

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini dilakukan dalam rangka mengidentifikasi pengaruh dari penggunaan *Ground Granulated Blast Slag Furnace* (GGBFS) sebagai salah satu material substitusi semen terhadap kuat tekan beton, *flowability*. Penggunaan *Ground Granulated Blast Slag Furnace* (GGBFS) diharapkan dapat menjadi pengurangan limbah di Industri terlebih pada industri baja, sehingga dapat mengurangi polutan yang ada di sekitar. Selain itu penggunaan *Ground Granulated Blast Slag Furnace* (GGBFS) menjadi salah satu strategi untuk mengurangi ketergantungan penggunaan semen dan berdampak pada nilai ekonomis dalam industri konstruksi.

3.2 Penelitian Terdahulu

Pada studi literatur yang telah penulis laksanakan bahwa penelitian mengangkat limbah *Ground Granulated Blast Slag Furnace* (GGBFS) sudah diteliti peneliti terdahulu dengan variasi penggunaan limbah yang berbeda, tetapi yang membedakan dari penelitian ini adalah guna mengidentifikasi pengaruh beton pada penggunaan *superplasticizer* untuk mendapatkan *flowability* beton dalam metode yang diangkat yaitu *Self Compacting Concrete* (SCC).

Tabel 3. 1 Research Gap

No.	Peneliti (Tahun)	Judul	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian/ Temuan
1	Asadullah Dost, Mr. Anil Kumar (2021)	<i>Effects of Fly Ash, Coarse Aggregate, Ground Granulated Blast Furnace Slag and Curing on the Strength of Self-</i>	Pengaruh penggunaan <i>fly ash</i> , <i>coarse aggregate</i> , GGBFS pada kekuatan beton SCC	Kekuatan semua nilai SCC pada 12 jam ditemukan >10% dari kekuatan 28 hari. Kemampuan alir menurun karena ukuran terbesar dari agregat kasar ditingkatkan, dan agregat hancur dengan rasio W/P yang sama

No.	Peneliti (Tahun)	Judul	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian/ Temuan
		<i>Compacting Concrete (SCC)</i>		dengan <i>superplasticizer</i> yang digunakan. Kompresi Kekuatan GGBFS sebagai pengganti beton berkurang pada usia dini, tetapi pada usia lanjut (56 dan 90 hari), kekuatannya setara atau lebih tinggi dari beton referensi. Kuat tekan tertinggi dicapai SCC dengan 15% GGBFS.
2	Rizqi Fahrudin (2021)	<i>Pengaruh semen ground granulated blast furnace slag (GGBFS) pada komposisi semen terhadap kuat tarik belah beton mutu tinggi</i>	Pengaruh dari GGBFS pada kuat tarik belah beton berkualitas tinggi maupun melalui penambahan bahan <i>silica fume</i> terhadap proporsi semen	Nilai kuat tarik belah beton pada benda uji silinder yang bervariasi dengan umur dari 7, 14, 28, 56, serta 90 hari mengalami peningkatan dan penurunan. Hal yang turut mendapatkan pengaruh dari kadar semen GGBFS dan <i>silica fume</i> . Sedangkan nilai kuat tarik belah beton pada benda uji silinder yang menggunakan variasi mutu >3,22 MPa akan meningkatkan nilai kuat tarik belah beton seiring semakin besarnya mutu beton.
3	Thanjavur (2021)	<i>Performance of ternary blend SCC with ground granulated blast furnace slag and metakaolin</i>	Pengembangan SCC menggunakan GGBFS dari 30% s.d 50%, Metakaolin 5% s.d 15%	Penggunaan 5% Metakaolin dan 30% GGBFS menunjukkan peningkatan kuat tekan yang lebih baik dibanding kombinasi yang lain.

No.	Peneliti (Tahun)	Judul	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian/ Temuan
4	Rudi Yuniarto Adi, Safira Yulia Rizqi, Sie Alexander Patrick Subagyo, Han Ay Lie (2020)	Pengaruh Substitusi Semen dengan Semen <i>Slag</i> pada Mortar terhadap Kebutuhan Air dan Waktu Ikat, dan Peningkatan Kuat Tekan Mortar pada Umur 14 hari dan 28 Hari	Pengaruh dari umur mortar pada kuat tekan melalui perbandingan material semen dengan pasir yaitu 1 : 3. Adapun untuk besaran persentase substitusi dari semen <i>slag</i> pada semen <i>Portland</i> yaitu 0%, 25%, 5% dan 75% dari keseluruhan berat semen.	Terdapat peningkatan signifikan pada kuat tekan dari substitusi semen <i>slag</i> 25% ketika berumur 28 hari daripada masih berumur 14 hari, yakni 31,90%.
5	Subarkah (2020)	<i>Effects of Ground Granulated Blast Furnace Slag and Recycled Coarse Aggregates in Compressive Strength of Concrete</i>	<i>GGBFS and Recycled Coarse Aggregates</i>	Komposisi GGBFS divariasikan 0%, 25%, 50%, 75% dengan komposisi agregat kasar 40% terhadap agregat alami. Penggunaan 50% GGBFS memberikan kuat tekan sebesar 24,8 MPa. Penggunaan dari GGBFS akan menghasilkan nilai ekonomi beton dan mengurangi emisi CO ₂
6	Anni Susilowati, Pratikto, Dennis Yudha Praditya, Kusno Wijayanto (2019)	Kuat tekan <i>self compacting concrete</i> menggunakan <i>ground granulated blast furnace slag</i>	Menggunakan metode <i>Self Compacting Concrete (SCC)</i> dengan fas 0.4, variasi GGBFS 0% s.d 80%, 1.4 % <i>superplastisizer</i> dari berat semen	SCC dengan kualitas paling baik adalah SCC dengan penggunaan GGBFS 20% karena mendapatkan nilai kuat tekan ketika berumur 28 hari, serta Penggunaan GGBFS sampai 80% kecenderungannya dapat menurunkan nilai <i>slump flow</i> .

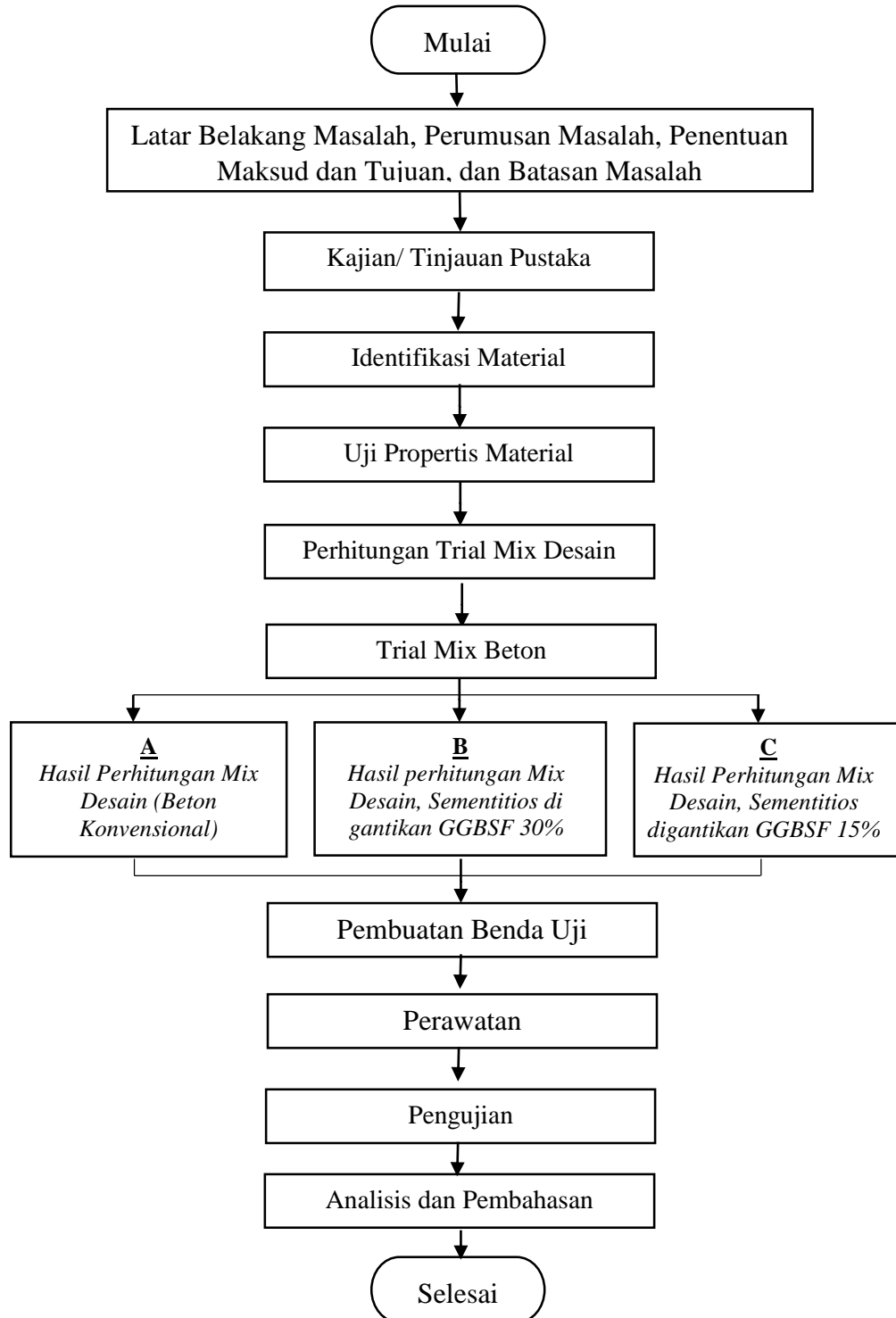
No.	Peneliti (Tahun)	Judul	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian/ Temuan
7	Resti Nur Arini, Niken Warastuti, M. Wahyu Krisna Darmawan (2019)	Analisis kuat tekan dengan aplikasi <i>ground granulated blast Furnace slag</i> sebagai pengganti sebagian semen pada campuran beton	Komposisi pengganti semen yang beroleh kuat tekan maksimal terhadap <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i> sebesar 0%, 20%, 40%, dan 60%.	Pada penelitian ini, kadar maksimal dari GGBFS dijadikan substitusi sebagian semen dengan besaran 40% ketika berumur 28 hari dan beroleh uji kuat tekan yang mencapai 50,39 Mpa.
8	Hendramawat Aski Safarizki (2017)	Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Bata dan Serat Fiber pada <i>Self Compacting Concrete</i>	Bahan Tambah Serbuk Bata dan Serat Fiber pada <i>Self Compacting Concrete</i>	Peningkatan nilai <i>slump flow</i> yang dapat meningkatkan <i>flowability</i> dan <i>workability</i> ditunjukkan pada Penambahan serbuk bata dan limbah fiber pada beton SCC. <i>Slump flow</i> menurun hingga 50% terhadap tambahan limbah fiber. Ditemukan peningkatan pada penambahan suatu serbuk bata ataupun limbah fiber ketika kuat tekan umur 1 hari.
9	Muhammad Amin, Zoraya (2015)	Pengendalian Kualitas <i>Blaine</i> (Kehalusan) Semen Terhadap Kuat Tekan Pada Industri Semen di PT. Semen Barurata (Persero) Panjang	<i>blaine</i> (kehalusan butir) pada semen	<i>Blaine</i> semen yang semakin halus dapat membesarkan kuat tekannya

No.	Peneliti (Tahun)	Judul	Variabel yang diteliti	Hasil Penelitian/ Temuan
10	Rusyandi dkk (2012)	Perancangan Beton <i>Self Compacting Concrete</i> (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan <i>Fly Ash</i> dan <i>Structure</i>	Beton <i>Self Compacting Concrete</i> (Beton Memadat Sendiri) melalui Penambahan <i>Fly Ash</i> dan <i>Structure</i>	Maksud dilakukannya penelitian ini adalah hendak mengidentifikasi pengaruh yang diberikan tambahan <i>admixture</i> kimia <i>Superplasticizer</i> “Structuro” dan <i>Filler</i> “Fly Ash” pada karakteristik SCC. Dilakukan pencampuran <i>Superplasticizer</i> yang berkadar 0,3 % dengan disertai pengurangan kadar air campuran. Sementara pada <i>Fly Ash</i> berkisar 8% atas volume campuran beton per m ³ .
11	Sugiharto dkk (2006)	Penelitian mengenai Peningkatan Awal Beton pada <i>Self Compacting Concrete</i>	Peningkatan Awal Beton pada <i>Self Compacting Concrete</i>	Penggunaan <i>Silica Fume</i> 2 % dan <i>Glenium Ace-80</i> 2.5 % telah sanggup memenuhi kriteria <i>self compactible</i> dan juga kuat tekan awal (<i>High Early Strength</i>) yang optimal, sebab dapat terjaga nilai <i>water-binder ratio</i> nya masih rendah

Penggunaan metode SCC dipilih, menimbang kemudahan dalam pengaplikasiannya dan lebih terjangkau karena tidak perlu menggunakan alat bantu vibrator. Metode SCC ini untuk pencampuran beton sudah banyak di aplikasikan seperti pada penelitian – penelitian sebelumnya dengan bahan tambah yang berbeda-beda mulai dari pemanfaat *flyash*, *silica fume* ataupun dengan *recycle coarse*. Pada penelitian Asadullah Dost, dkk (2021) dan Anni Susilowati, dkk (2019) mempunyai kesamaan dengan penelitian ini yaitu pemanfaatan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen tetapi beda pada F.A.S beton dan perbandingan variasi sehingga beda dalam takaran semen per meter kubiknya.

3.3 Bagan Alir

Di bawah ini ialah bagan alir dari proses penelitian:



Gambar 3. 1 Bagan Alir Proses Penelitian

3.4 Mix Desain

Standart yang diterapkan pada penelitian ini yakni pada Mix Desain K-300 dengan detail formula sebagai berikut :

CONCRETE MIX FORMULA K-300					
MATERIAL				Spesific Gravity	
Fine Agregat	:	Pasir Alam Ex Muntilan		SSD	2,58
Course Agregat	:	10 -20 mm ex. Gringsing		SSD	2,71
	:	5 -10 mm ex.Gringsing		SSD	2,70
Cement	:	Semen Gresik Type 1 ex Gresik			3,15
Water	:	Artetis			1,00
Additif	:	(Type F) ex Grolen HP9			1,17
DESIGN CALCULATION					
w/c			0,49		
Air Bebas			180 kg/m ³	180,0	dm ³
Kadar Semen			370 kg/m ³	117,6	dm ³
Additif	:	F	1,50 %	4,75	dm ³
Volume Pasta				302,3	dm ³
Volume Agregat				697,7	dm ³
Fine Agregat	48%	Course Agre. 5 -10	37%	Agre. 10 -20	15%
864,0	kg/m ³	657,6	kg/m ³	283,6	kg/m ³
Density			2361,1		kg/m ³

Gambar 3. 2 Job Mix Formula

Dengan *Mix Formula* tersebut maka kami jadikan menjadi 3 Variasi Pengujian dengan detail sebagai berikut :

Tabel 3. 2 Job Mix Formula

Variasi	A	B	C
Material	Konvensional	GGBFS 30%	GGBFS 15%
	m ³	m ³	m ³
FAS	0,50		
AIR	185	185	185
PC - I	370	259	315
GGBFS		111	56
PASIR	858	858	858
5 - 10 mm	653	653	653
10 - 20 mm	282	282	282
ADD. D	4,74	4,74	4,74
DENSITY	2352	2352	2352

3.5 Tahap Penelitian

3.5.1 Peralatan Penelitian

Adapun beberapa peralatan atau sarana guna mendukung penelitian terdiri dari:

1. Timbangan

Timbangan digital berkapasitas 20 kg berketelitian 0,20 gr, berguna dalam menimbang material di bawah kapasitasnya. Serta timbangan digital berkapasitas 1,5 kg berketelitian 0,002 gr.

2. Ayakan.

Ayakan berguna dalam menemukan gradasi butir agregat halus dan kasar. Susunan ayakan yang dipakai terdiri dari ukuran 25 mm; 19 mm; 12 mm; 4,75 mm; 1,18 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; 0,115 mm; dan pan.

3. Oven dan Penggorengan

Guna mengeringkan agregat halus dan kasar.

4. Corong Konik (*Conical Mound*)

Corong konik digunakan untuk mengukur keadaan *Saturated Surface Dry (SSD)* agregat halus. Corong konik memiliki ukuran diameter atas 3,8 cm, diameter bawah 8,9 cm, dan tinggi 7,6 cm lengkap dengan alat penumbuk.

5. Gelas Ukur dan Gelas Bejana

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air untuk analisis kadar lumpur dan gelas bejana digunakan untuk analisis berat jenis agregat halus (*Specific Gravity*).

6. Kerucut Abrams dan Tongkat Penumbuk

Kerucut abrams terbuat dari baja dengan dimensi diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm. Kerucut Abrahams dilengkapi dengan tongkat penumbuk yang ujungnya ditumpulkan dengan dimensi diameter 16 mm dan panjang 60 cm.

7. Cetakan Benda Uji

Cetakan yang dipakai ialah suatu cetakan silinder baja berdiameter 10 cm dengan tingginya 20 cm.

8. Meja Getar

Meja getar digunakan memadatkan campuran beton yang sudah dituang pada cetakan.

9. Alat -alat Pendukung

- a. Cetok untuk memindahkan material, mengaduk campuran beton, memasukkan campuran beton pada cetakan, dan meratakan permukaannya.
- b. Ember untuk menyimpan air, larutan, dan material
- c. Loyang untuk mengaduk campuran beton dan sebagai alas untuk pengujian nilai slump test.
- d. Penggaris untuk mengukur nilai slump test.
- e. Kunci pas ukuran 12, 13, dan 14 untuk mengencangkan dan melepaskan cetakan yang di gunakan
- f. Palu karet untuk memadatkan campuran yang dimasukkan ke cetakan.

3.5.1.1 Bahan dan Material Penelitian

Adapun untuk bahan material yang di gunakan penelitian terdiri dari:

a. Agregat Halus

Agregat halus yang dipakai ialah pasir Muntilan yang sudah dicuci untuk menghilangkan kadar lumpur, kemudian di keringkan . Agregat halus tersebut ditunjukkan melalui gambar di bawah ini.



Gambar 3. 3 Agregat Halus

b. Agregat Kasar

Agregat kasar Ringan yang dipakai maksimal berukuran 20 mm, sebagaimana ditunjukkan oleh gambar berikut.



Gambar 3. 4 Agregat Kasar

c. Semen

Semen yang dipakai yaitu semen biasa hasil produksi PT. Semen Indonesia, sebagaimana ditunjukkan gambar berikut.



Gambar 3. 5 Semen Gresik

d. Air

Airnya yaitu air bersih dari PDAM yang tidak mendapati adanya kandungan lumpur maupun garam yang berpotensi merusak beton, berikut gambarnya.



Gambar 3. 6 Air

e. *Admixture* Beton

Admixture beton yang dipakai pada penelitian yaitu Sika Vishcocrete 1003 sebagaimana gambar berikut ini.



Gambar 3. 7 Cairan Sika Viscocret 1003

f. *Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)*

GGBFS ialah suatu limbah yang dihasilkan dari proses pembakaran tanur tinggi yang dapat berguna menjadi bahan bangunan, dengan perolehannya dimungkinkan melalui mekanisme penggilingan terak. Visualisasi GGBFS ditunjukkan gambar 3.8



Gambar 3. 8 GGBFS

3.5.2. Pengujian Material

Pengujian *properties* material berguna dalam mengidentifikasi karakteristik material yang akan digunakan mulai dari kadar lumpur, kadar air, berat jenis dan sebagainya, berikut adalah hal yang diuji dan tata cara yang digunakan.

1. Agregat halus

Uji pada agregat halus mencakup:

a. Pengujian kadar lumpur (PBI 1971 Pasal 3.3)

Lumpur merupakan bagian yang dapat lolos dari ayakan berukuran 0,036 mm, ketika mendapati kadar lumpur >5% dari berat kering, artinya pasir terlebih dahulu harus di cuci sebelum digunakan.

b. Pengujian kadar zat organik (ASTM C40)

Membandingkan warna agregat halus yang dicampurkan dengan NaOH 3% dengan Standar warna (*organic plate*) Hellige Tester No.3, ketika mendapati warna campurannya tampak lebih tua, artinya kadar zat organik dari agregat halus cukup tinggi.

- c. Pengujian kadar air (SNI 03-1971-1990)
Guna menemukan persentase kadar air pada agregat, dilakukan dengan perbandingan berat agregat ketika kering dengan berat awalnya dalam persen, dengan nilai minimal 5%.
 - d. Pengujian berat jenis (SNI 03-1970-2008)
Menemukan berat jenis (*bulk*), berat jenis semu (*apparent*), berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), ataupun angka penyerapan pada agregat halus, dengan nilai berat jenis minimum 2,50 berikut penyerapan agregat halus bernilai paling banyak sebesar 3%.
 - e. Pengujian berat isi (SNI 03-1973-2008)
Dengan batas minimal nilai berat isi bagi agregat halus berkisar antara 0,4 – 1,9 kg/m³.
 - f. Pengujian gradasai agregat (SNI S – 04-1989)
Nilai modulus halus butirnya sekitar 1,5 – 3,8 berikut adanya variasi butir berdasarkan standar gradasinya.
2. Agregat Kasar
- Uji terhadap agregat kasar mencakup:
- a. Pengujian kadar lumpur (SK SNI 03-4142-1996)
Kadar maksimal dari lumpur pada agregat kasar normal yang diperbolehkan yaitu sebesar 1%.
 - b. Pengujian kadar air (SNI 03-1971-1990)
Guna memperoleh persentase kadar air pada agregat, melalui cara perbandingan ketika masih berkondisi kering dengan berat awalnya dalam dalam persentase, dengan nilai minimal 5%.
 - c. Pengujian berat jenis (SNI 03-1970-2008)
Nilai uji pada berat jenis minimum 2,5 dan nilai penyerapan agregat kasar maksimum sebesar 3%
 - d. Pengujian berat isi (SNI 03-1973-2008)
Dengan nilai berat isi agregat kasar antara 0,4 – 1.9 kg/m³.
 - e. Pengujian gradasi agregat (SNI 03-1968-1990)

SK SNI S-04-1989-F tentang syarat modulus kehalusan yaitu dikisaran 6,0 – 7,1 %.

3.5.3. Trial Mix Beton

Pembuatan beton untuk trial yaitu 3 variasi yaitu beton konvensional, penggunaan GGBFS 15% dan GGBFS 30%. Tahapan Proses pengecoran dilaksanakan dengan prosedur sebagai berikut :

1. Siapkan cetakan beton silinder dan balok yang dalamnya telah dioleskan vaselin / oli.
2. Buat adonan beton dengan urutan 1) Semen + GGBFS, 2) Pasir, 3) Air+ *admixture*, Lalu tambahkan air lagi apabila adonan beton terlihat kurang encer.
3. Uji beton segar dengan alat uji slump dengan kerucut terbalik untuk mendapatkan *slump flow*.
4. Masukkan adukan beton pada cetakan, untuk kemudian pengisiannya dilangsungkan dalam tiga lapis, dengan setiap lapisnya sekitar 1/3 volume.
5. Biarkan dalam 24 jam untuk selanjutnya dibuka cetakannya, lalu direndamkan sampel dalam air hingga sesuai dengan umur beton yang diinginkan atau hingga dilangsungkan pengujian.
6. Ulangi tahapan untuk membuat benda uji lainnya.

3.5.4. Perawatan Beton

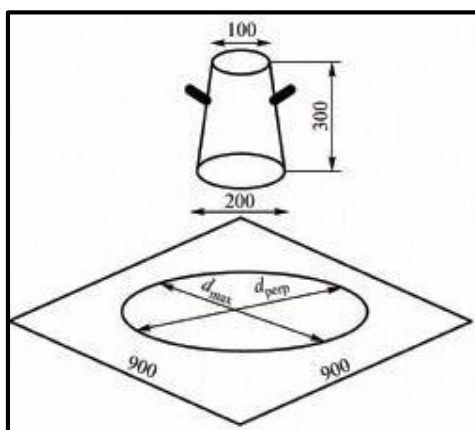
Curing atau Perawatan Beton dilangsungkan ketika kondisinya telah mengeras, agar beton juga terjaga kadar airnya atau membuat air tidak segera hilang, sekaligus menjadi suatu upaya untuk menjaga tingkat suhu/kelembaban beton, untuk mencapai kualitas beton yang dikehendaki. Perawatan beton dilaksanakan ketika beton telah masuk dalam tahapan *hardening* (pada permukaan beton terbuka) atau selepas *bekisting* beton dibongkar berdasarkan durasi tertentu yang demi menjaga kondisi sesuai kebutuhan belangsungnya proses reaksi senyawa kimia dalam campuran beton. Beton memuat proses *curing* yang juga berperan penting dalam pengembangan daya tahan dan kekuatan beton, yang di dalamnya mencakup perawatan suhu/kelembaban pada periode tertentu, baik dalam beton maupun pada permukaannya.



Gambar 3. 8 *Curing* beton

3.5.5. Pengujian Slump dan Kuat Tekan Beton

Slump-flow test digunakan guna mendapatkan *filling ability* dan diperoleh *workabilitas* beton dari kemampuan penyebaran beton ketika masih dalam kondisi segar pada diameter antara 55 cm – 85 cm. EFNARC *Specification and Guidelines for Self – Compacting Concrete* (2002). Sedangkan uji terhadap kuat tekan beton dilaksanakan ketika beton sudah dalam umur 7,14 dan 28 hari. Adapun uji ini turut menetapkan benda ujinya yaitu silinder beton yang berdiameter 150 mm berikut tingginya 300 mm. Tujuan dari dilakukannya uji ini ialah dalam rangka mengobservasi besaran beban maksimal atau beban kehancuran beton ketika menerima alat uji kuat tekan (*compression testing machine*). Sebelum dilaksanakan pengujian, terlebih dahulu sampel di *capping* agar permukaan rata.



(a) Visualisasi Slump Flow Test

(b) Pengujian Kuat Tekan

Gambar 3. 9 Pengujian Beton