

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen baik dalam pengumpulan data karakterisasi material penyusun beton mutu tinggi. Pembuatan sampel dan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Majapahit. Pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu persiapan bahan, *mix design*, pembuatan benda uji, perawatan dan pengujian.

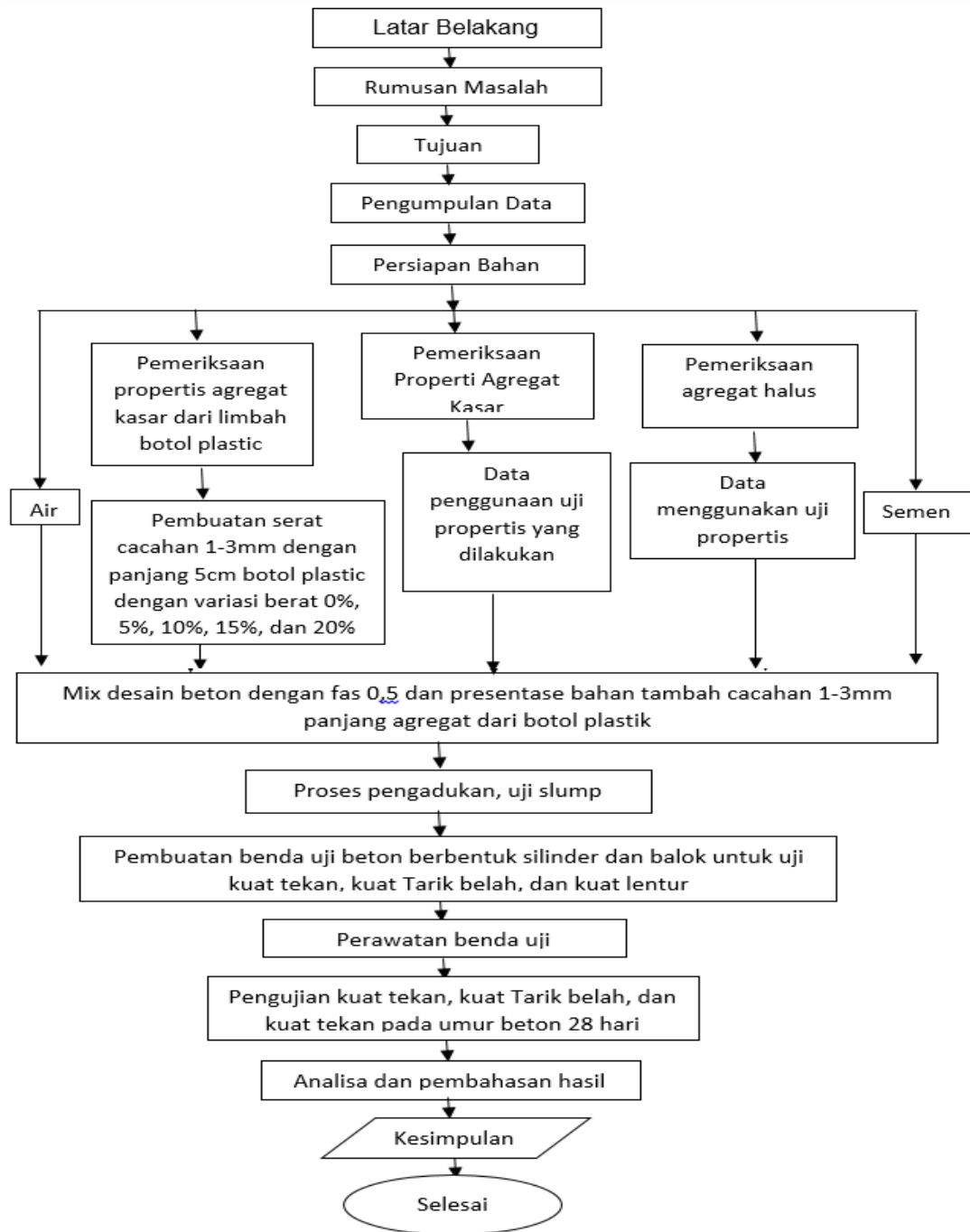
Metode yang digunakan dalam pembuatan beton dengan pemanfaatan limbah botol plastik sebagai bahan campuran pembuatan beton adalah metode experimental, sehingga diperlukannya suatu perencanaan pelaksanaan yang sistematis mulai dari awal sampai selesai agar diperoleh hasil yang optimal dan sesuai dengan tujuan pelaksanaan.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang memiliki karakteristik membandingkan. Penelitian kualitatif dimaksudkan untuk menekankan pada sisi kualitas pada entitas yang diteliti. penelitian kualitatif dilakukan apabila kurang atau tidak ada teori yang mendukung suatu penelitian, yang dilakukan adalah mencari tahu teori terlebih dulu melalui penelitian kualitatif, tidak didasarkan atas teori yang kuat.

3.2 Bagan Alir Penelitian

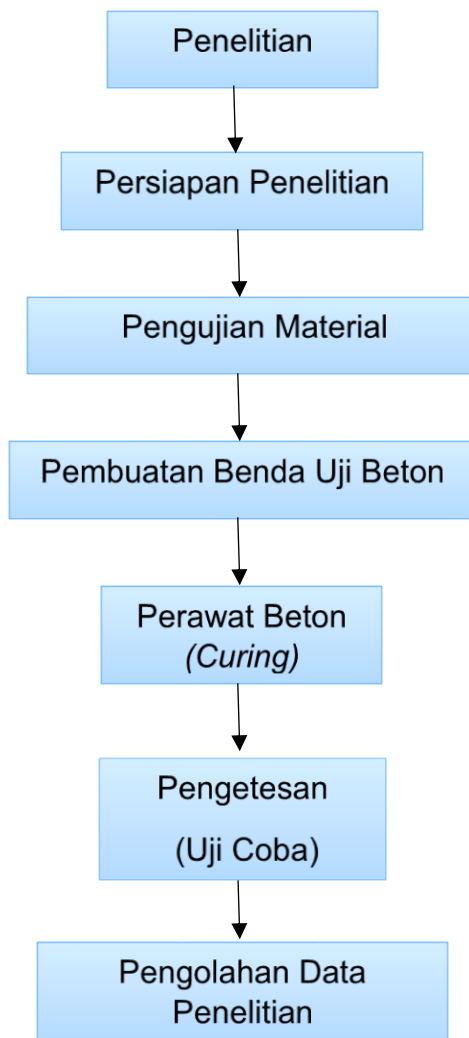
Pelaksanaan dan tahapan penelitian ini sudah dijelaskan diatas dan lebih jelasnya bisa dilihat gambar dibawah ini



Gambar.5 . bagan Alir penelitian

Sumber : penulis 2021

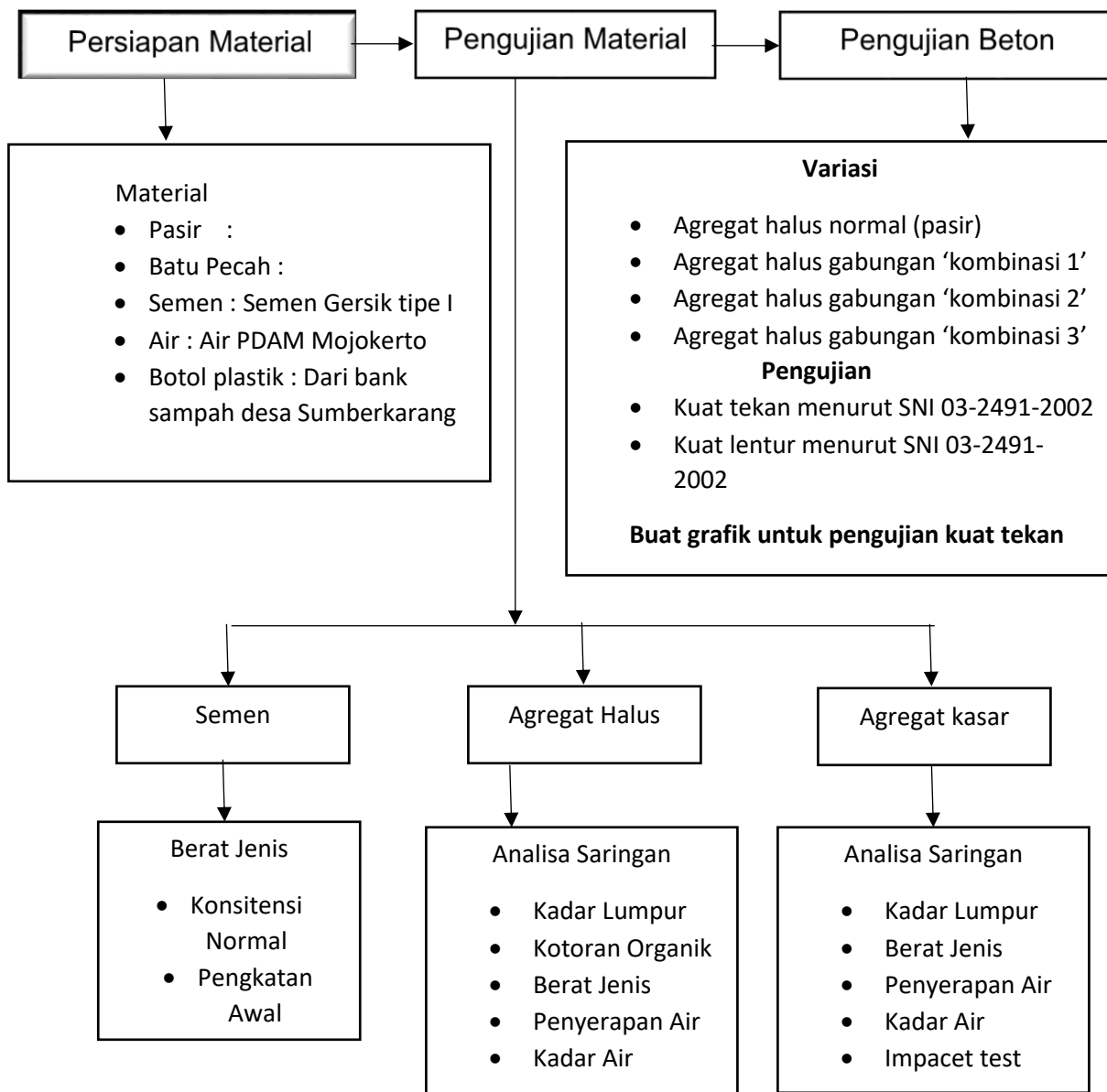
Pelaksanaan tahapan penelitian ini sudah dijelaskan diatas dan lebih jelasnya bias dilihat alur pelaksanaan penelitian ini dibawah ini:



Gambar.6 . Bagan Alir Penelitian

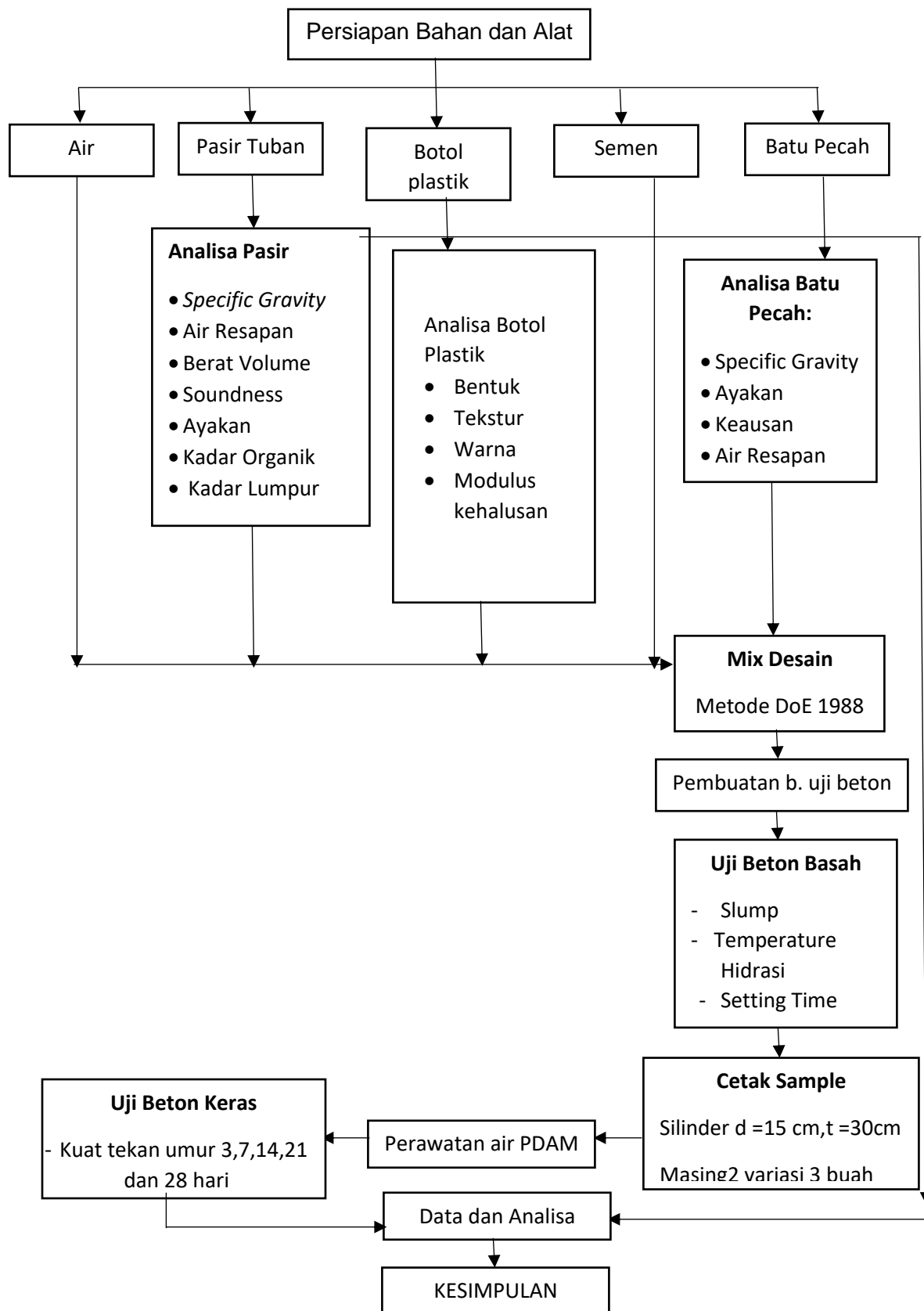
Sumber : mauidah 2021

Persiapan dan pengujian beton sudah dijelaskan diatas dan lebih jelasnya bisa dilihat bagan alir dibawah ini



Gambar.7 . Bagan Alir Penelitian

Sumber : penulis 2021



3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Tahapan Persiapan

Mempersiapkan peralatan yang akan digunakan dalam pengujian material maupun pembuatan benda uji beton (agregat kasar, agregat halus, Semen Portland dan air) yang akan dilaksanakan pembuatan benda uji di Laboratorium Universitas Islam Majapahit (UNIM).
Persiapan bahan antara lain :

A. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

a. Referensi

ASTM C29- *Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate*

SNI 03-4804-1998 – Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga

Udara dalam Agregat

b. Tujuan

Menghitung berat volume agregat halus, kasar, atau campuran.

c. Penjelasan umum

Berat volume agregat digunakan untuk menentukan proporsi agregat yang digunakan dalam campuran. Berat volume agregat dapat diartikan adalah perbandingan antara berat material kering dengan volumenya.

d. Alat

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. Sekop
6. Wadah baja yang cukup berbentuk silinder dengan alat pemegang sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 3.1 Spesifikasi Wadah Baja yang Digunakan Dalam praktikum

Kapasitas	Diameter	Tinggi	Tabel Wadah		Ukuran butir maksimum agregat (mm)
			Dasar	Sisi	
2,832	152,4 2,5	154,9 2,5	5,08	2,54	12,70
9,345	203,2 2,5	292,1 2,5	5,08	2,54	25,40
14,158	254,0 2,5	279,4 2,5	5,08	3,00	38,10
28,316	355,6 2,5	284,4 2,5	5,08	3,00	101,60

Sumber: Modul (SNI 03-2838-2000).

e. Benda uji

Agregat halus dan kasar

f. Prosedur

Masukkan agregat ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai dengan Tabel di atas. Keringkan dengan oven, suhu pada oven $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat menjadi tetap untuk digunakan sebagai benda uji.

1. Berat isi lepas

a. Timbang dan catatlah berat wadah

b. Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan

butir-butir dari ketinggian 5 cm di atas wadah dngan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh

- c. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
 - d. Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (W_2)
 - e. Hitunglah berat benda uji ($W_3=W_2-W_1$)
2. Berat isi agregat ukuran butir maksimum 38,1 mm (1,5") dengan cara penusukan
- a. Timbang dan catat berat wadah (W_1)
 - b. Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata
 - c. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
 - d. Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (W_2)
 - e. Hitunglah berat benda uji ($W_3=W_2-W_1$)
3. Berat isi pada agregat ukuran butir antara 38,1 mm (1,5") sampai 101,1 mm (4") dengan cara penggoyangan
- a. Timbang dan catatlah berat wadah (W_2)
 - b. Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal
 - c. Padatkan setiap lapis dengan cara menggoyang-goyangkan wadah dengan prosedur sebagai berikut:
 - Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian lepaskan

- Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi
- d. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
- e. Timbang dan catatlah berat wadah beserta berat benda uji (W2)
- f. Hitunglah berat benda uji ($W3=W2-W1$)

B. Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar

a. Referensi

ASTM C136- *Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*

SNI 03-1968-1990- Metode Pengujian Tentang Analisis

Saringan Agregat Halus dan Kasar

b. Tujuan

Menentukan distribusi ukuran partikel dari agregat halus dan agregat kasar dengan uji saringan.

c. Penjelasan umum

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan distribusi butiran agregat. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton. Pelaksanaan penentuan gradasi ini dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar.

d. Alat

1. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2% dari berat benda uji
2. Satu set saringan dengan ukuran:

Tabel 3.2 Spesifikasi Saringan

Nomor Saringan	Ukuran lubang		keterangan
	mm	inchi	
-	9.5	3/8	Perangkat saringan untuk agregat halus berat minimum contoh 500g
No.4	4.75	-	
No.6	2.36	-	
No.16	1.18	-	
No.30	0.60	-	
No.50	0.003	-	
No.100	0.150	-	
No.200	0.075	-	

Sumber: Modul (SNI 03-2838-2000).

3. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk pemanasan sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
4. Alat pemisah contoh (sampel spliter)
5. Mesin penggetar saringan
6. Talam-talam
7. Kuas, sikat kawat, sendok, dan alat-alat lainnya.

e. Benda uji

Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau dengan cara perempatan. Berat dari contoh disesuaikan dengan ukuran maksimum diameter agregat kasar yang digunakan pada tabel perangkat saringan

f. Prosedur

1. Keringkan agregat sampel tes dengan berat yang telah ditentukan pada temperatur $110 \pm 5^\circ\text{C}$, kemudian dinginkan pada temperatur ruangan
2. Timbang kembali berat sampel agregat yang digunakan
3. Persiapkan saringan yang akan digunakan

4. Setelah saringan disusun, letakan sampel agregat di atas saringan
 5. Goyangkan saringan dengan tangan / mesin
 6. Hitung berat agregat pada masing – masing nomer saringan
 7. Total berat agregat setelah dilakukan saringan dibandingkan dengan berat semula. Jika perbedaannya lebih dari 0,3% dari berat semula sampel agregat yang digunakan, hasilnya tidak dapat digunakan.
- g. Analisis dan hasil
1. Hitung persentase berat agregat yang lolos dan persentase berat yang tertahan
 2. Plot grafik akumulatif (kurva gradasi) dan Hitung modulus kehalusan

C. Pemeriksaan Kadar Organik dalam Agregat Halus

a. Tujuan

Pemeriksaan kandungan organik pada agregat halus bertujuan untuk mengetahui kandungan organik yang terdapat pada agregat halus. Kandungan organik yang melebihi batas agregat halus yang diijinkan akan mempengaruhi kualitas beton yang direncanakan.

Menurut persyaratan, kandungan organik dalam agregat halus tidak boleh melebihi batas (3%) yang diizinkan oleh Abrams- Harder untuk eksperimen warna dalam larutan Naoh. Syarat penggunaan agregat halus yang tidak memenuhi persyaratan tersebut adalah kuat tekan beton umur 28 hari yang diproduksi

dengan menggunakan agregat halus tidak kurang dari 95% dengan kekuatan yang sama. Gunakan agregat standar pada usia yang sama.

b. Alat

1. Botol gelas tembus pandang dengan penutup karet atau gabus atau bahan penutup lainnya yang tidak beraksi terhadap NaOH. Volume gelas = 350 ml
2. Standar warna (Organik Plate)
3. Larutan naoh (350)

c. Benda uji

Contoh pasir dengan volume 115 ml (1/3 volume botol)

d. Prosedur

Masukan 115 ml pasir ke dalam botol tembus pandang (kurang lebih 1/3 isi botol)

1. Tambahkan larutan naoh 3%. Setelah di kocok, isinya harus mencapai kira – kira $\frac{3}{4}$ volume botol
2. Tutup botol gelas tersebut dan kocok hingga lumpur yang menempel pada agregat nampak terpisah dan biarkan selama 24 jam agar lumpur tersebut mengendap.
3. Setelah 24 jam, bandingkan warna cairan yang terlihat dengan standar warna No.3 pada organik plate (Bandingkan apakah lebih tua atau lebih muda).

D. Pemeriksaan Kadar Lumpur dalam Agregat Halus

a. Tujuan

Pemeriksaan ini bertujuan menentukan besarnya (persentase) kadar lumpur dalam agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton. Kandungan lumpur < 5% merupakan ketentuan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

b. Alat

1. Gelas ukur
2. Alat Pengaduk

c. Benda uji

Contoh pasir secukupnya dalam kondisi lapangan dengan bahan pelarut biasa.

d. Prosedur

1. Contoh benda uji dimasukkan kedalam gelas ukur
2. Tambahkan air pada gelas ukur guna melarutkan lumpur
3. Gelas dikocok untuk mencuci agregat halus dari lumpur
4. Simpan gelas pada tempat yang datar dan biarkan lumpur mengendap setelah 24 jam.
5. Ukur tinggi pasir (V1) dan tinggi lumpur (V2)

e. Analisis dan hasil

Menghitung Kadar Lumpur

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 \%$$

f. Laporan

Laporan berisi perbandingan antara hasil pemeriksaan kadar lumpur dengan peraturan, berikan kesimpulan dari perbandingan tersebut.

g. Catatan

Pemeriksaan kadar lumpur ini merupakan cara lain untuk menentukan pemeriksaan kadar lumpur selain dengan cara penyaringan bahan lewat saringan No. 200

E. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

a. Referensi

SNI 03 – 1971 – 1990- Metode Pengujian Kadar Air Agregat

b. Tujuan

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan besarnya kadar air yang terkandung dalam agregat dengan cara pengeringan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat agregat dalam kondisi kering terhadap berat semula yang dinyatakan dalam persen. Nilai kadar air ini digunakan untuk koreksi takaran air untuk adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan.

c. Alat

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh.
2. Oven suhunya dapat diatur sampai $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$

3. Talam logam tahan karat berkapasitas cukup besar bagi tempat pengeringan benda uji.

d. Benda uji

Berat minimum contoh agregat dengan diameter maksimum 5 mm adalah 0,5 kg.

e. Prosedur

1. Timbangan dan catat berat talam (W1)
2. Masukkan benda uji ke dalam talam, dan kemudian berat talam + benda uji ditimbang. Catat beratnya (W2)
3. Hitung berat benda uji $W3 = W2 - W1$.
4. Keringkan contoh benda uji bersama talam dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ hingga beratnya tetap.
5. Setelah kering contoh ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W4)
6. Hitunglah berat benda uji kering : $W5 = W4 - W1$.

h. Analisis dan hasil

Menghitung kadar air dalam agregat dengan persamaan berikut

:

$$\text{Kadar air dalam agregat} = \frac{W3 - W5}{W5} \times 100\%$$

Di mana,

W3 = Berat contoh semula (gr)

W5 = Berat contoh kering (gr)

F. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

a. Agregat halus

b. Referensi

ASTM C128- *Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate*

SNI 03-1970-1990- Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

c. Tujuan

Menentukan *specific gravity* dan penyerapan agregat halus. Dari *specific gravity* dapat menentukan nilai *bulk specific gravity*, *bulk specific gravity SSD*, atau *apparent specific gravity*.

d. Penjelasan umum

Nilai *bulk specific gravity* adalah karakteristik umum yang digunakan untuk menghitung volume yang ditempatkan oleh agregat dalam berbagai campuran, termasuk semen, beton aspal, dan campuran lainnya yang proporsional

e. Alat

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram atau kurang yang mempunyai kapasitas minimum sebesar 1000 gram atau lebih
2. Piknometer dengan kapasitas 500 gram
3. Cetakan kerucut pasir
4. Tongkat pemadat dari logam untuk cetakan kerucut pasir

f. Benda uji

Berat contoh agregat halus disiapkan sebanyak 1000 gram. Contoh diperoleh dari bahan yang diproses melalui alat pemisah atau perempatan.

g. Prosedur

1. Agregat halus yang jenuh air dikeringkan sampai diperoleh kondisi kering dengan indikasi contoh tercurah dengan baik.
2. Sebagian dari contoh dimasukkan dalam *metal sand cone mold*. Benda uji dipadatkan dengan tongkat pemadat (tamper). Jumlah tumbukan adalah 25 kali. Kondisi SSD diperoleh, jika cetakan diangkat, butir – butir pasir longsor/runtuh.
3. Contoh agregat halus sebesar 500 gram dimasukkan kedalam piknometer. Kemudian piknometer diisi dengan air sampai 90% penuh. Bebaskan gelembung – gelembung
4. udara dengan cara menggoyang – goyangkan piknometer, redamlah piknometer dengan suhu air $(73,4 \pm 3)^{\circ}\text{F}$ selama 24 jam. Timbang berat piknometer yang berisi contoh dengan air.
5. Pisahkan benda uji dari piknometer dan keringkan pada suhu $(213 \pm 130)^{\circ}\text{F}$. Langkah ini harus diselesaikan dalam waktu 24 jam (1 hari)

6. Timbanglah berat piknometer yang berisi air sesuai dengan kapasitas kalibrasi pada temperature $(73,4 \pm 3)^{\circ}\text{F}$ dengan ketelitian 0,1 gram.

G. Agregat Kasar

- a. Referensi

ASTM C127- *Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate*

SNI 03 – 1969 – 1990- Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

- b. Tujuan

Menentukan *specific gravity* dan penyerapan agregat kasar.

Dari *specific gravity* dapat menentukan nilai *bulk specific gravity*, *bulk specific gravity SSD*, atau *apparent specific gravity*.

- c. Penjelasan umum

Nilai *Bulk Specific gravity* adalah karakteristik umum yang digunakan untuk menghitung volume yang ditempatkan oleh agregat dalam berbagai campuran, termasuk semen, beton aspal, dan campuran lainnya yang proporsional

- d. Alat

1. Timbangan dengan ketelitian 0,5 gram yang mempunyai kapasitas 5 kg
2. Keranjang besi diameter 203,2 mm (8") dan tinggi 63,5 mm (2,5")
3. Alat penggantung keranjang

4. Handuk atau kain pel

e. Benda uji

Berat contoh agregat disiapkan sebanyak 11 liter dalam keadaan kering muka (*SSD = Surface Saturated Dry*). Contoh diperoleh dari bahan yang diproses melalui alat pemisah atau cara perempatan. Butiran agregat lolos saringan No. 4 tidak dapat digunakan sebagai benda uji.

Berat minimum benda uji yang digunakan ditentukan berdasarkan ukuran maksimum nominal yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.3 Berat minimum berdasarkan ukuran maksimum

Normal Maximum size, mm	Minimum Mass, kg
12.5	2
19.0	3
25.0	4
37.5	5

Sumber: Modul (SNI 03-2838-2000).

f. Prosedur

1. Benda uji direndam selama 24 jam
2. Benda uji dikeringkan permukaannya (kondisi SSD) dengan menggulungkan handuk pada butiran
3. Timbang contoh. Hitung berat contoh kondisi SSD = A
4. Contoh benda uji dimasukkan kekeranjang dan direndam kembali di dalam air.
5. Temperature air dijaga $(73,4 \pm 3)^{\circ}\text{F}$, dan kemudian ditimbang, setelah dikeranjang digoyang – goyangkan

didalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap.

Hitung berat contoh kondisi jenuh = B

6. Contoh dikeringkan pada temperature (212-130)^oF.

Setelah didinginkan kemudian ditimbang. Hitung berat

contoh kondisi kering = C

3.3.2 Tahapan Pelaksanaan

1. Buatlah benda uji Untuk mengetahui jumlah bahan yang dibutuhkan, dilakukan perhitungan desain campuran sesuai dengan massa jenis masing-masing bahan. Campuran beton tersebut direncanakan menggunakan Metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2838-2000). Kuat tekan ($f'c$) direncanakan 20 MPa. Tabel 1 menunjukkan komposisi masing-masing material yang digunakan berdasarkan hasil perhitungan mix design.

Tabel 1. Komposisi Campuran Material Beton Untuk 1 m³

Bahan Beton Normal	Berat (Kg)
Semen	450
Pasir	666,75
Kerikil	1238,25
Air	225

Sumber: Modul (SNI 03-2838-2000).

- a. Untuk sampel beton biasa, masukkan bahan yang sudah disiapkan ke dalam mixer. Pertama tambahkan kerikil dan pasir, lalu tambahkan semen. Setelah ketiga bahan ditambahkan dan diaduk rata, tambahkan air secara bertahap sambil diaduk, dan lanjutkan mengaduk hingga semua bahan tercampur rata. Sampel beton ini tidak menggunakan agregat plastik sebagai

standar, tetapi menggunakan beton standar yang disebut beton biasa (BN).

Untuk sampel beton dengan agregat plastik, masukkan ke dalam mixer. Agregat buatan plastik bekas akan menggantikan 100% agregat kasar dalam campuran beton. Perubahan sampel agregat plastik terbagi menjadi tiga perubahan, yaitu beton menggunakan plastik PP agregat buatan (disebut beton PP) dan beton dengan agregat.

- a. Plastik *PET* buatan disebut beton *PET*, dan beton yang menggunakan agregat buatan plastik komposit *PET* dan PP disebut beton *PET & PP*. Pertama masukkan pasir dan agregat sampah plastik, lalu tambahkan semen. Setelah menambahkan ketiga bahan tersebut dan mencampurkannya secara merata, tambahkan air sedikit demi sedikit sambil diaduk dan terus diaduk hingga bahan merata. Selain itu, campuran homogen dicetak ke dalam silinder. Diameter silinder 100 mm dan tinggi 200 mm. Dalam proses pembuatan benda uji, sampel beton dan beton biasa menggunakan agregat plastik limbah buatan, Sebelum mencetak benda uji, lakukan uji slump terlebih dahulu. Rentang hasil pengujian yang diperoleh dari nilai slump test adalah 80 cm-100 cm. Nilai slump test yang dicapai memenuhi persyaratan standar campuran yang baik yaitu 7,50 cm sampai dengan 15,00 cm.

Dengan menggunakan perubahan komposisi sampah botol plastik untuk menghaluskan agregat (0%, 5%, 10%, 15% dan 20%) untuk

menyelesaikan produksi sampel. Dengan pengujian sampel pada umur 7, 14 dan 28 hari, masing-masing sampel disiapkan 3 buah untuk dilakukan uji kuat tekuk. Mempersiapkan 3 spesimen uji resapan air untuk umur beton yang masing-masing mencapai 14 hari, 28 hari dan 29 hari.

Sebelum digunakan, dilakukan pengujian karakteristik agregat halus dan agregat kasar dari bahan penyusun beton SNI. Hal ini sangat penting, jika material tidak memenuhi persyaratan maka material tersebut tidak dapat digunakan untuk beton. Hasil pengujian sifat agregat halus ditunjukkan pada Tabel 2, dan hasil pengujian sifat agregat kasar ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2 dan Tabel 3 merangkum hasil pengujian karakteristik agregat kasar dan agregat halus, dan hasilnya memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun beton. Pada studi pengujian kadar lumpur dilakukan dua pengujian, karena hasil awal tidak memenuhi syarat kandungan lumpur (kandungan lumpur 8,5% lebih besar dari 5% kandungan lumpur), sehingga agregat halusnya dicuci, lalu diuji kembali, dan telah memenuhi persyaratan bahan penyusun beton.

No	Jenis Pengujian	Hasil pengujian agregat halus	Interval (SNI)
1	Kadar Lumpur	0.74%	0,2% - 5%
2	Kadar Air	4,93%	3% - 5%
3	Berat Volume		
	a. Kondisi Lepas	1,41 kg/liter	1,4 – 1,9 kg/liter
	b. Kondisi Padat	1,57 kg/liter	1,4 – 1,9 kg/liter
4	Absorpsi	1,21%	0,2 – 2 %
5	Berat Jenis		

	a. Bj. nyata	2,88%	
	b. Bj. Dasar kering	2,72%	
	c. Bj. Kering P	2,78%	
6	Modulus Kehalusan	3,06%	
7	Kadar Organik	No.2	

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Sumber: Modul SNI SNI 03-2834-2000

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil pengujian agregat halus	Interval (SNI)
1	Kadar Lumpur	0.60%	Maks 1%
2	Kadar Air	1,52%	0,5% - 2%
3	Berat Volume		
	c. Kondisi Lepas	1,64 kg/liter	1,6– 1,9 kg/liter
	d. Kondisi Padat	1,77 kg/liter	1,6 – 1,9 kg/liter
4	Absorpsi	3,91%	Maks 4 %
5	Berat Jenis		
	d. Bj. nyata	2,67%	1,60 – 3,33
	e. Bj. Dasar kering	2,42%	1,60 – 3,33
	f. Bj. Kering P	2,51%	1,60 – 3,33
6	Modulus Kehalusan	6,98%	6 – 7,1
7	Keausan	31%	Maks 50%

Sumber : Modul SNI 03-2834-2000

1. Perawatan benda uji beton

Setelah sampel dibuat, keesokan harinya sampel direndam dalam air pada bak perendaman selama 25 hari, kemudian dipompa hingga sampel berumur 28 hari dan siap untuk diuji, sehingga benda uji diproses. . Fungsi pemeliharaan beton dapat menjaga permukaan beton tetap lembab, sehingga proses hidrasi dapat berjalan dengan lancar dan proses pengerasan dapat dilakukan

dengan sempurna, ditandai dengan tidak adanya retakan pada beton dan dapat menjamin kualitas beton tersebut.

2. Pelaksanaan Pengujian dan Pengumpulan Data

Tahap ini merupakan tahapan melakukan pengujian kemudian dilakukan analisa dan pembahasan serta membandingkan sifat kuat tekan, kuat lentur/tarik dan penyerapan air (absorpsi) kemudian dicatat hasilnya.

3.3.3 Tahapan Analisa Data dan Pembahasan

Sesudah didapatkan data hasil pengujian kemudian dilakukan analisa dan pembahasan serta membandingkan sifat kuat tekan, kuat lentur/ Tarik dan penyerapan air (absorpsi) dari setiap data tersebut.



Gambar 4 Limbah botol plastik



Gambar .5 Cacahan limbah botol plastik

3.4 PERENCANAAN CAMPURAN BETON (MIX DESIGN)

Metode perhitungan yang digunakan dalam perencanaan campuran beton adalah metode SNI 03-2834-2000. Adapun tahapan yang dilakukan dalam perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut ini.

1. Menetapkan kuat tekan beton (f'_c) pada umur 28 hari Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari adalah 50 MPa.
2. Menetapkan nilai deviasi standar (S)

Tabel 3.4 Nilai Deviasi Standar untuk berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerja

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa kendali	8,4

Sumber : SNI 03-2834-2000

Deviasi standar dihitung berdasarkan volume pembetonan yang akan dibuat dan mutu pekerjaan. Nilai deviasi standar yang digunakan dalam perencanaan campuran ini sebesar 7 Mpa yaitu tingkat pengendalian mutu pekerjaan jelek karena belum mempunyai pengalaman sebelumnya.

- Menghitung nilai tambah Nilai tambah dapat dihitung menggunakan persamaan 3.3, adapun hasilnya sebagai berikut ini. $M = 1,64 \times 7 = 11,48$
MPa \approx 12 MPa
- Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f'_{cr}) menggunakan persamaan 3.4, maka $f'_{cr} = f'_c + M = 50 + 12$ $f'_{cr} = 62$
MPa
- Jenis semen yang telah ditetapkan adalah semen portland komposit yang penggunaannya tidak memakai persyaratan khusus, jadi sama seperti semen tipe I.
- Jenis agregat halus yang digunakan yaitu alami, menggunakan pasir merapi.
- Jenis agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah clereng ukuran maksimal 20 mm.

8. Menentukan nilai faktor air semen dengan cara menggunakan grafik “hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen berdasarkan umur benda uji dan jenis semen” sebagai berikut ini.

- a. Perkiraan kekuatan tekan dari Tabel 3.5 dapat diketahui dari jenis semen, jenis agregat, bentuk benda uji yang digunakan dan umur beton pada kekuatan tekan.

Tabel 3.5 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) beton dengan faktor air semen 0,5 dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

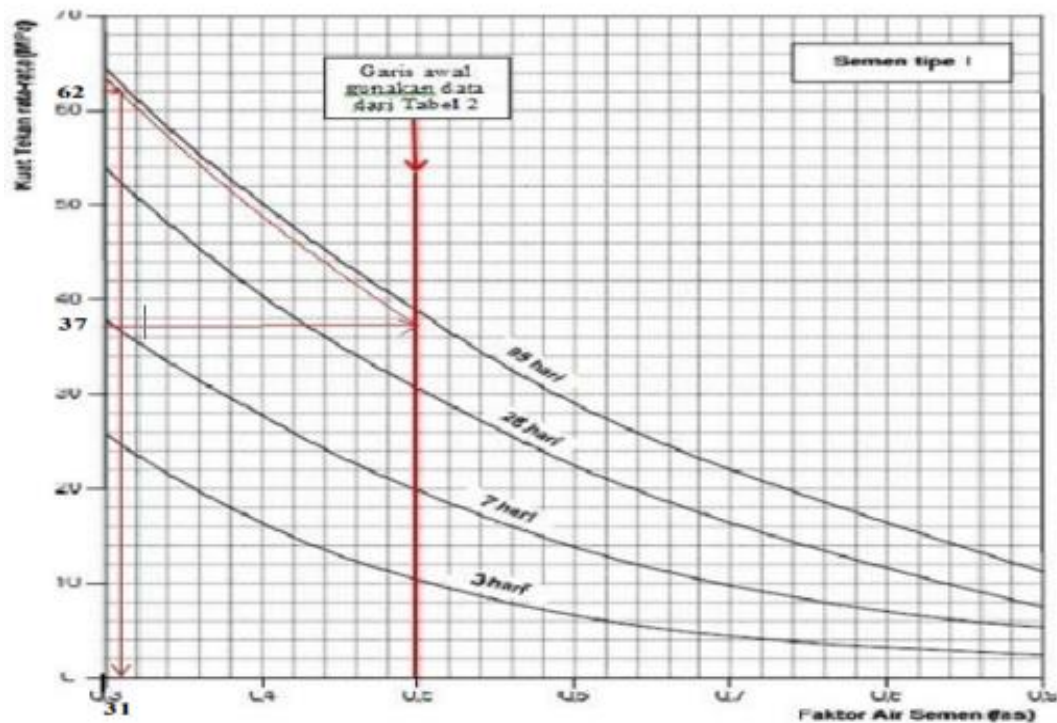
Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Dari tabel diatas didapatkan kekuatan tekannya yaitu sebesar 37 MPa

- b. Setelah itu, lihat pada Gambar 3.6 yaitu tentang hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen dengan benda uji berbentuk silinder.
- c. Buat garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva dengan warna merah, selanjutnya buat garis lurus ke kanan dari angka kuat tekan 37 MPa sampai garis tersebut menyentuh garis warna merah.
- d. Lalu buat garis lengkung melalui titik perpotongan dari sub. Butir b secara proporsional.

- e. Kemudian buat garis lurus ke kanan dari angka f_{cr} sebesar 62 MPa sampai menyentuh garis lengkung (kurva baru) yang sudah dibuat atau ditentukan dari sub butir c, diatas .
- f. Selanjutnya buat garis lurus ke bawah melalui titik perpotongan tersebut. Kemudian dari garis tersebut didapatkan nilai fas sebesar 0,31 dan selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen

9. Menentukan nilai faktor air semen maksimum Setelah ditentukan nilai fas dari gambar diatas, kemudian dilanjutkan dengan menentukan faktor air semen (fas) maksimum yang dapat ditentukan dari Tabel 3.6.

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen Minimum per m ³ beton (kg)	Nilai fas Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan	275	0,6

a. Keadaan keliling korosif non-korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. Tidak dilindungi dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. Terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 3.10
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 3.11

Sumber : SNI 03-2834-2000

Nilai faktor air semen maksimum yang didapat dari Tabel 3.6 adalah sebesar 0,6 yaitu jenis pembetonan di dalam ruang bangunan dengan keadaan keliling non korosif.

10. Menetapkan nilai slump Tinggi slump perencanaan yang ditetapkan adalah sebesar 30-60 mm.
 11. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum Ukuran besar butir agregat maksimum yang digunakan yaitu sebesar 20 mm.
 12. Menetapkan nilai kadar air bebas Kadar air bebas dapat ditentukan dari Tabel 3.10, dengan menggunakan data ukuran agregat maksimum, jenis batuan, dan slump rencana. Setelah didapatkan hasil perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton, kemudian jumlah kebutuhan air dapat dihitung menggunakan persamaan
- Dari perhitungan diatas didapatkan nilai kadar air bebasnya adalah sebesar 190 kg

13. Menghitung kebutuhan semen Jumlah kebutuhan semen dihitung berdasarkan persamaan 3.7.

$$W_{\text{semen}} = \frac{W_{\text{air}}}{f_{\text{as}}}$$

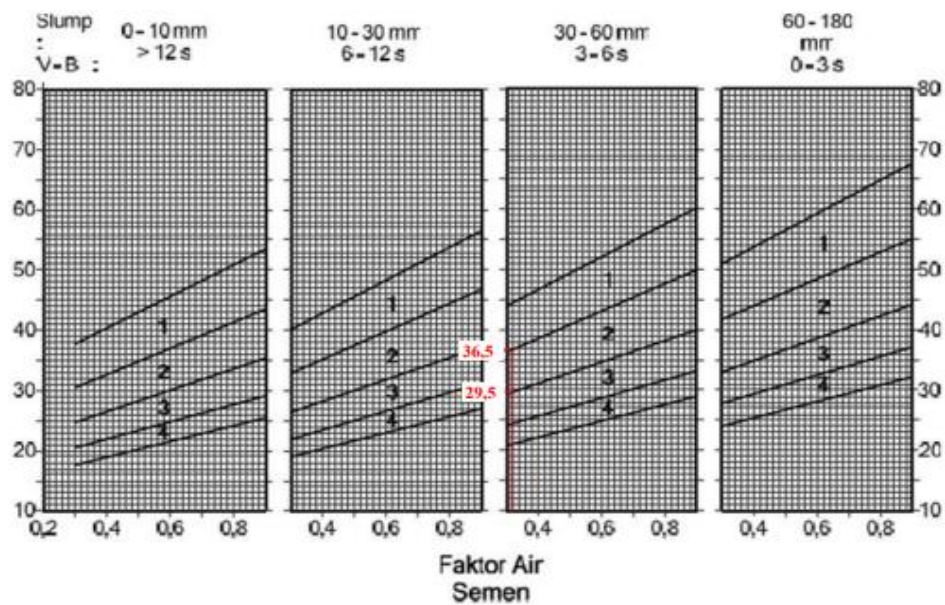
$$= \frac{190}{0,31}$$

$$W_{\text{semen}} = 612,9 \text{ kg}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan jumlah kebutuhan semennya adalah sebesar 612,9 kg.

14. Menetapkan kebutuhan semen yang digunakan Setelah menghitung kebutuhan semen dengan persamaan 3.7, maka perlu dicari kebutuhan semen minimum dengan melihat Tabel 3.6. Dari tabel tersebut didapatkan nilai kebutuhan semen minimumnya adalah sebesar 325 kg. Jika kebutuhan semen yang diperoleh dari perhitungan ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum berdasarkan Tabel 3.6, maka yang digunakan adalah kebutuhan semen dengan nilai yang terbesar dari kedua cara tersebut.
15. Menentukan persentase agregat halus dan kasar Persentase jumlah agregat ditentukan oleh besar ukuran maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Untuk menentukan persentase jumlah agregat halus dapat dilihat pada Gambar 3.3 karena ukuran butir maksimum yang digunakan yaitu 20 mm dan slump yang digunakan adalah sebesar 30-60 mm. Selain itu, digunakan gradasi daerah nomor 2 yang dihasilkan dari pengujian modulus halus butir agregat halus pada sub bab 5.3.2.

- a. Tarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen yang sudah didapatkan sebelumnya sebesar 0,31 sampai memotong kurva bagian atas pada daerah gradasi no 2.
- b. Kemudian dari titik perpotongan batas lengkung kurva atas dan batas lengkung kurva bawah pada daerah gradasi nomor 2, ditarik garis mendatar ke kiri sampai memotong sumbu tegak.
- c. Dari penarikan garis atas dan garis bawah tersebut didapatkan angka yaitu sebesar 36,5 dan 29,5.



Gambar 3.15 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat

Sumber : SNI 03-2834-2000

- d. Nilai persentase agregat halus dan agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$\%AH = \frac{36,5+29,5}{2}$$

$$= 33\%$$

$$\%AK = 100\% - \%AH$$

$$= 100\% - 33\%$$

$$\%AK = 67\%$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai persentase agregat halus (%AH) sebesar 33% dan agregat kasar (%AK) sebesar 67%.

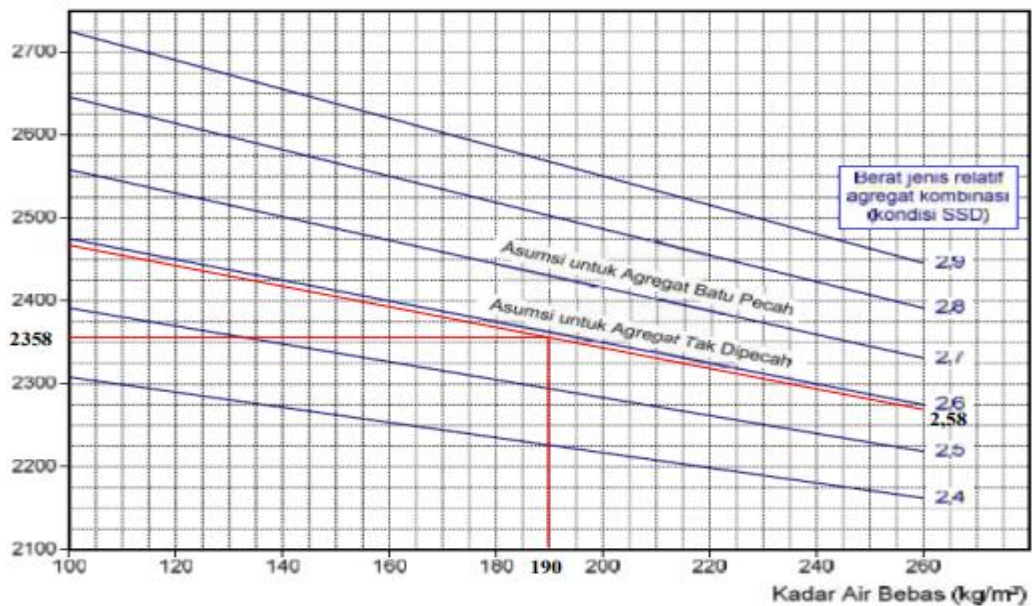
16. Menghitung berat jenis SSD agregat gabungan. Berat jenis SSD agregat halus dan agregat kasar dapat diketahui dari pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar yang sudah dijelaskan diatas. Dari pengujian berat jenis tersebut didapatkan angka berat jenis agregat halus (BJAH) yaitu sebesar 2,6 dan berat jenis agregat kasar (BJAK) yaitu sebesar 2,58. Setelah didapatkan berat jenis kedua agregat

$$\begin{aligned} BJ_{gabungan} &= \%AH \times BJ_{AH} + \%AK \times BJ_{AK} \\ &= 33\% \times 2,58 + 67\% \times 2,6 \\ &= 2,587 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan berat jenis agregat gabungannya (BJ_{gabungan}) yaitu sebesar 2,587.

17. Menentukan berat isi beton Berat isi beton basah ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 3.5 dengan memasukkan berat jenis agregat gabungan dan kadar air bebas.

- Buat kurva baru sesuai dengan berat jenis agregat gabungan secara proporsional dengan memperhatikan kurva sebelah atas dan bawahnya yang sudah ada.
- Lalu tarik garis tegak lurus ke atas dari nilai kadar air yang digunakan yaitu 190 kg/m³ sampai memotong kurva baru berat jenis gabungan tersebut.
- Kemudian dari titik potong tersebut, ditarik garis mendatar kearah kiri sampai memotong sumbu tegak.
- Dari penarikan garis tersebut didapatkan nilai berat isi beton adalah sebesar 2358 kg/m³.



Gambar 3.16 Pemeriksaan berat isi beton basah

Sumber : SNI 03-2834-2000

- Menghitung proporsi campuran beton Proporsi campuran yang dihitung adalah proporsi campuran kebutuhan material penyusun beton. Proporsi

agregat halus dapat dicari menggunakan persamaan 3.7 dan untuk menghitung proporsi agregat kasar dapat digunakan persamaan 3.8.

$$\begin{aligned} W_{AK} &= (W_{\text{isi beton basah}} - W_{\text{semen}} - W_{\text{air}}) \times \%AK \\ &= (2,358 - 612,9 - 190) \times 67\% \\ &= 1041,915 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{AH} &= (W_{\text{isi beton basah}} - W_{\text{semen}} - W_{\text{air}}) \times \%AH \\ &= (2,358 - 612,9 - 190) \times 33\% \\ &= 513,182 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan berat agregat halus (WAH) adalah sebesar 513,182 kg/m³ dan berat agregat kasar (WAK) adalah sebesar 1041,915 kg/m³

19. Proporsi Campuran untuk 1 m³ beton :

- | | |
|-------------------|------------------------------|
| a. Semen Portland | = 612,9 kg/m ³ |
| b. Air | = 190 kg/m ³ |
| c. Agregat Halus | = 513,182 kg/m ³ |
| d. Agregat Kasar | = 1041,915 kg/m ³ |

3.5 METODE PERENCANAAN CAMPURAN BETON

Dalam praktek ada beberapa metode rancangan campuran beton yang telah dikenal, antara lain seperti metode DOE yang dikembangkan oleh Department of Environment di Inggris dan Metode ACI (American Concrete Institute). Metode rancangan campuran beton dengan cara DOE ini di Indonesia dikenal sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dimuat dalam Standar SNI 03-2834-2000, "Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal". Sedangkan SNI 7656:2012, "Tata cara

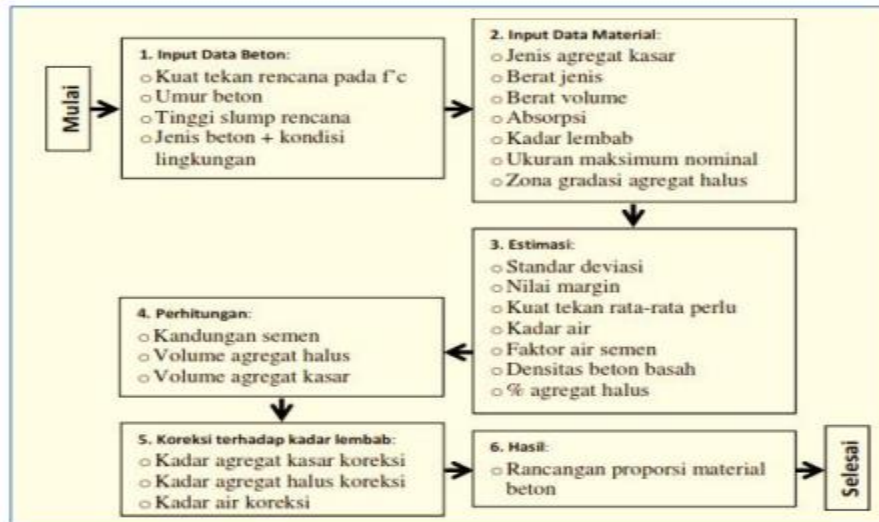
pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa” mengacu pada ACI. Secara garis besar kedua metode tersebut didasarkan pada hubungan empiris, bagan, grafik dan tabel, tetapi pada beberapa procedural terdapat perbedaan.

1. Metode SNI 03-2834-2000

Metode SNI 03-2834-2000, dalam prosedur rancangan campurannya mengadopsi beberapa asumsi sebagai berikut (Alkhaly, 2016) :

- a. Metode ini berlaku untuk semen Ordinary Portland Cement (tipe I), Rapid Hardening Portland Cement (tipe II), High Early Strength Cement (tipe III) dan Sulphate Resisting Portland Cement (tipe V).
- b. Metode ini membedakan antara agregat pecah (batu pecah) dan tidak pecah (agregat alami/kerikil) yang akan mempengaruhi jumlah pengguna air.
- c. Memperhitungkan gradasi dari agregat halus berdasarkan zona dan menganggap gradasi dari agregat halus akan mempengaruhi tingkat kemampuan kerja dari campuran beton.
- d. Rasio optimum dari volume curah agregat kasar per kubik beton tergantung dari ukuran maksimum nominal dari agregat kasar dan gradasi agregat halus.
- e. Kadar air dalam campuran beton hanya dipengaruhi oleh tingkat kemudahan kerja yang diperlukan, dinyatakan uji slump.
- f. Ukuran maksimum nominal dari agregat kasar, dianggap tidak mempengaruhi proporsi campuran.
- g. Metode mengadopsi campuran beton dengan rasio air semen (fas) 0,5.

Prosedur perancangan campuran beton menurut metoda SNI 03 – 2834 – 2000, ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 - Prosedur perancangan campuran beton menurut metoda SNI 03 – 2834 – 2000

2. Metode SNI 7656:2012

Metode SNI 7656:2012, dalam prosedur rancangan campurannya mengadopsi beberapa asumsi sebagai berikut (Alkhaly, 2016) :

- a. Metode ini tidak membedakan jenis semen hidrolis (berlaku untuk semua jenis semen hidrolis) dan jenis agregat
- b. Konsistensi campuran yang mempengaruhi kemudahan kerja dianggap hanya tergantung pada kadar air bebas dari proporsi campuran, dinyatakan dalam uji slump.
- c. Rasio optimum dari volume curah agregat kasar per kubik beton tergantung hanya pada ukuran maksimum nominal dari agregat kasar.
- d. Jenis pemadatan berpengaruh pada tinggi slump yang dianjurkan.

- e. Estimasi volume bahan campuran beton dapat dilakukan berdasarkan ekivalensi berat maupun ekivalensi absolut.
- f. Metode ini tidak memberikan batasan kadar minimum beton yang dapat digunakan.
- g. Metode ini memberikan pengurangan air sebesar 18 kg/m³ pada campuran beton yang menggunakan agregat kasar alami/kerikil.

Prosedur perancangan campuran beton menurut metoda SNI 7656:2012,

3.6 PERENCANAAN CAMPURAN BETON NORMAL

3.5.1 Metode SNI 03 – 2834 – 2000

1. Tahapan perancangan campuran beton dengan metode SNI 03 – 2834 – 2000

Proses perancangan mengikuti langkah-langkah berikut :

- 1) Tentukan nilai kuat tekan beton (f_c') yang direncanakan sesuai dengan syarat teknik yang dikehendaki. Kuat tekan ini ditentukan pada umur 28 hari, dengan kegagalan/cacat maksimum % (misalnya 5%).
- 2) Tentukan deviasi standar (S) berdasarkan data yang lalu atau diambil dari

Tabel 4

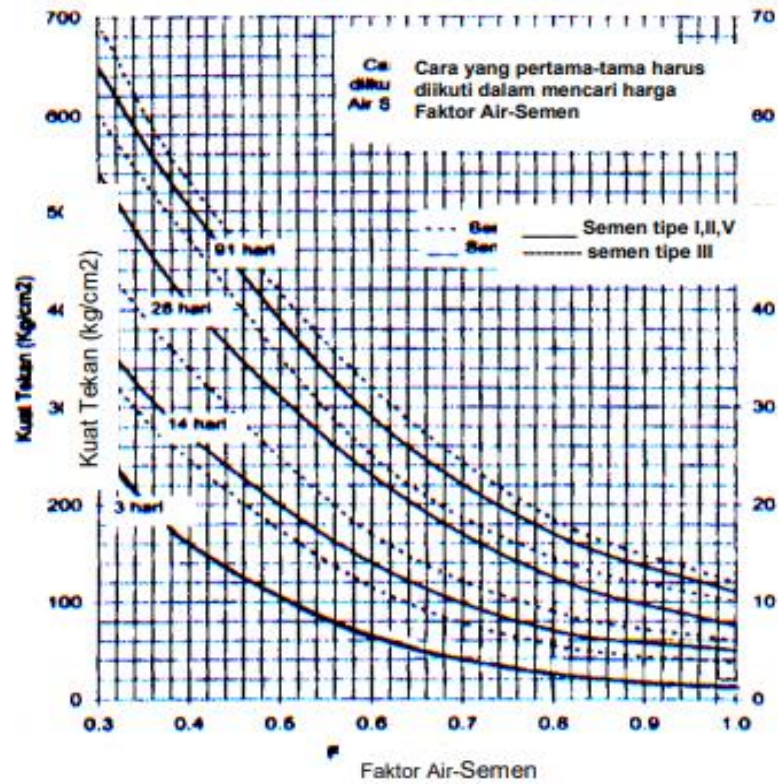
Tabel 4 - Deviasi standar sebagai ukuran mutu pelaksanaan

Isi pekerjaan		Deviasi standar (Mpa)		
Sebutan	Volume beton (m ³)	Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 6,5	6,6 < S < 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 5,5	6,5 < S < 7,5
Besar	> 3000	2,5 < S < 3,5	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 6,5

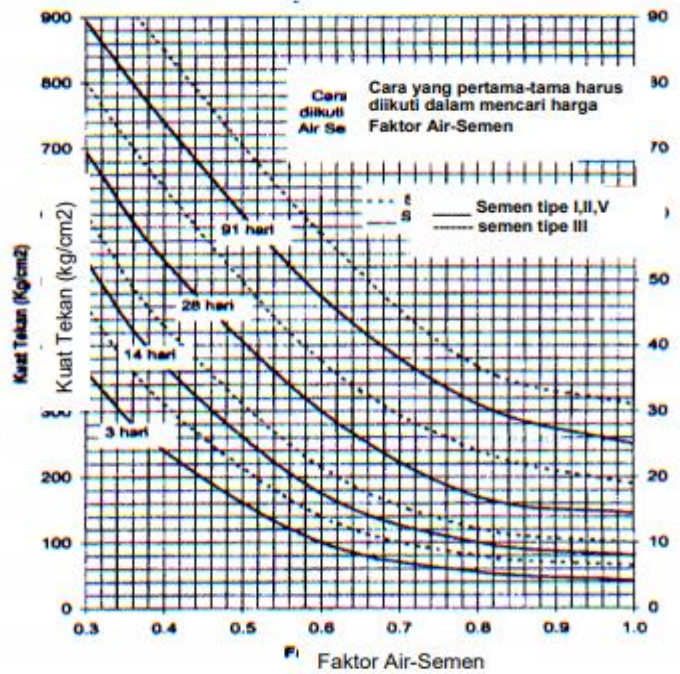
- 3) Hitung nilai/margin, $M = k.S$ dimana $k = 1,64$ untuk kegagalan/cacat maksimum 5%.
- 4) Hitung kuat tekan rata-rata yang direncanakan , $f'_{cr} = f'_c + M$
- 5) Tetapkan jenis/tipe semen yang digunakan.
- 6) Tentukan jenis agregat halus dan agregat kasar yang digunakan, apakah alami atau dipecah.
- 7) Tentukan faktor air-semen (fas) mengikuti langkah berikut :
 - Dari Tabel 5 tentukan perkiraan nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari pada fas 0,5, berdasarkan jenis semen, jenis agregat kasar, dan bentuk benda uji.
 - Pada Gambar 3 atau Gambar 4, perkiraan nilai kuat tekan beton diplot dan kemudian tarik garis mendatar hingga memotong garis fas = 0,5
 - Melalui titik potong tersebut, tarik kurva yang proporsional terhadap kurvaturva lengkung yang mengapitnya.
 - Plot nilai kekuatan tekan rata-rata dari langkah 4, kemudian tarik garis mendatar hingga memotong kurva baru yang dibuat.
 - Dari titik potong tersebut tarik garis lurus vertikal untuk mendapatkan nilai fas yang diperlukan.

Tabel 5 - Perkiraan kuat tekan beton dengan fas 0,50

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (Mpa), pada umur (hari)				Bentuk benda uji
		3	7	28	91	
Semen Portland tipe I atau semen tahan sulfat tipe II,V	Batu tak dipecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 3 - Hubungan faktor air-semen



Gambar 4 - Hubungan fas dan kekuatan tekan beton untuk benda uji kubus

- 8) Tetapkan fas maksimum dari Tabel 1. Pilih nilai fas terkecil dari langkah 7) dan langkah 8).
- 9) Tentukan nilai slump.
- 10) Tentukan ukuran butir nominal agregat maksimum.
- 11) Tentukan nilai kadar air bebas dari Tabel 6 .

Tabel 6 - Perkiraan kadar air bebas (kg/m³)

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

Sumber: dari modul SNI 03 – 2834 – 2000

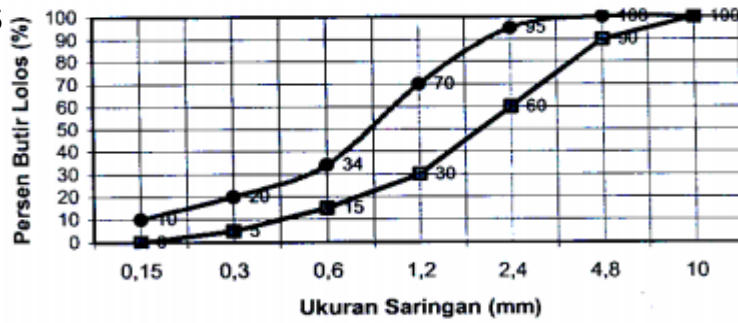
Jika agregat halus alami dan agregat kasar batu pecah, kadar air bebas dihitung sebagai berikut :

dengan pengertian, W_h = jumlah air untuk agregat halus, W_k = jumlah air untuk agregat kasar. Untuk temperatur di atas 20oC, setiap kenaikan 5oC harus ditambahkan air sebanyak 5 liter/m³ adukan beton. Untuk permukaan agregat yang kasar harus ditambahkan air kira-kira 10 liter/m³ beton.

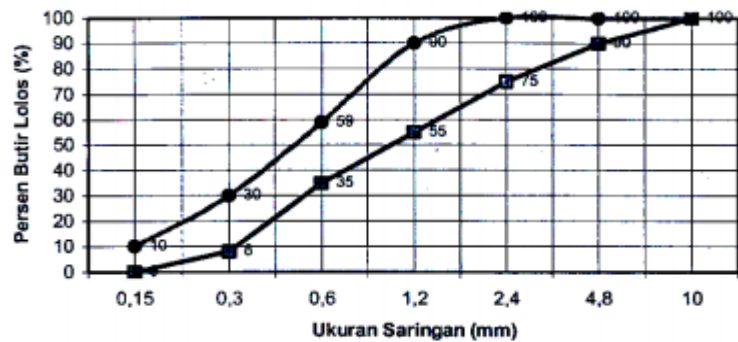
- 12) Hitung jumlah semen = kadar air : faktor air-semen.
- 13) Jika ditetapkan, tentukan kadar semen maksimum.
- 14) Tentukan kadar semen minimum dari Tabel 1
- 15) Jika jumlah semen berubah karena pertimbangan kadar semen maksimum atau kadar semen minimum, tentukan fas yang disesuaikan.

16) Tentukan tipe gradasi agregat halus sesuai dengan syarat menurut

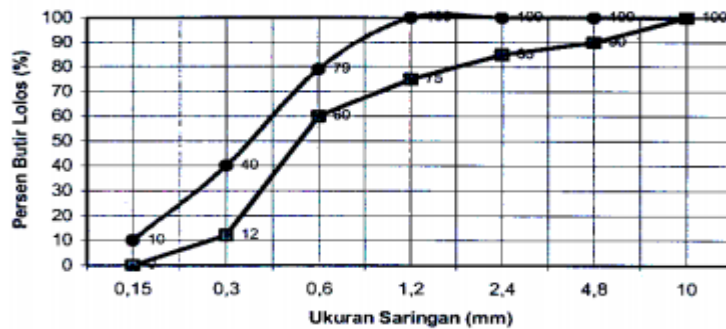
Gambar 5



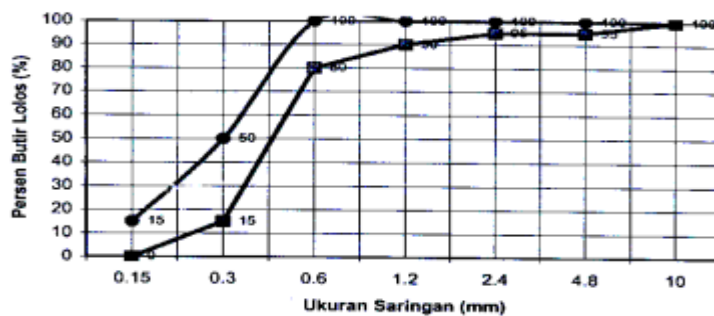
Gambar 5 - Kurva gradasi agregat halus tipe 1



Gambar 6 - Kurva gradasi agregat halus tipe 2

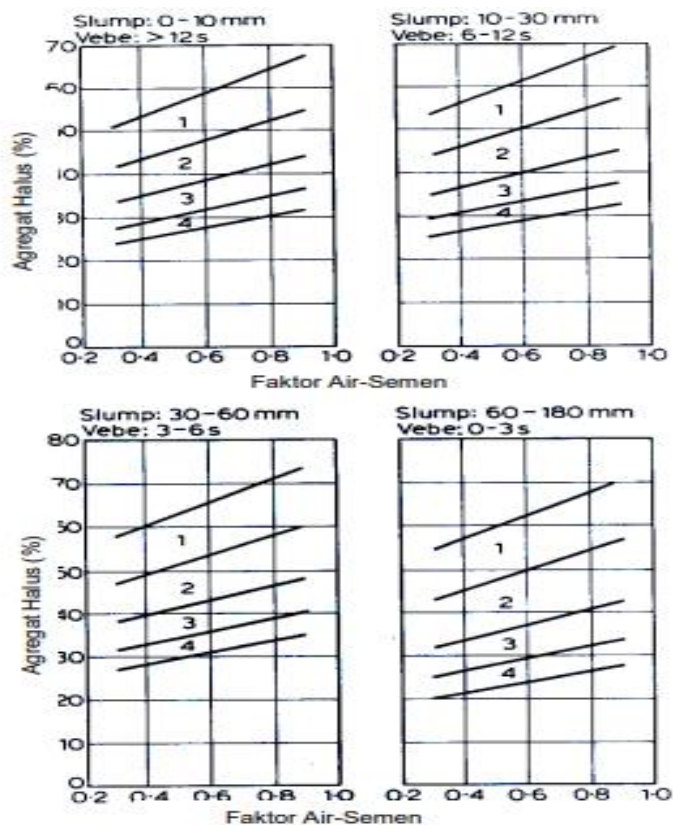


Gambar 7 - Kurva gradasi agregat halus tipe 3

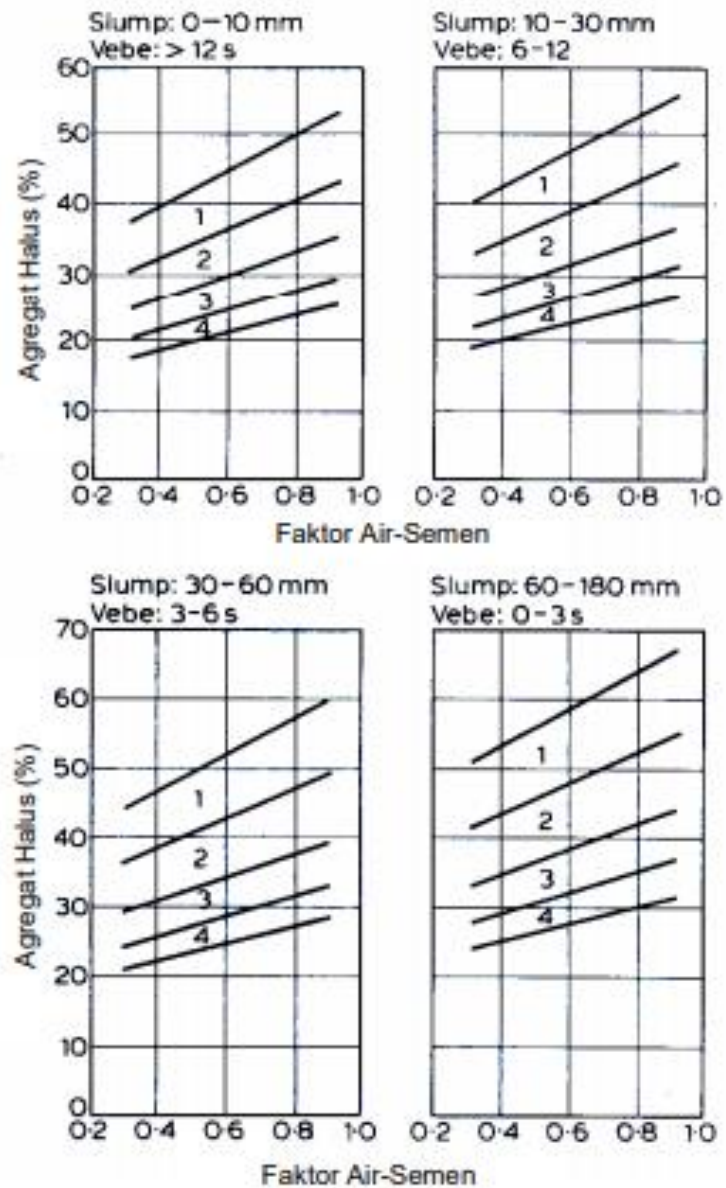


Gambar 8 - Kurva gradasi agregat halus tipe 4

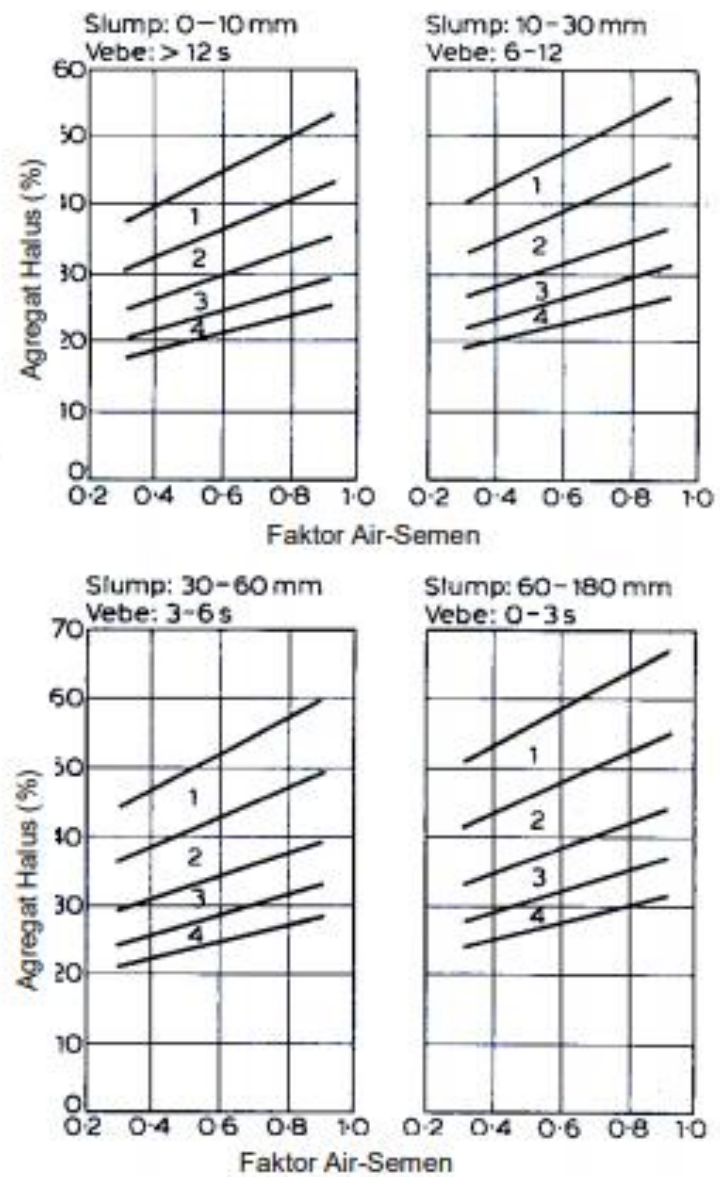
- 17) Tentukan persentase agregat halus berdasarkan Gambar 9 – 11.
- 18) Hitung berat jenis relatif = $(\% \text{ agregat halus} \times \text{berat jenis agregat halus}) + (\% \text{ agregat kasar} \times \text{berat jenis agregat kasar})$.
- 19) Tentukan berat beton basah menurut Gambar 12.
- 20) Hitung kadar agregat gabungan = berat beton – jumlah (semen + air).
- 21) Hitung kadar agregat halus = $\% \text{ agregat halus} \times \text{kadar agregat gabungan}$.
- 22) Hitung kadar agregat kasar = agregat gabungan – agregat halus.
- 23) Tetapkan proporsi campuran hasil perhitungan.
- 24) Lakukan koreksi campuran berdasarkan kondisi agregat saat pelaksanaan.



Gambar 9 - Hubungan faktor air semen – proporsi agregat halus untuk ukuran butir maksimum 10 mm



Gambar 10 - Hubungan faktor air semen – proporsi agregat halus untuk ukuran butir maksimum 20 mm



Gambar 11 - Hubungan faktor air semen – proporsi agregat halus untuk ukuran butir maksimum 40 mm

3.7 PENGUJIAN BETON

Campuran beton direncanakan berdasarkan asumsi berikut: sifat beton yang diperkeras sangat bergantung pada karakteristik komposisi campuran. Agar beton mendapatkan sifat kekerasan yang dibutuhkan, beton harus dipadatkan dengan keseragaman yang baik. Apakah campuran beton dapat dipadatkan dengan baik sebenarnya tergantung dari kinerja beton segar itu sendiri. Tes ini disebut slump test atau konsistensi campuran beton. Setelah proses pengerasan atau hidrasi beton berhenti, maka akan terbentuk benda padat dan keras dengan karakteristik tertentu. Atribut ini harus diketahui untuk digunakan dalam perencanaan atau untuk menilai kekuatan target. Kekuatan beton keras yang dibutuhkan untuk perkerasan kaku adalah kuat tekan dan kuat lentur. (kementrian pekerjaan umum dan perumahan rakyat 2017)

a. Pengujian beton segar

Campuran beton segar yang memenuhi syarat utama yaitu dapat memberikan workability yaitu apabila campuran tetap seragam pada saat pengangkutan, pengecoran dan pemadatan dapat dikatakan memiliki kinerja yang baik. Sifat kemampuan manuver merupakan masalah yang kompleks karena menggabungkan pengaruh alam dengan faktor lain yang berhubungan dengan pekerjaan. Kemampuan kerja beton mudah adalah kinerja utama beton segar. Sekalipun struktur beton dirancang memiliki kuat tekan yang tinggi, namun sulit untuk melaksanakan konstruksi dan tidak dapat dirancang di lapangan, tujuan untuk memperoleh kuat tekan yang tinggi tidak dapat tercapai. Jika campuran beton memiliki setidaknya tiga karakteristik utama berikut ini, maka akan mudah digunakan:

- Kompaktibilitas, yaitu beton dapat dipadatkan sehingga rongga-rongga udaranya menjadi hilang atau berkurang.
- Mobilitas, yaitu beton dapat mengalir ke dalam cetakan beton yang dicor.
- Stabilitas, yaitu kemampuan beton untuk tetap menjaga sebagai massa yang homogen, dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi pemisahan butiran (segregasi) dari bahan utamanya.

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari konsistensi adukan beton yang identik dengan tingkat keplastisan adukan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Adapun konsistensi adukan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut.

- a. Jumlah air pencampur Semakin banyak air, adukan beton akan lebih mudah untuk dikerjakan.
- b. Kandungan semen Jika perbandingan air-semen tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya juga akan lebih tinggi.
- c. Gradasi agregat Agregat yang memenuhi syarat gradasi akan memberi kemudahan pengerjaan beton.
- d. Bentuk butiran agregat Beton yang menggunakan agregat bentuk bulat akan lebih mudah dikerjakan.
- e. Butiran maksimum agregat Pada penggunaan jumlah air yang sama, butiran maksimum agregat yang lebih besar akan menghasilkan kemudahan yang lebih tinggi.

- f. Cara pemadatan dan alat pemadat Cara menggunakan alat pemadat dengan benar akan berpengaruh terhadap kondisi terakhir beton basah setelah selesai pemadatan yang memungkinkan tercapainya target mutu beton keras

Metode pengujian yang dapat dilakukan untuk mengukur sifat kemudahan pengerjaan beton adalah metoda slump (SNI 1972:2008, "Metode pengujian slump beton")

1. Pengujian beton keras

Kekuatan beton merupakan sifat beton keras yang paling penting. Kekuatan beton ditentukan dengan cara menghitung berapa beban maksimum yang dapat dipikul oleh suatu penampang beton melalui pengujian benda uji yang mempunyai bentuk tertentu. Kekuatan beton keras untuk perkerasan kaku meliputi kekuatan tekan (compressive strength), dan kekuatan tarik lentur (flexural strength). Suatu kekuatan beton dipengaruhi oleh empat bagian utama, yaitu :

- a. Proporsi bahan-bahan penyusun beton dengan mutu bahan tertentu
- b. Metode perancangan dan pencampuran
- c. Kondisi pada saat pengecoran dilaksanakan
- d. Perawatan

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai fas semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai fas yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai fas yang terlalu rendah akan membuat adukan beton sulit dipadatkan yang pada akhirnya akan

menghasilkan beton yang kekuatannya kurang, karena kepadatannya tidak maksimal. Umumnya nilai f_{as} yang digunakan untuk beton adalah 0,40 - 0,65. Tetapi untuk beton mutu tinggi dapat digunakan nilai f_{as} yang lebih kecil dengan bantuan bahan tambah yang berfungsi untuk mencapai kemudahan pengerjaan. Pada saat adukan beton dibuat, dalam kondisi plastis beton sama sekali tidak mempunyai kekuatan. Kekuatan beton mulai terjadi setelah hidrasi dan selanjutnya kekuatan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Perubahan kenaikan kekuatan beton yang cukup berarti/signifikan terjadi sampai umur beton 28 hari, dan setelah itu kenaikannya kecil sehingga kekuatan beton dianggap sudah mencapai nilai maksimum pada 28 hari. Jika pada umur 28 hari kekuatan beton dianggap sudah mencapai 100%, kekuatan beton selain pada umur 28 hari umumnya dikonversikan sebagai berikut :

Tabel 12 - Nilai perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur

Sifat beton	Umur beton (hari)						
	3	7	14	21	28	90	365
Beton menggunakan semen Portland biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Beton menggunakan semen Portland dengan kekuatan awal tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

a. Pengujian kuat tekan beton

Kuat tekan dilakukan terhadap benda uji berbentuk kubus berukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm, atau dengan benda uji bentuk silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kekuatan tekan beton dapat diketahui dari nilai tegangan maksimum pada saat benda uji mampu memikul beban tekan maksimum

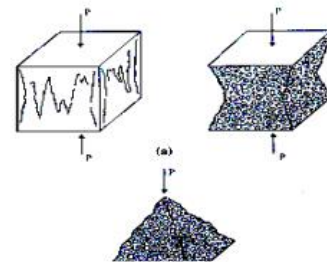
$$f_c = P/A$$

dengan pengertian,

f_c = tegangan penampang beton

P = beban aksial tekan

A = luas penampang yang memikul beban



Gambar 10 Benda uji kubus untuk uji kuat tekan



Gambar 11 Benda uji silinder untuk uji kuat tekan

Model keruntuhan akibat beban aksial pada benda uji seperti pada gambar 19 dan 20 bagian b, menunjukkan mutu keseragaman campuran yang baik. Kekuatan tekan karakteristik dinyatakan sesuai dengan bentuk benda ujinya. Karena adanya bentuk benda uji yang berbeda, maka dalam praktek biasa digunakan nilai-nilai perbandingan kekuatan tekan benda uji sebagai berikut :

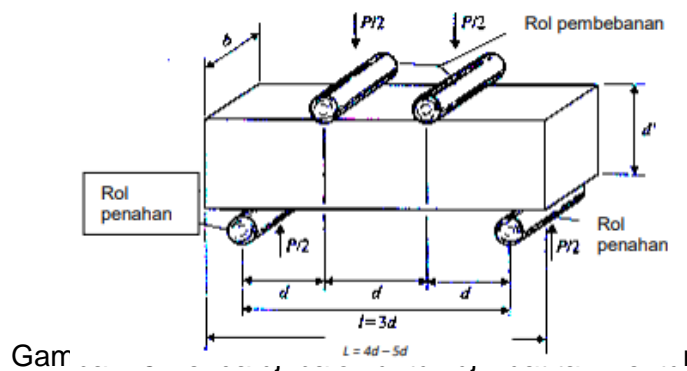
Tabel 13 - Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai bentuk

Benda uji	Perbandingan kekuatan tekan
Kubus 150 x 150 x 150 mm	1,00
Kubus 200 x 200 x 200 mm	0,95
Kubus 100 x 100 x 100 mm	1,07
Silinder ϕ 150 mm tinggi 300 mm	0,83

b. Kuat tarik lentur

Kuat tarik lentur disebut juga kuat tarik tidak langsung sebagai alternatif karena sulitnya melakukan uji kuat tarik dengan gaya aksial secara

langsung, dan biasanya digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan beton semen (rigid pavement). Pengujian kuat tarik lentur dilakukan seperti ditunjukkan Gambar 21 di bawah ini. British Standard menetapkan ukuran benda uji 150 mm x 150 mm x 750 mm (6 x 6 x 30 in). Tetapi jika ukuran maksimum agregat < 25 mm, ukuran benda uji adalah 100 mm x 100 mm x 500 mm (4 x 4 x 20 in). Sedangkan ASTM, menetapkan ukuran 152 mm x 152 mm x 508 mm (6 x 6 x 20 in).



Nilai kuat tarik lentur dari suatu pengujian dihitung sebagai berikut :

$$f_s = P.l/b.d^2$$

dengan pengertian,

f_s = tegangan tarik lentur

P = beban total maksimum

l = panjang bentang

d = tinggi balok

b = lebar balok

