setelah kering ditimbang dan catat berat benda uji beserta talam (W_4).

3.9.8 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara

Peralatan yang digunakan:

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram kapasitas 2 kg untuk contoh agregat halus, dan ketelitian 1 gram kapasitas 20 kg untuk contoh agregat kasar.
2. Batang penusuk terbuat dari baja berbentuk batang lurus, berdiameter 16 mm dan panjang 610 mm, dan ujungnya dibuat tumpul setengah bundar.
3. Alat penakar berbentuk silinder terbuat dari logam atau bahan kedap air dengan ujung dan dasar yang benar-benar rata.
4. Sekop atau sendok sesuai dengan kebutuhan.
5. Peralatan kalibrasi berupa plat gelas dengan tebal minimum 6 mm dan paling sedikit 25 mm lebih besar daripada diameter takaran dikalibrasi.

Prosedur Pelaksanaan:

1. Kondisi Padat
 - a. Cara Tusuk
 - 1) Isi penakar sepertiga dari volume penuh dan ratakan dengan batang perata.
 - 2) Tusuk lapisan agregat dengan 25 x tusukan batang penusuk.
 - 3) Isi lagi sampai volume menjadi dua per tiga penuh kemudian ratakan dan tusuk seperti diatas.
 - 4) Isi penakar sampai berlebih dan tusuk lagi.
 - 5) Ratakan permukaan agregat dengan batang perata.

- 6) Tentukan berat penakar dan isinya, serta berat penakar itu sendiri.
 - 7) Catat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg.
 - 8) Hitung berat isi agregat.
 - 9) Hitung kadar rongga udara.
- b. Cara Ketuk
- 1) Isi agregat dalam penakar dalam tiga tahap sesuai ketentuan.
 - 2) Padatkan untuk setiap lapisan dengan cara mengetuk-ngetukkan alas penakar secara bergantian di atas lantai yang rata sebanyak 50 kali.
 - 3) Ratakan permukaan agregat dengan batang perata sampai merata.
 - 4) Tentukan berat penakar dan isinya sama seperti langkah pada a (6).
 - 5) Hitung berat isi dan kadar rongga udara dalam agregat seperti langkah a (8) dan a (9).
2. Kondisi Gembur
- a. Isi penakar dengan agregat memakai sekop atau sendok secara berlebihan dan hindarkan terjadinya pemisahan dari butir agregat.
 - b. Ratakan permukaan dengan batang perata.
 - c. Tentukan berat penakar dan isinya, serta berat penakar itu sendiri.
 - d. Catat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg.
 - e. Hitung berat isi dan kadar rongga udara dalam agregat seperti langkah pada butir b (5).

3.9.9 Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angeles*

Pengujian ini adalah untuk mengetahui angka keausan tersebut, yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No. 12 (1,7 mm) terhadap berat semula, dalam persen.

Peralatan yang digunakan:

1. Mesin abrasi *Los Angeles* yaitu mesin yang terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 711 mm, panjang dalam 508 mm, silinder bertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan

berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukkan benda uji, penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 89 mm.

2. Saringan No. 12 (1,7 mm) dan saringan-saringan lainnya.
3. Timbangan, dengan ketelitian 5 gram.
4. Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm (1 7/8") dan berat masing-masing antara 400 gram sampai 440 gram.
5. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.

Berat dan gradasi benda uji sesuai daftar.

1. Bersihkan benda uji dan keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.

Prosedur Pelaksanaan:

1. Benda uji lolos saringan 19 mm sampai tertahan 9,5 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 500 putaran.
2. Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Abrasi *Los Angeles*.
3. Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm. Jumlah putaran gradasi 500 putaran.
4. Setelah pemutaran selesai, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No. 12 (1,7 mm), butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.

3.10 Perencanaan Campuran Beton

Campuran beton merupakan perpaduan dari komposit material penyusunnya. Karakteristik dan sifat bahan akan mempengaruhi hasil rancangan. Perancangan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perancangan beton (*mix design*).

3.11 Pembuatan Benda Uji

Pencampuran bahan-bahan penyusun beton dilakukan agar diperoleh suatu komposisi yang solid dari bahan-bahan penyusun berdasarkan rancangan campuran beton. Adapun tahapan dalam pelaksanaan di lapangan meliputi:

1. Persiapan

Sebelum pelaksanaan, hal-hal yang dilakukan adalah membersihkan semua peralatan untuk mengadukan dan pengangkutan beton, membersihkan cetakan benda uji dan melapisi cetakan tersebut dengan minyak untuk memudahkan pembukaan benda uji, menyiapkan bahan-bahan yang akan digunakan, menyiapkan alat tes *slump* dan menentukan target capaian penelitian.

2. Pengumpulan Bahan

Pengumpulan bahan berupa cetakan silinder diameter 15x30 cm, semen, air, pasir dan kerikil.

3. Pembuatan beton, yaitu pengecoran atau pencetakan beton.

- a. Benda-benda uji dibuat dengan cetakan yang sesuai dengan bentuk silinder atau tabung. Cetakan disapu sebelumnya dengan vaselin, atau lemak, atau minyak agar beton mudah dilepaskan dari cetakan.
- b. Adukan beton diambil langsung dari wadah adukan beton dengan menggunakan ember atau alat lainnya yang tidak menyerap air.
- c. Cetakan diisi dengan adukan beton sampai merata.
- d. Setelah cetakan terisi semua, kemudian dipadatkan dengan alat getar (*vibrator*) selama ± 5 detik dan biarkan beton dalam cetakan selama 24 jam.
- e. Setelah 24 jam, benda uji dikeluarkan dari cetakan kemudian direndam dalam bak perendam berisi air yang telah memenuhi persyaratan untuk perawatan (*curing*) selama waktu yang dikehendaki.
- f. Setelah 24 jam cetakan dibuka.

4. Pengujian Beton Segar (*Slump*)

Tujuan pengujian beton segar untuk menentukan ukuran derajat kemudahan pengecoran adukan beton segar dan untuk memperoleh angka

slump beton. Untuk melaksanakan pengujian *slump* beton diperlukan sebagai berikut:

- 1) Cetakan dari logam minimal 1,2 mm, berupa kerucut terpancung (*cone*) dengan diameter bagian bawah 203 mm, bagian atas 102 mm, dan tinggi 305 mm, bagian bawah dan atas cetakan terbuka.
- 2) Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 600 mm, ujung dibulatkan dibuat dari baja yang bersih dan bebas dari karat.
- 3) Pelat logam dengan permukaan kokoh, rata, dan kedap air.
- 4) Sendok cengkung menyerap air.
- 5) Mistar ukur.

Untuk melaksanakan pengujian *slump* beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Basahi cetakan dan pelat dengan kain basah.
- 2) Letakkan cetakan di atas pelat dengan kokoh.
- 3) Isi cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis tiap lapis berisi sekitar $\frac{1}{3}$ isi cetakan, setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25x tusukan secara merata. Tongkat pemadat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan, pada lapisan pertama penusukan bagian tepi dilakukan dengan tongkat dimiringkan sesuai kemiringan cetakan.
- 4) Setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh di sekitar cetakan harus dibersihkan, kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas, seluruh pengujian mulai dari pengisian sampai cetakan diangkat harus selesai dalam jangka waktu 2,5 menit.
- 5) Balikkan cetakan dan letakkan perlahan-lahan disamping, ukurlah *slump* yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.
- 6) Pengukuran *slump* harus segera dilakukan dengan cara mengukur tegak lurus antara tepi atas cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji,

untuk plat, balok, kolom, dan dinding mempunyai nilai maksimum sebesar 15 cm serta minimum 7,5 cm.

5. Pengujian beton yang telah kering dengan mesin press hidrolik.
Beton yang sudah berumur 7, 14, dan 28 hari dilakukan uji tekan dengan menggunakan mesin uji tekan.
6. Dokumentasi Penelitian.
Setiap langkah-langkah pengerjaan di dokumentasikan agar menjadi alat bukti penelitian.

3.12 Pengujian Kuat Tekan Beton

Menentukan kuat tekan beton yang berbentuk silinder yang dibuat dan dirawat (*cured*) di laboratorium.

Peralatan yang digunakan:

1. Timbangan digital.
2. *Compress Test Machine*.

Prosedur Pengujian;

1. Benda uji diambil sesuai dengan umur beton yang dibutuhkan, kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain lembab.
2. Benda uji ditimbang dengan menggunakan timbangan digital.
3. Benda uji diletakkan pada mesin uji tekan secara tegak lurus, setelah itu mesin uji dinyalakan.
4. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan catat beban maksimum hancur yang terjadi selama pengujian.
5. Langkah (1), (2), (3), dan (4) diulangi sesuai dengan jumlah benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekan karakteristiknya.