BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara yang sistematis dan terstruktur yang digunakan para peneliti untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menyimpulkan informasi atau data guna memecahkan masalah atau menjawab pertanyaan penelitian. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen. Metode eksperimen merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menguji hubungan sebab-akibat antara dua atau lebih variabel. Dalam eksperimen, peneliti mengendalikan dan memanipulasi satu atau lebih variabel bebas, kemudian mengukur dampaknya terhadap variabel terikat (dependen). Penelitian eksperimen melibatkan pengelompokan subjek menjadi kelompok eksperimen yang diberi perlakuan dan kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan. (Sugiyono, 2021).

Metode eksperimen dilakukan dengan mensubstitusi OPC dengan GGBFS dalam beberapa variasi. Substitusi ini memiliki tujuan untuk mengetahui variasi yang paling optimal pada perencanaan beton dengan mempertimbangkan nilai kuat tekan dan emisi yang dihasilkan.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Universitas Pendidikan Indonesia di Jl. Dr. Setiabudhi no. 207 Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat, Indonesia.

Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Giffari Athallah Budiar, 2025
SUBSTITUSI SEMEN DENGAN GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG TERHADAP KUAT TEKAN DAN EMISI KARBON BETON
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.3 Sampel Penelitian

Jumlah sampel yang akan digunakan ialah sebanyak 60 sampel. Jumlah sampel dihitung berdasarkan variasi substitusi GGBFS terhadap OPC dan juga jumlah hari pengetesan. Variasi substitusi yang digunakan pada penelitian ini adalah, sebagai berikut : 0%; 20%; 40%; 50%; 60%; dan 80%. Untuk mempermudah penamaan beton, digunakan kode sebagai berikut :

BN = Beton Normal

BGGBFS = Beton substitusi Ground Granulated Blast Furnace Slag

Tabel 3.1 Jumlah sampel yang dibutuhkan

Klasifikasi	Jumlah Pengujian Kuat Tekan				Jumlah Sampel
	7 Hari	14 Hari	28 Hari	56 Hari	
BN	3	3	3	3	12
BGGBFS 20%	3	3	3	3	12
BGGBFS 40%	3	3	3	3	12
BGGBFS 50%	3	3	3	3	12
BGGBFS 60%	3	3	3	3	12
BGGBFS 80%	3	3	3	3	12
Jumlah					72

Keterangan :

Sampel diuji hingga hari ke 56 karena GGBFS diasumsikan memiliki reaksi yang lebih lama untuk mengeras disbanding OPC dan mampu memberikan kekuatan terbaiknya pada umur yang lebih lama.

3.4 Instrumen Penelitian

Berikut bahan – bahan yang akan digunakan pada pembuatan sampel beton yaitu sebagai berikut :

1. Semen Portland (OPC)

   Semen Portland yang digunakan merupakan semen Tipe I yaitu semen tanpa kemampuan khusus yang mengacu pada standar ASTM C150-83a. Semen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu semen tiga roda.

2. Agregat halus (Pasir)

   Pasir yang digunakan ialah pasir beton yang berasal dari daerah galunggung. Sebelum dilaksanakan pengecoran dilakukan beberapa pengujian untuk menguji kualitas pasir, diantaranya ialah : Uji kadar lumpur,; Uji berat isi ; Uji kadar air; Uji berat jenis dan penyerapan; Analisis saringan.

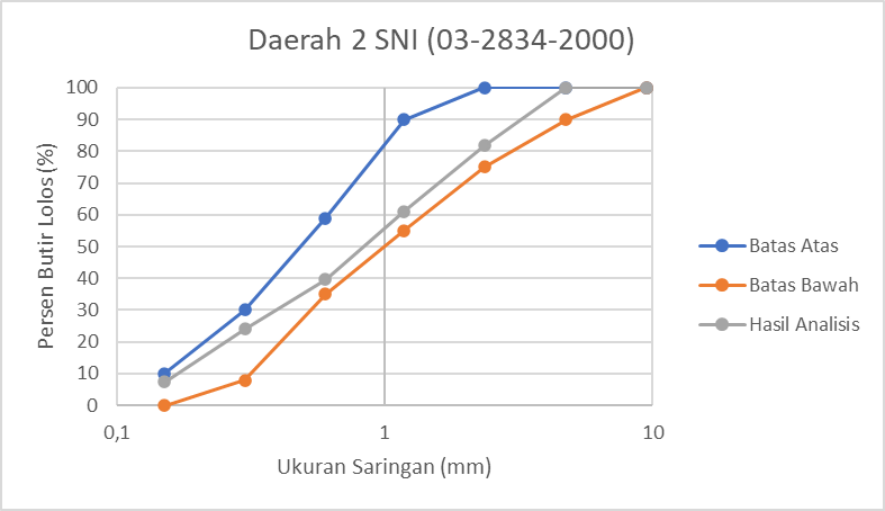
Tabel 3.2 Rekapitulasi Hasil Uji Material Agregat Halus

Agregat Halus		
1	Kadar air	2,11%
2	Berat Isi	1467 kg/m³
3	Modulus halus butir	2,86
4	Kadar lumpur	5,88 %
5	Apparent spesific gravity	2,38 gram
6	Bulk S.G kondisi kering	2,55 gram
7	Bulk S.G kondisi SSD	2,85 gram
8	Persentase absorbtion air	6,84 %

Tabel 3.3 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus

Analisis Saringan Agregat Halus							
Ukuran Saringan		Berat Tertahan Kumulatif	Persentase Berat Tertahan Kumulatif	Persen Lolos	SNI Daerah 2		Hasil
Nomor saringan	mm				Bawah	Atas	
3/8"	9,52	0	0,00%	100,00%	100	100	100
No. 4	4,75	0	0,00%	100,00%	90	100	100
No. 8	2,36	0,074	18,14%	81,86%	75	100	81,86
No. 16	1,18	0,159	38,97%	61,03%	55	90	61,03
No. 30	0,6	0,246	60,29%	39,71%	35	59	39,71
No. 50	0,3	0,31	75,98%	24,02%	8	30	24,02
No. 100	0,15	0,378	92,65%	7,35%	0	10	7,35
No. 200	0,075	0,404	99,02%	0,98%			
Pan	-	0,408	100,00%	0,00%			

Hasil dari analisis saringan menunjukkan pasir yang digunakan memenuhi standar SNI daerah 2 dan layak digunakan untuk perencanaan beton dengan rata – rata tertahan terbanyak pada saringan no. 30. Ukuran agregat halus terdistribusi dengan baik, hal ini terlihat dari adanya agregat yang tertahan pada setiap nomor saringan. Dengan kondisi ini, agregat halus yang digunakan termasuk dalam kategori gradasi menerus (continuous grade). Agregat dengan gradasi menerus memiliki kemampuan kompak yang tinggi, sehingga tercipta interlocking yang baik, karena campuran beton memerlukan variasi ukuran butir agregat.



Gambar 3.2 Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Halus

3. Agregat Kasar (Batu Split)

Agregat kasar yang digunakan ialah batu split dengan ukuran nominal agregat kasar yaitu 19 – 20 mm.

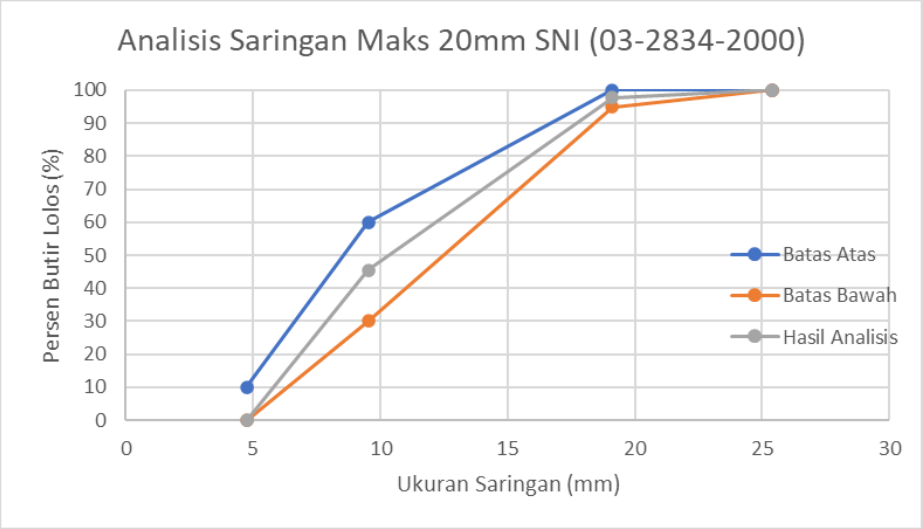
Tabel 3.4 Rekapitulasi Hasil Uji Material Agregat Kasar

Agregat Kasar		
1	Kadar air	5,49 %
2	Berat Isi	1540 kg/m³
3	Keausan Agregat	26,44 %
5	Apparent spesific gravity	2,22 gram
6	Bulk S.G kondisi kering	2,33 gram
7	Bulk S.G kondisi SSD	2,48 gram
8	Persentase absorbtion air	4,62 %

Tabel 3.5 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar

Analisis Saringan Agregat Kasar							
Ukuran Saringan		Berat Tertahan Kumulatif	Persentase Berat Tertahan Kumulatif	Persen Lolos	SNI Maks 20mm		Hasil
Nomor saringan	mm				Bawah	Atas	
1"	25,4	0	0,00%	100,00%	100	100	100
3/4"	19,1	0,023	2,30%	97,70%	95	100	98
3/8"	9,52	0,546	54,49%	45,51%	30	60	45,51
4	4,75	1,002	100,00%	0,00%	0	10	0,00
pan	0,6	1,002	100,00%	0,00%			

Hasil dari analisis saringan menunjukkan batu split yang digunakan memenuhi standar SNI ukuran agregat kasar maks 20 mm dan layak digunakan untuk perencanaan beton dengan rata – rata tertahan terbanyak pada saringan no. 3/8".



Gambar 3.3 Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Kasar

4. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Struktur Fakultas Pendidikan Teknlogi dan Kejuruan Universitas Pendidikan Indonesia. Secara terlihat air tampak tidak berwarna (jernih) dan tidak berbau.

5. Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)

GGBFS yang digunakan berasal dari PT. Krakatau semen Indonesia, Cilegon. GGBFS memiliki fisik berwarna putih, butiran yang lebih halus daripada OPC sehingga membuat permeabilitas beton lebih rapat. Setelah dilakukan pengujian berat jenis dari GGBFS didapatkan sebesar 2.91. Berikut Spesifikasi dari GGBFS yang digunakan.

Tabel 3.6 Spesifikasi GGBFS PT. Krakatau Semen Indonesia

Parameter	Unit	Req	Standard	Protocol
Alumunium Trioxide (Al203)	%	max	16	ASTM C 114
Calcium Oxide (CaO)	%	min	37	ASTM C 114
Magnesium Oxide (MgO)	%	max	10	ASTM C 114
Silicon Dioxide (SiO2)	%	max	40	ASTM C 114
Chloride (Cl)	%	max	0,1	ASTM C 114
Loss On ignition (Lol)	%	max	3	ASTM C 114
Glass Content (Glass)	%	min	97	ASTM C 114
Strenght Activity (3 days)	%	min	45	ASTM C 109
Strenght Activity (7 days)	%	min	70	ASTM C 109
Strenght Activity (28 days)	%	min	95	ASTM C 109

Data alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Timbangan

Digunakan untuk menimbang berat material benda uji dan berat sampel beton.

2. Gelas ukur 1000cc

Digunakan untuk melakukan pengujian kadar lumpur agregat.

3. Takaran berbentuk silinder

Digunakan untuk melakukan pengujian berat volume agregat kasar dan agregat halus.

4. Bekisting beton silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm

Digunakan untuk membuat sampel benda uji.

5. Satu set ayakan dengan ukuran yang diatur SNI ASTM C136:2012.

Berfungsi untuk pengujian gradasi agregat halus dan agregat kasar.

6. Sieve shaker

Digunakan untuk menggetarkan ayakan pada pengujian gradasi gregat.

7. Piknometer atau labu ukur dengan kapasitas 500 ml

Berfungsi untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus.

8. Kerucut terpancung (cone)

Digunakan untuk mengetahui keadaan jenuh permukaan (SSD) pada pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus.

9. Oven yang suhunya dapat diatur sampai (110± 5)0 c

Digunakan mengeringkan agregat kasar untuk mengetahui berat kering oven material.

10. Pengaduk beton (mixer)

Digunakan untuk mengaduk bahan penyusun beton.

11. Slump Cone

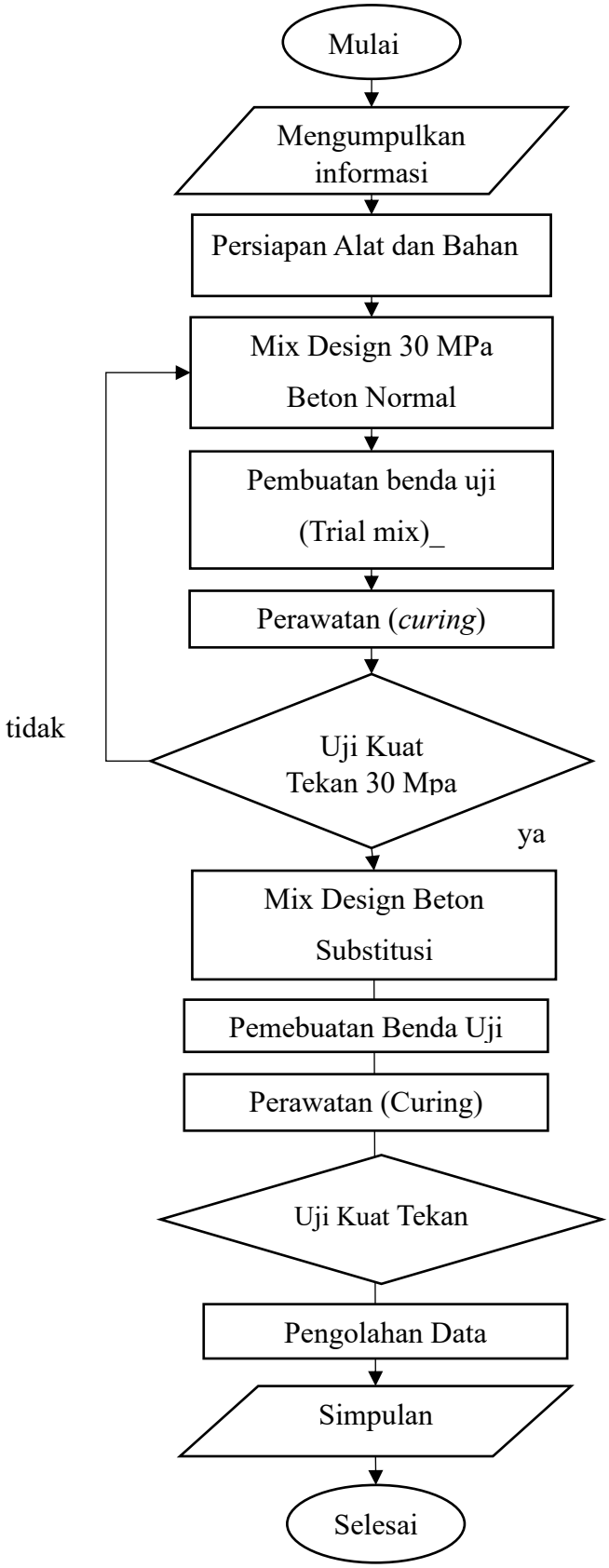
Digunakan dalam pengujian workability beton.

12. Mesin uji kuat tekan

Digunakan untuk pengujian kuat tekan sampel benda uji.

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mensubstitusi OPC dengan GGBFS sebagai binder utama beton eksperimen. Metode eksperimen dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek dari substitusi OPC dengan GGBFS terhadap kuat tekan, beton, workability dan Emisi karbonnya. Penelitian ini dilakukan dengan berbagai acuan informasi yang didapatkan dari peraturan diantaranya SNI, ASTM, ACI, selain itu informasi dalam buku, dan juga jurnal – jurnal terkait. Berikut alur penelitian yang dapat dilihat pada diagram alir :



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

3.6 Perancangan Campuran Beton f'c 30 Mpa

Beton yang bertindak sebagai kelompok kontrol ditentukan memiliki kekuatan tekan (f'c) sebesar 30 Mpa. Perancangan beton f'c 30 Mpa mengunakan metode *American Concrete Institute* (ACI). Langkah-langkah perancangan beton metode ACI adalah sebagai berikut :

1. Hitung kuat tekan rata-rata beton, berdasarkan kuat tekan dan margin

   f'cr = m+f'c

   a. Nilai margin dihitung dengan rumus m = 1,1*f'c+ 5
   b. Standar deviasi (Sd) diambil dari tabel 3.5 berdasarkan mutu pelaksanaan yang diinginkan.

Tabel 3. 7 Nilai Standar Deviasi Menurut ACI

Volume pekerjaan	Mutu Pelaksanaan (Mpa)		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil (<1000m³)	4,5<sd≤5,5	5,5<sd≤6,5	6,5<sd≤8,5
Sedang (1000-3000m³)	3,5<sd≤4,5	4,5<sd≤5,5	5,5<sd≤6,5
Besar (>3000m³)	2,5<sd≤3,5	3,5<sd≤4,5	4,5<sd≤5,5

Sumber : Teknologi Beton (Tri Mulyono, 2005)

   c. Kuat tekan rencana (f'c) ditentukan berdasarkan rencana atau dari hasil uji yang lalu.
   d. Kuat tekan rencana = 30 MPa

      Kuat tekan rata - rata = 1.1 * 30 + 5 + 7 = 45 MPa

2. Tetapkan nilai slump
   a. Nilai slump ditentukan atau dapat mengambil data dari tabel 3.8

Tabel 3. 8 Slump yang Disyaratkan Untuk Berbagai Konstruksi Menurut ACI

Jenis Konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum*	Minimum
Dinding penahan dan Pondasi	76,2	25,4
Pondasi sederhana, sumuran dan dinding sub struktur	76,2	25,4
Balok dan dinding beton	101,6	25,4

Jenis Konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum*	Minimum
Kolom struktural	101,6	25,4
Perkerasan dan slab	76,2	25,4
Beton massal	50,8	25,4

*) Dapat ditambahkan sebesar 25,4 mm untuk pekerjaan beton yang tidak menggunakan vibrator

Sumber: Teknologi Beton (Tri Mulyono, 2005)

b. Ukuran maksimum agregat ditentukan berdasarkan analisis saringan, ukuran agregat maksimum yang digunakan ialah sebesar 19 mm.

c. Slump rencana = 50 - 80 cm.

3. Tetapkan jumlah air yang dibutuhkan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump, tentukan berdasarkan tabel 3.8

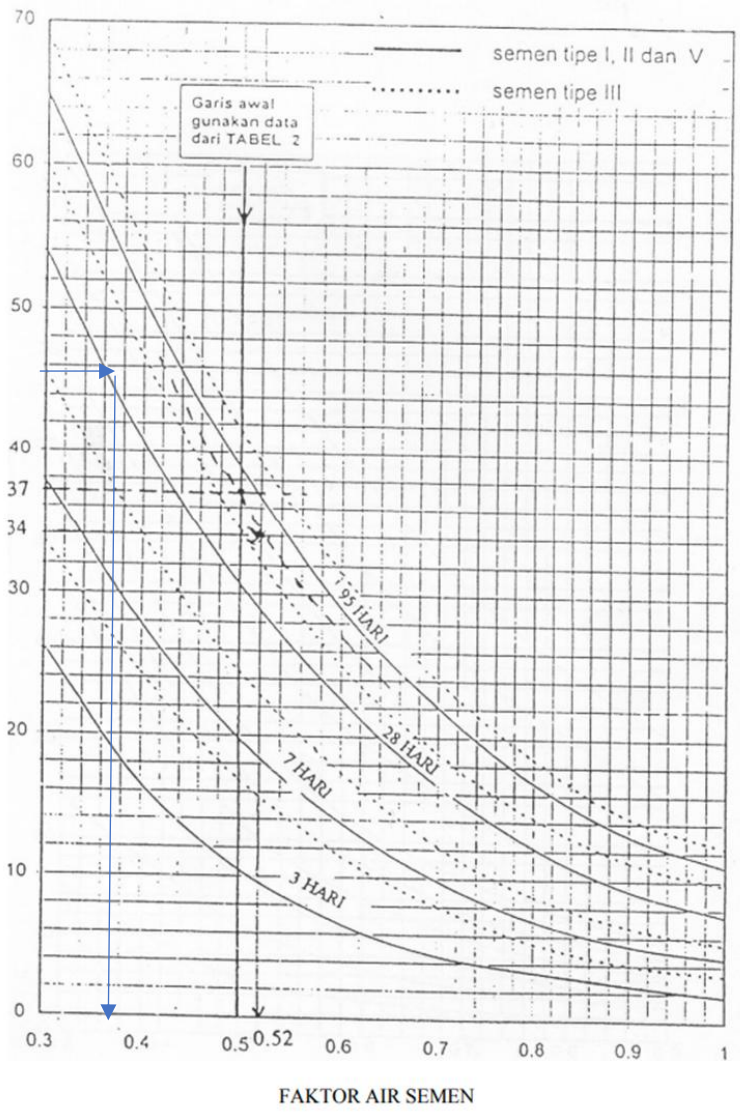
Tabel 3. 9 Perkiraan Air Campuran dan Persyaratan Kandungan Udara untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum, ACI

Slump (mm)	Air (lt/m³)							
	9,5 mm	12,7 mm	19,1 mm	25 mm	37,5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
25, s/d 50,	207	199	190	179	166	154	130	113
76, s/d 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150, s/d 175	243	228	216	202	190	178	160	-
Mendekati jumlah kandungan udara dalam beton air-entrained (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
25,4 s/d 50,8	183	177	168	162	150	144	123	108
76,2 s/d 127	204	195	183	177	165	159	135	120
152,4 s/d 177,8	219	207	195	186	174	168	156	-
Kandungan udara total rata-rata yang disetujui (%)								
Diekspose sedikit	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Diekspose menengah	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Sangat diekspose	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Sumber : Teknologi Beton (Tri Mulyono, 2005)

a. Perkiraan air campuran = 205 kg/m³

4. Tetapkan nilai faktor air semen (FAS) berdasarkan tabel 3.9



Gambar 3. 5 Nilai Faktor Air Semen Menurut ACI

Sumber : Teknologi Beton (Tri Mulyono, 2005)

Didapatkan nilai FAS 0.37

5. Jumlah air dibagi FAS untuk mendapatkan jumlah semen.
   = 205/0.37 = 554.05 kg/m³

6. Tetapkan volume agregat kasar berdasarkan agregat maksimum dan modulus halus butir (MHB) agregat halusnya sehingga didapat persen agregat kasar, data ditampilkan pada tabel 3.10

Tabel 3. 10 Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton, Metode ACI

Ukuran Agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering persatuan volume untuk berbagai modulus halus butir			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,7	0,59	0,57	0,55	0,53
19,1	0,66	0,64	0,62	0,60
25,4	0,71	0,69	0,67	0,65
38,1	0,75	0,73	0,71	0,69
50,8	0,78	0,76	0,74	0,72
76,2	0,82	0,0	0,78	0,76
152,4	0,87	0,85	0,83	0,81

Sumber : Teknologi Beton (Tri Mulyono, 2005)

b. Interpolasi dilakukan apabila nilai modulus halus butirnya berada diantara ketentuan tabel. Modulus kehalusan AH = 2,86%
c. Volume agregat kasar = persentase agregat kasar x berat kering agregat kasar.
d. V. Agregat kasar = 0.62 * 1540 = 954.800 kg/m³

7. Hitung volume absolut

Volume absolut = berat bahan / kepadatan absolut
Kepadatan absolut = berat jenis x kepadatan air

V. absolut air	= 205 / 1000	= 0.205 m³
V. absolut semen	= 554.054 / 1000 * 3.15	= 0.176 m³
V. absolut Agregat Kasar	= 954.800 / 1000 * 2.4	= 0.410 m³

V absolut Agregat Halus didapatkan dari 1 – total volume absolute

V. absolut Agregat Halus	= 1 – 0.205 – 0.176 – 0.410	= 0.189 m³

8. Hitung proporsi bahan, semen, air, agregat kasar dan agregat halus, kemudian koreksi berdasarkan nilai daya serap air pada agregat.
   a. Semen didapat dari langkah 5
   b. Air didapat dari langkah 3
   c. Agregat kasar didapat dari langkah 6
   d. Agregat halus didapat dari langkah 7 (Volume absolut agregat halus x agregat halus kondisi ssd x 1000)
   e. Agregat halus = 0.189 * 2.85 * 1000 = 537.926 kg/m³
9. Substitusi GGBFS terhadap Semen dilakukan dengan cara sebagai berikut: Komposisi GGBFS (Kg) = ((Persentase substitusi (%) x Berat Jenis GGBFS (Kg/m³))/ Berat Jenis Semen (Kg/m³))

Tabel 3. 11 Komposisi Akhir untuk Perencanaan Beton Normal 30 Mpa

KOMPOSISI AKHIR UNTUK PERENCANAAN /M³ BETON			
No	keterangan	jumlah	satuan
1	Semen	554,054	kg/m³
2	Air	205,000	
3	Agregat Halus	537.926	
4	Agregat Kasar	954.800	

3.7 Persiapan dan Pembuatan Benda Uji

Setelah ditetapkan unsur-unsur campuran, prosedur berikutnya adalah mempersiapkan bahan-bahan dan melakukan penegcoran. Prosedur pengecoran sesuai dengan panduan praktikum laboratorium struktur FPTK UPI. Berikut langkah – langkah pengecoran :

1. Persiapkan bahan campuran sesuai dengan rencana berat pada wadah yang terpisah.
2. Persiapkan wadah yang cukup menampung volume beton basah rencana.
3. Membersihkan bagian dalam mesin pengaduk.
4. Hidupkan mesin pengaduk (*concrete mixer*).

5. Masukkan agregat kasar dan agregat halus kedalam molen, aduk selama 2 menit.
6. Tambahkan semen pada agregat campuran dan ulangi proses pencampuran, sehingga diperoleh adukan kering agregat dan semen yang merata. Untuk beton substitusi GGBFS, sebelum semen dimasukkan kedalam molen, GGBFS dan semen diaduk rata hingga homogen terlebih dahulu di dalam ember setelah itu dimasukkan kedalam molen.
7. Tuangkan jumlah air total kedalam molen pada menit ke 4 atau 5, dan lakukan pencampuran sampai terlihat konsistensi adukan yang merata.
8. Meletakkan wadah didepan *concrete mixer* sedemikian rupa sehingga adukan campuran beton dapat jatuh kedalam wadah.
9. Setelah 6 – 7 menit pencampuran dan terlihat campuran telah homogen Tuangkan beton segar kedalam wadah dengan menggulingkan molen.

3.8 Slump Test

Penentuan ukuran derajat kemudahan *(workability)* pengecoran adukan beton basah/segar. *Slump Test* dilakukan sesuai dengan panduan praktikum labolatorium struktur FPTK UPI.

a. Peralatan

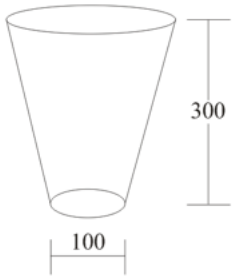
1. Cetakan berupa kerucut terpancung dengan diameter bagian bawah 20 cm,bagian atas 10 cm dan tinggi 10 cm.Bagian bawah dan atas cetakan terbuka.
2. Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm. Ujung dibulatkan dan sebaiknya bahan tongkat dibuat dari baja tahan karat.
3. Pelat logam dengan permukaan tara dan kedap air.
4. Sendok cekung.

b. Tahapan *Slump Test*

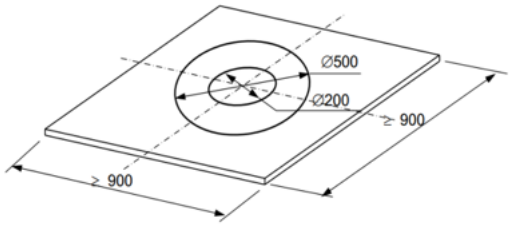
1. Cetakan dan pelat dibasahi dengan kain basah.
2. Letakan cetakan diatas pelat.
3. Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapisan.Tiap lapisan kira-kira 1/3 isi cetakan.Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata.Tongkat pemadat harus

masuk tepat sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan.Pada lapisan pertama,penusukan bagian tepi dilakukan dengan tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan dinding cetakan.

4. Setelah selesai pemadatan,ratakan permukaan benda uji dengan tongkat,tunggu selama setengah menit,dan dalam jangka waktu ini semua kelebihan beton segar disekitar cetakan harus dibersihkan.
5. Cetakan diangkat secara perlahan-lahan tegak lurus keatas.
6. Balikan cetakan dan letakan disamping benda uji.
7. Ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata dari benda uji.



Gambar 3. 6 Slump Cone



Gambar 3. 7 Pelat

Sumber : EFNARC, 2005.

c. Perhitungan

Nilai SLUMP = tinggi cetakan – tinggi rata-rata benda uji.

3.9 Pembuatan dan Persiapan benda uji

Membuat benda uji untuk pengujian kekuatan beton. Dilakukan berdasarkan panduan praktikum laboratorium struktur FPTK UPI.

a. Peralatan

1. Cetakan silinder, diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.

2. Tongkat pemadat diameter 16 mm, panjang 60 cm dengan ujung dibulatkan, sebaiknya dibuat dari baja tahan karat.
3. Bak pengaduk beton kedap air atau mesin pengaduk.
4. Timbangan dengan ketelitian 0,3 % dari berat benda uji.
5. Mesin tekan yang kapasitas sesuai kebutuhan.
6. Satu set alat pelapis (capping).
7. Peralatan tambahan : ember, skop, sendok perata dan talam.

b. Prosedur Pencetakan

1. Cetakan disapu sebelumnya dengan oli agar beton mudah nanti dilepaskan dari cetakan.
2. Adukan beton diambil langsung dari wadah adukan beton dengan menggunakan ember atau alat lainya yang tidak menyerap air. Bila dirasakan perlu bagi konsistensi adukan, lakukan pengadukan ulang sebelum dimasukan kedalam cetakan.
3. Padatkan adukan dalam cetakan, sampai permukaan adukan beton mengkilap.
4. Isilah cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap-tiap lapis dipadatkan dengan 25 tusukan secara merata. Pada saat melakukan pemadatan lapisan pertama, tongkat pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan. Pada saat pemadatan lapisan kedua serta ketiga tongkat pemadat lebih masuk antara 25,4 mm kedalam lapisan bawahnya.
5. Setelah selesai melakukan pemadatan, ketuklah sisi cetakan perlahan lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup. Ratakan permukaan beton dan tutuplah segera dengan bahan yang kedap air dan tahan karat. Kemudian biarkan beton dalam cetakan selama 24 jam dan tempatkan ditempat yang bebas dari getaran.
6. Setelah 24 jam, bukalah cetakan dan keluarkan benda uji.

3.10 Curing

Perawatan dilakukan untuk memastikan proses hidrasi selanjutnya tidak terhambat. Jika proses ini terganggu, beton dapat retak akibat kehilangan air yang cepat. Perawatan harus dilakukan minimal selama tujuh hari, sementara beton dengan kekuatan awal tinggi harus dipertahankan minimal selama tiga hari dan

tetap dalam kondisi lembab, kecuali jika menggunakan metode perawatan yang dipercepat.

Curing pada sampel ini dilakukan dengan metode direndam. Berikut tahapan curing beton :

1. Setelah menunggu pencetakan beton dalam bekisting selama 24 jam, beton dilepaskan dari bekisting lalu dibiarkan terlebih dahulu dalam suhu ruangan selama 2 hari.
2. Isi wadah dengan air bersih hingga penuh
3. Rendam beton didalam wadah. Pastikan beton terendam sepenuhnya.
4. Keluarkan beton dari wadah rendam 1 hari sebelum pengetesan.

3.11 Pengujian berat jenis

Pengujian berat jenis dilakukan untuk mengetahui nilai berat jenis beton yang dihasilkan, pengujian dilakukan dengan menimbang berat beton dengan menghitung volume beton tersebut. Nilai berat jenis diperoleh dengan membagi massa dengan volumenya.

Adapun langkah-langkah pengujian berat jenis beton sebagai berikut :

1. Menimbang sampel beton uji.
2. Mengukur diameter dan tinggi dari sampel beton yang digunakan.
3. Menghitung volume sampel beton yang digunakan.

Adapun rumus perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\gamma = \frac{w}{v}$$

Keterangan :
γ : berat jenis (kg/m^3)
w : berat sampel beton (kg)
v : volume beton (m^3)

3.12 Pengujian Kuat Tekan Beton

a. Tujuan

Untuk mengetahui kuat tekan beton dari silinder beton yang mewakili specimen beton dalam mix desain. Pengujian dilakukan saat umur

beton 7, 14, 28, 56 hari. Dilakukan sesuai dengan panduan praktikum laboratorium struktur FPTK UPI.

b. Peralatan

Universal Testing Machine dengan kapasitas 300 KN dan ketelitian 1 KN

c. Bahan

Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm

d. Prosedur pelaksanaan

1. Permukaan benda uji yang akan di tes dibersihkan dan diletakan pada alat tes.
2. Benda uji harus ditempatkan tepat di tengah konsentrasi dari alat tes.
3. Kecepatan pembebanan harus kontinu dan tanpa hentakan dengan kecepatan pembebanan yang disyratkan 0.14 s/d 0.34 Mpa/detik.
4. Dilihat dan dicatat nilai kemampuan hancur dari benda uji.

Tabel 3. 12 Hasil Pengujian trial mix beton normal 30 mpa

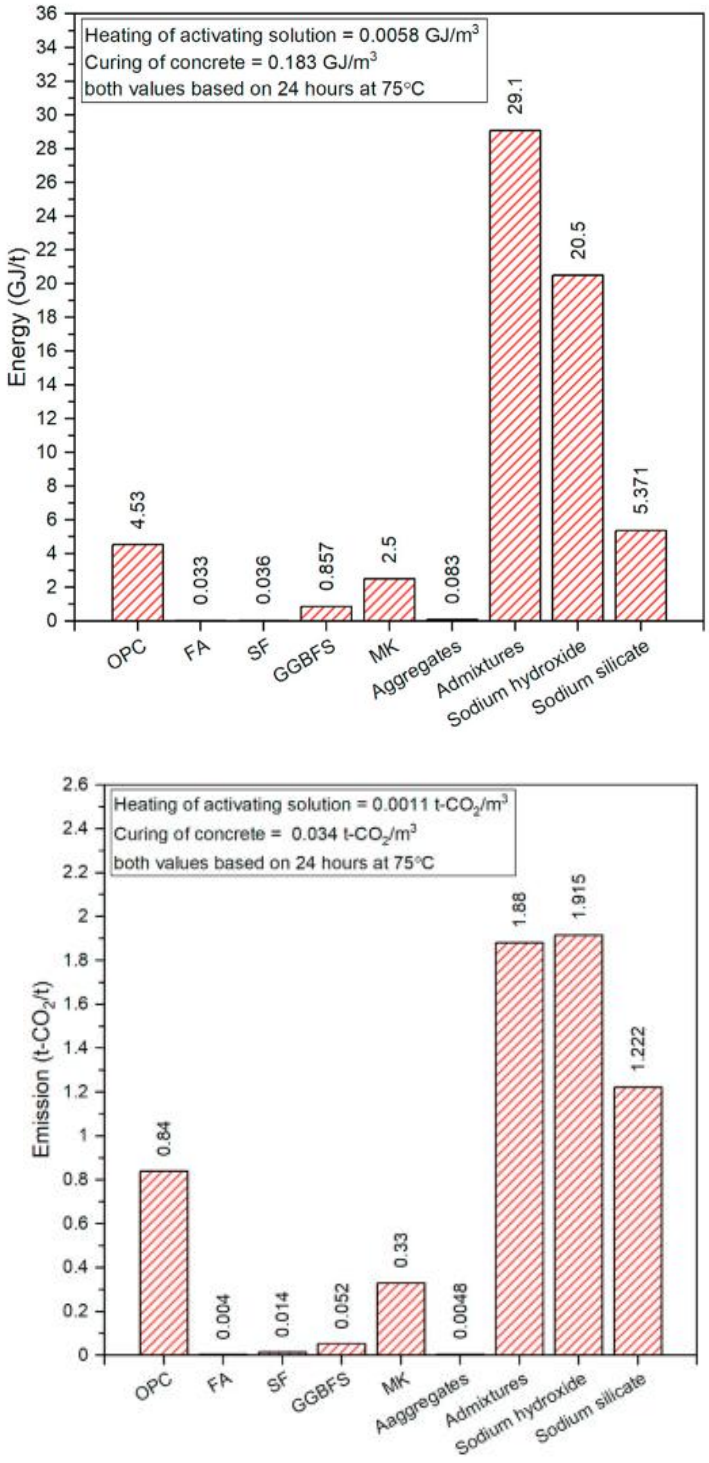
No	Umur (Hari)	Berat Benda Uji (Kg)	Luas Penampang (mm2)	Beban (kN)	Kuat tekan 14 Hari (MPa)	Kuat tekan 28 Hari (konversi 0,879) (MPa)	Rata Rata Kuat Tekan (MPa)
1	14	3.533	7853.982	212,000	27.006	30.723	31.868
2	14	3.559	7853.982	216.600	27.592	31.390	
3	14	3.696	7853.982	231,100	29,439	33.492	

3.13 Analisa data pengujian

Analisis data yang akan dibahas dalam penelitian ini meliputi kuat tekan beton dan perhitungan emisi. Data tersebut akan dianalisis dan disajikan secara deskriptif kuantitatif dalam bentuk grafik dan tabel. Selanjutnya data tersebut akan dibandingkan untuk mencari proporsi beton yang paling efektif.

Analisa perhitungan emisi beton akan dibagi menjadi dua analisis yaitu perhitungan energi dan perhitungan emisi karbon. Berikut langkah analisis perhitungan energi dan emisi pada tiap proporsi mix design beton dalam m^3 :

a. Menghitung setiap material pada tiap mix design dengan mengkalikan jumlah tiap material per m³ dengan koefisien energi (GJ/m³) dan koefisien emisi (t-CO2/m³).



Gambar 3. 8 Koefisien perhitungan energi dan karbon emisi

Sumber : The Concrete Centre, 2009 & European Federation of Concrete, 2015

b. Menghitung total energi dan emisi yang dihasilkan dengan menjumlahkan setiap perhitungan komponen material.
c. Menghitung jumlah energi dan emisi yang dihasilkan per Mpa kuat tekan beton dengan membagi jumlah energi dan emisi dengan Mpa yang dihasilkan.

Tabel 3. 13 Hasil Perhitungan energi Beton Normal 30 Mpa

Beton Normal				
Material	Jumlah per m³	Koefisien energi	Jumlah energi	Unit
Semen	554.054	4.53	2509	GJ/m³
Agregat	1492.726	0.083	123.90	GJ/m³
Total Energi			2633.76	GJ/m³
Total Energi per MPa Beton = 31.868 MPa			82.645	MJ/MPa

Tabel 3. 14 Hasil Perhitungan Emisi Beton Normal 30 Mpa

Beton Normal				
Material	Jumlah per m³	Koefisien Emisi	Jumlah Emisi	Unit
Semen	554.054	0.84	465.40	t-CO_2/m³
Agregat	1435.592	0.0048	7,170	t-CO_2/m³
Total Emisi			472.57	t-CO_2/m³
Total Emisi per Mpa Beton = 31.868 MPa			14.82	Kg CO_2/MPa