



BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pengujian analisis saringan pada agregat dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata dengan mengacu pada SNI 03-1968-1990. Pengujian ini bertujuan untuk memisahkan agregat berdasarkan ukuran butirnya.

4.1.1 Analisis saringan agregat halus

Pengujian analisis saringan agregat halus menggunakan material pasir yang berasal dari desa Sedayu Kecamatan Muntilan. Perhitungan analisis agregat halus sebagai berikut:

1. Nomor saringan	= 3/8
Ukuran saringan	= 9,5 mm
Berat tertahan	= 0 gram
% tertahan	$= \frac{0}{500} \times 100\%$
	= 0%
% tertahan kumulatif	= 0% + 0%
	= 0%
% lolos kumulatif	= 100% - 0%
	= 100%
2. Nomor saringan	= 4
Ukuran saringan	= 4,75 mm
Berat tertahan	= 0,7 gram
% tertahan	$= \frac{0,7}{500} \times 100\%$
	= 0,14%
% tertahan kumulatif	= 0,14% + 0%
	= 0,14%
% lolos kumulatif	= 100% - 0,14% = 99,86%



3. Nomor saringan	= 8
Ukuran saringan	= 2,36 mm
Berat tertahan	= 24,6 gram
% tertahan	$= \frac{24,6}{500} \times 100\%$
	= 4,92%
% tertahan kumulatif	= 4,92% + 0,14%
	= 5,06%
% lolos kumulatif	= 100% - 5,06%
	= 94,94%
4. Nomor saringan	= 16
Ukuran saringan	= 1,18 mm
Berat tertahan	= 84,5 gram
% tertahan	$= \frac{84,5}{500} \times 100\%$
	= 16,90%
% tertahan kumulatif	= 16,90% + 5,06%
	= 21,96%
% lolos kumulatif	= 100% - 21,96%
	= 78,04%
5. Nomor saringan	= 30
Ukuran saringan	= 0,6 mm
Berat tertahan	= 140,6 gram
% tertahan	$= \frac{140,6}{500} \times 100\%$
	= 28,12%
% tertahan kumulatif	= 28,12% + 21,96%
	= 50,08%
% lolos kumulatif	= 100% - 50,08%
	= 49,92%
6. Nomor saringan	= 50



Tugas Akhir
Efektivitas *Waterproofing* Jenis *Integral* dan *Coating*
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

Ukuran saringan	= 0,3 mm
Berat tertahan	= 120,6 gram
% tertahan	= $\frac{120,6}{500} \times 100\%$
	= 24,12%
% tertahan kumulatif	= 24,12% + 50,08%
	= 74,20%
% lolos kumulatif	= 100% - 74,20%
	= 25,08%
7. Nomor saringan	= 100
Ukuran saringan	= 0,15 mm
Berat tertahan	= 110,5 gram
% tertahan	= $\frac{110,5}{500} \times 100\%$
	= 22,10%
% tertahan kumulatif	= 22,10% + 72,20%
	= 96,30%
% lolos kumulatif	= 100% - 96,30%
	= 3,70%
8. Nomor saringan	= 200
Ukuran saringan	= 0,075 mm
Berat tertahan	= 15 gram
% tertahan	= $\frac{15}{500} \times 100\%$
	= 3%
% tertahan kumulatif	= 3% + 96,30%
	= 99,30%
% lolos kumulatif	= 100% - 99,30%
	= 0,70%

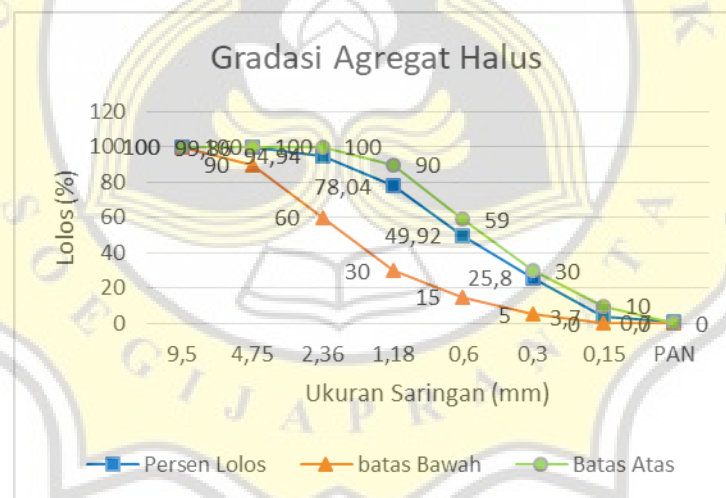


Tabel 4.1 Analisis Saringan Agregat Halus

Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Persentase Agregat Tertahan (%)	Tertahan Kumulatif (%)	Lolos Kumulatif (%)	Gradasi	
						Min (%)	Maks (%)
3/8	9,5	0	0	0	100	100	100
4	4,75	0,7	0,14	0,14	99,86	90	100
8	2,36	24,6	4,92	5,06	94,94	60	100
16	1,18	84,5	16,9	21,96	78,04	30	90
30	0,6	140,6	28,12	50,08	49,92	15	59
50	0,3	120,6	24,12	74,2	25,8	5	30
100	0,15	110,5	22,1	96,3	3,7	0	10
200	0,075	15	3	99,3	0,7	0	0
Modulus Halus				3,4704			

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{\text{Jml \% tertahan kumulatif}}{100} \\ &= \frac{347,04}{100} \\ &= 3,4704 \end{aligned}$$

Grafik gradasi agregat halus yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat Halus

Gambar 4.1 menunjukkan grafik gradasi agregat halus yang digunakan. Grafik tersebut menunjukkan gradasi pasir terletak di antara dua garis batas gradasi dengan modulus kehalusan 3,4704. Berdasarkan SNI 03-2834-2000 modulus kehalusan agregat yang baik memiliki nilai antara 1,5–3,8, maka agregat halus yang digunakan memenuhi syarat untuk pembuatan beton.



4.1.2 Analisis Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisis saringan agregat kasar menggunakan material kerikil yang berasal dari Batang. Perhitungan analisis agregat kasar sebagai berikut:

1. Nomor saringan = 1
 Ukuran saringan = 25 mm
 Berat tertahan = 0 gram
 % tertahan = $\frac{0}{500} \times 100\%$
 = 0%
 % tertahan kumulatif = 0% + 0%
 = 0%
 % lolos kumulatif = 100% - 0%
 = 100%
2. Nomor saringan = 3/4
 Ukuran saringan = 19 mm
 Berat tertahan = 50,50 gram
 % tertahan = $\frac{50,50}{500} \times 100\%$
 = 10,10%
 % tertahan kumulatif = 10,1% + 0%
 = 10,10%
 % lolos kumulatif = 100% - 10,10%
 = 89,9%
3. Nomor saringan = 1/2
 Ukuran saringan = 12,5 mm
 Berat tertahan = 105,5 gram
 % tertahan = $\frac{105,5}{500} \times 100\%$
 = 21,10%
 % tertahan kumulatif = 21,10% + 10,10%
 = 31,20%



Tugas Akhir
Efektivitas *Waterproofing* Jenis *Integral* dan *Coating*
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

$$\begin{aligned} \% \text{ lolos kumulatif} &= 100\% - 31,20\% \\ &= 68,80\% \\ 4. \text{ Nomor saringan} &= 3/8 \\ \text{Ukuran saringan} &= 9,5 \text{ mm} \\ \text{Berat tertahan} &= 95,70 \text{ gram} \\ \% \text{ tertahan} &= \frac{95,70}{500} \times 100\% \\ &= 19,14\% \\ \% \text{ tertahan kumulatif} &= 19,14\% + 31,20\% \\ &= 50,34\% \\ \% \text{ lolos kumulatif} &= 100\% - 50,34\% \\ &= 49,66\% \\ 5. \text{ Nomor saringan} &= 4 \\ \text{Ukuran saringan} &= 4,75 \text{ mm} \\ \text{Berat tertahan} &= 30 \text{ gram} \\ \% \text{ tertahan} &= \frac{30}{500} \times 100\% \\ &= 6\% \\ \% \text{ tertahan kumulatif} &= 6\% + 50,34\% \\ &= 56,34\% \\ \% \text{ lolos kumulatif} &= 100\% - 50,34\% \\ &= 43,66\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan analisis saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Analisis Saringan Agregat Kasar

Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Persentase Agregat Tertahan (%)	Tertahan Kumulatif (%)	Lolos Kumulatif (%)	Gradasi	
						Min (%)	Maks (%)
1	25	0	0	0	100	100	100
3/4	19	50,5	10,1	10,1	89,9	90	100
1/2	12,5	105,5	21,1	31,2	68,8	60	100
3/8	9,5	95,7	19,14	50,34	49,66	30	90
4	4,75	30	6	56,34	43,66	15	59
Modulus Halus				1,4798			

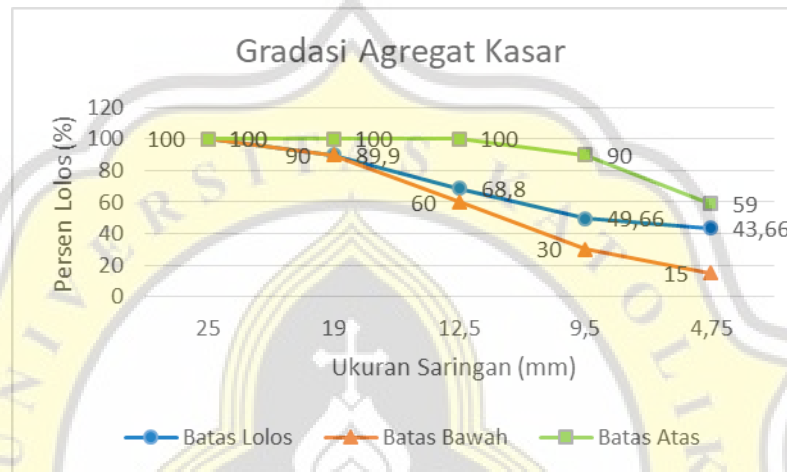
Fathur Widaya Rahmaantyas 16.B1.0035
 Wahyu Candra Ulhaq 16.B1.0105



Berikut perhitungan modulus halus agregat kasar dari Batang:

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{\text{Jumlah \% tertahan komulatif}}{100} \\ &= \frac{147,98}{100} \\ &= 1,4798 \end{aligned}$$

Grafik gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Gradasi Agregat Kasar

Berdasarkan Gambar 4.2, pengujian saringan agregat kasar dari Batang menunjukkan hasil yang ideal, ditunjukkan dari grafik garis persen lolos berada diantara garis batas atas maksimum dan baris batas bawah minimum. Hasil tersebut menunjukkan agregat kasar layak digunakan untuk pembuatan beton.

4.2 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pengujian kadar lumpur agregat halus dan kasar dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata yang mengacu pada SNI-2816-2014. Langkah pengujian dapat dilihat pada Bab 3.

4.2.1 Pengujian kadar lumpur agregat halus

Kandungan lumpur dalam agregat dapat mempengaruhi daya lekat semen pada campuran beton, yang dapat menyebabkan kuat tekan menjadi rendah. Berikut contoh perhitungan pengujian kandungan lumpur agregat halus:



$$\begin{aligned} \text{Volume pasir} &= 189 \text{ cc} \\ \text{Volume lumpur} &= 11 \text{ cc} \\ \text{Volume pasir} + \text{Volume lumpur} &= 200 \text{ cc} \\ \text{Kadar Lumpur Agregat} &= \frac{\text{Volume lumpur}}{\text{Volume pasir} + \text{Volume lumpur}} \times 100\% \\ &= \frac{11}{189+11} \times 100\% = 5,5\% \end{aligned}$$

Menurut SNI-2816-2014 kadar lumpur agregat halus untuk pembuatan beton tidak boleh melebihi 5%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, kadar lumpur pada agregat halus yang digunakan adalah sebesar 5,5%. Maka harus dilakukan pencucian agregat halus secara maksimal, hingga kadar lumpur pada agregat kurang dari 5%.

4.2.2 Pengujian kadar lumpur agregat kasar

Pengujian agregat kasar sebelumnya sudah dicuci bersih dan bebas dari lumpur. Pengujian ini membuktikan apakah masih ada kandungan lumpur dalam agregat kasar.

$$\begin{aligned} \text{Berat kerikil kotor} &= 500 \text{ gram} \\ \text{Berat wadah} &= 69,00 \text{ gram} \\ \text{Berat wadah} + \text{Kerikil kotor} &= 569,00 \text{ gram} \\ \text{Berat wadah} + \text{Kerikil dicuci Kering} &= 499,50 \text{ gram} \\ \text{Kandungan Lumpur} &= \frac{\text{B. Agregat} - \text{B. Agregat C.Kering}}{\text{B. Agregat Cuci Kering}} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 499,50}{499,50} \times 100\% \\ &= 0,10\% \end{aligned}$$

4.3 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Berikut merupakan perhitungan pengujian berat jenis agregat halus:

$$\begin{aligned} \text{Berat piknometer} &= 188,700 \text{ gram} \\ \text{Berat contoh (Bc)} &= 500 \text{ gram} \\ \text{Berat piknometer} + \text{air} + \text{berat contoh (Bt)} &= 946,700 \text{ gram} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Berat piknometer + berat contoh (B)} &= 668,700 \text{ gram} \\ \text{Berat contoh kering (Bk)} &= 455 \text{ gram} \\ \text{Berat jenis curah} &= \frac{Bk}{(Bk+B-Bt)} \\ &= \frac{455}{(455+668,700-946,700)} \\ &= 2,571 \text{ gram/cm}^3 \\ \text{Berat jenis kering permukaan} &= \frac{Bk}{(B+Bc-Bt)} \\ &= \frac{455}{(668,700+500-946,700)} \\ &= 2,049 \text{ gram/cm}^3 \\ \text{Berat jenis semu} &= \frac{Bc}{(Bc+B-Bt)} \\ &= \frac{500}{(500+668,700-946,700)} \\ &= 2,252 \text{ gram/cm}^3 \\ \% \text{ Penyerapan Air} &= \frac{(Bc-Bk)}{Bk} \times 100\% \\ &= \frac{(500-455)}{455} \times 100\% \\ &= 9,89\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, berat jenis agregat halus pada kondisi *SSD* adalah sebesar 2,252 gram/cm³. Hasil ini membuktikan bahwa agregat halus termasuk dalam kondisi normal, karena berada di antara 1,20 gram/cm³ – 2,80 gram/cm³. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui volume agregat halus, sehingga dapat diketahui kadar campuran agregat pada pembuatan beton.

4.4 Analisis Berat Volume Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pengujian analisis berat volume agregat dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata yang mengacu pada SNI 1970:2008.



4.4.1 Analisis berat volume agregat halus

Berikut adalah perhitungan analisis berat volume agregat halus:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi wadah} &= 17 \text{ cm} \\ \text{Diameter Wadah} &= 15 \text{ cm} \\ \text{Volume wadah} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 17 \\ &= 3002,63 \text{ cm}^3 = 3,00 \text{ liter} \\ \text{Berat wadah} &= 4,30 \text{ kg} \\ \text{Berat wadah + agregat} &= 8,85 \text{ kg} \\ \text{Berat agregat} &= 8,85 \text{ kg} - 4,30 \text{ kg} \\ &= 4,55 \\ \text{Berat volume} &= \frac{\text{berat agregat}}{\text{volume wadah}} \\ &= \frac{4,55}{3} \\ &= 1,52 \text{ kg/liter} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat diketahui bahwa berat volume agregat halus yang digunakan adalah sebesar 1,52 kg/liter.

4.4.2 Analisis berat volume agregat kasar

Berikut adalah perhitungan analisis berat volume agregat kasar:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi wadah} &= 17 \text{ cm} \\ \text{Diameter Wadah} &= 15 \text{ cm} \\ \text{Volume wadah} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 17 \\ &= 3002,63 \text{ cm}^3 \\ &= 3,00 \text{ liter} \\ \text{Berat wadah} &= 4,30 \text{ kg} \\ \text{Berat wadah + agregat} &= 9,6 \text{ kg} \\ \text{Berat agregat} &= 9,6 - 4,30 \\ &= 5,3 \text{ kg} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Berat volume} &= \frac{\text{berat agregat}}{\text{volume wadah}} \\ &= \frac{5,3}{3} \\ &= 1,77 \text{ kg/liter}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa berat volume agregat kasar yaitu sebesar 1,77 kg/liter.

4.5 Pengujian Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pengujian kadar air agregat dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata yang mengacu pada SNI 03-1971-1990. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air pada agregat.

4.5.1 Pengujian kadar air agregat halus

Berikut merupakan perhitungan pengujian kadar air agregat halus:

$$\begin{aligned}\text{Berat wadah (W}_1\text{)} &= 69,00 \text{ gram} \\ \text{Berat wadah + agregat (W}_2\text{)} &= 570,00 \text{ gram} \\ \text{Berat agregat (W}_3\text{)} &= W_2 - W_1 \\ &= 570,00 \text{ gram} - 69,00 \text{ gram} \\ &= 501 \text{ gram} \\ \text{Berat wadah + agregat kering (W}_4\text{)} &= 532,50 \text{ gram} \\ \text{Berat agregat kering (W}_5\text{)} &= W_4 - W_1 \\ &= 532,50 \text{ gram} - 69,00 \text{ gram} \\ &= 463,5 \text{ gram} \\ \text{Kadar air} &= \frac{(W_3 - W_5)}{W_5} \times 100\% \\ &= \frac{(501 - 463,5)}{463,5} \times 100\% \\ &= 8,09\%\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, kadar air agregat halus yang digunakan adalah sebesar 8,09%. Berdasarkan SNI 1971:2011 kadar air tidak boleh melebihi 3%, maka agregat halus harus dikeringkan dengan cara diratakan pada palet dan



ditempatkan pada ruangan terbuka.

4.5.2 Pengujian kadar air agregat kasar

Pengujian kadar air agregat kasar yang akan diuji dalam kondisi SSD. Berikut merupakan perhitungan pengujian kadar air agregat kasar:

$$\begin{aligned} \text{Berat wadah (W}_1\text{)} &= 69,00 \text{ gram} \\ \text{Berat wadah + agregat (W}_2\text{)} &= 571,50 \text{ gram} \\ \text{Berat agregat (W}_3\text{)} &= W_2 - W_1 \\ &= 571,50 \text{ gram} - 69,00 \text{ gram} \\ &= 502,5 \text{ gram} \\ \text{Berat wadah + agregat kering (W}_4\text{)} &= 562,00 \text{ gram} \\ \text{Berat agregat kering (W}_5\text{)} &= W_4 - W_1 \\ &= 562,00 \text{ gram} - 69,00 \text{ gram} \\ &= 493 \text{ gram} \\ \text{Kadar air} &= \frac{(W_3 - W_5)}{W_5} \times 100\% \\ &= \frac{(502,5 - 493)}{493} \times 100\% \\ &= 1,93\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, kadar air agregat kasar yang digunakan adalah sebesar 1,93%. Menurut ASTM C556 kadar air yang ideal adalah 0,5% - 2%, maka hasil pengujian kadar air agregat kasar memenuhi syarat.

4.6 Pengujian Konsistensi Normal Semen

Pada pengujian ini mengacu pada SNI 03-6827-2002, tujuan dari pengujian konsistensi normal pada semen adalah untuk mendapatkan nilai dari waktu ikat awal semen, agar mutu dari semen *portland* dapat ditentukan. Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

- Alat *vicat*
- Cincin *ebonite*
- Stopwatch*



d. Timbangan

e. Semen.

Berikut adalah langkah-langkah pengujian konsistensi normal semen:

a. Atur alat vicat pada posisi nol

b. Campur 300 gr semen dengan air sebanyak 25% - 30% dari berat semen

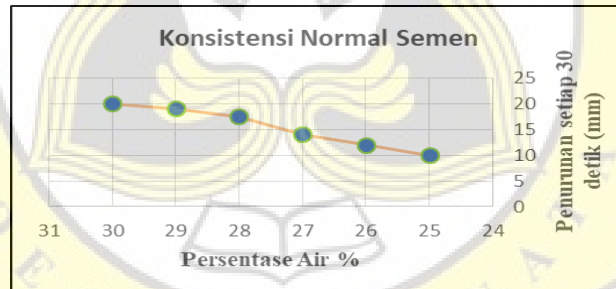
c. Tahap selanjutnya melepas jarum dengan diameter 10 mm dan catat penurunannya setiap 30 detik.

Hasil pengujian konsistensi normal semen dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengujian Konsistensi Normal Semen

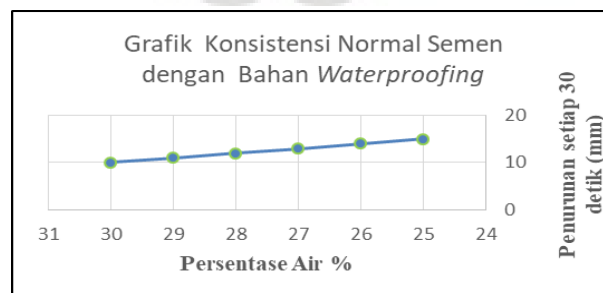
Semen	Persentase Air (%)	Penurunan tanpa bahan tambah Setiap 30 detik (mm)	Penurunan dengan bahan tambah X setiap 30 detik (mm)
300	25	11	9
300	26	13	11
300	27	15	12
300	28	16	13
300	29	19	15
300	30	21	17

Grafik hasil pengujian konsistensi normal semen dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Konsistensi Normal Semen

Grafik hasil pengujian konsistensi normal semen dengan campuran *waterproofing* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Konsistensi Normal Semen Dengan Bahan Tambah *Waterproofing*



Gambar 4.3 menunjukkan bahwa semakin banyak persentase air, maka kekentalan dan daya lekat semen semakin berkurang. Untuk Gambar 4.4 pengujian konsistensi normal semen dengan bahan tambah *waterproofing* hasilnya semakin tinggi persentase bahan tambah, konsistensi semen semakin cepat. Sehingga pengaruh bahan tambah *waterproofing* lebih efisien, maka adonan semen akan menjadi *bleeding* apabila terlalu banyak air.

4.7 Pengujian Keausan Agregat Agregat Kasar

Pengujian material agregat halus dan agregat kasar dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai keausan pada agregat kasar. Berikut merupakan perhitungan dari uji keausan agregat kasar:

Berat wadah	= 240 gram
Berat agregat kasar (A)	= 5000 gram
Berat saringan No. 12	= 356 gram
Berat tertahan + saringan No.12	= 4061 gram
Berat tertahan (B)	= 3705 gram
Keausan agregat kasar	$= \frac{A - B}{A} \times 100 \%$ $= \frac{5000 - 3705}{5000} \times 100 \%$ $= 25,9\%$

Menurut SK SNI M-02-1990-F, syarat maksimum keausan agregat kasar adalah 40%, maka perhitungan angka keausan diatas memenuhi syarat dengan angka keausan diperoleh 25,9%. Sehingga agregat kasar memenuhi syarat untuk pembuatan beton.

4.8 Perencanaan *Mix Design*

Penelitian ini menggunakan perencanaan *mix design* metode SNI 7656:2012. Langkah dalam menentukan perencanaan *mix design* yang digunakan adalah dengan melihat Tabel 3.1.



4.8.1 Memilih nilai standar deviasi

Perhitungan kuat tekan rencana dengan nilai tambah.

Tabel 4.4 Nilai Standar Deviasi

Jumlah Data Produksi (M ³)	Faktor Cacat (%)	Faktor Cacat (Desimal)	Faktor Cacat (Bilangan)
Sempurna	0	0,75	0
Sangat Baik	1	1,34	40
Baik	2,5	1,45	47,33
Cukup	5	1,64	60
Kurang Baik	7,5	1,96	78,55
Tidak Baik	10	2,33	100

Sumber: PT Jati Kencana Beton, 2018

Pada perencanaan *mix design* ini, menggunakan asumsi nilai standar deviasai sangat baik:

$$\text{Faktor cacat (\%)} = 1\%$$

$$\text{Faktor cacat (desimal)} = 1,34$$

$$\text{Faktor cacat (bilangan)} = 40$$

Standar deviasi yang digunakan dalam perencanaan *mix design* ini, menggunakan faktor cacat (bilangan) 40.

$$\text{Nilai tambah} = \text{Faktor cacat (bilangan)} \times \text{Faktor cacat (desimal)}$$

$$= 40 \times 1,34$$

$$= 53,6 \text{ kg/cm}^2 = 5,26 \text{ MPa}$$

Menghitung kuat tekan rencana, dengan menjumlahkan kuat tekan beton rencana dengan nilai tambah yang sudah dihitung.

$$\text{Kuat tekan rencana} = \text{Kuat tekan beton rencana} + \text{Nilai tambah}$$

$$= 20 \text{ MPa} + 5,26 \text{ MPa}$$

$$= 25,26 \text{ MPa}$$

Berdasarkan Tabel 3.1, maka digunakan perbandingan campuran beton 26,20 MPa.

4.8.2 Menghitung kebutuhan material benda uji 10 × 5 cm

Untuk mencapai kuat tekan rencana beton sebesar $f_c' = 20 \text{ Mpa}$, berat campuran bahan yang digunakan per m³ adalah:



Tugas Akhir
Efektivitas *Waterproofing* Jenis *Integral* dan *Coating*
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= 326 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Agregat Kasar, kering} &= 1112 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Agregat Halus, kering} &= 718 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Perbandingan campuran bahan yang digunakan adalah:} \\
 \text{Semen} &= 326 \text{ kg/m}^3 \times \pi \times r^2 \times t \\
 &= 326 \text{ kg/m}^3 \times (3,14 \times 0,05^2 \times 0,05) \\
 &= 326 \text{ kg/m}^3 \times 0,0003925 \text{ m}^3 \\
 &= 0,128 \text{ kg} \\
 \text{Agregat kasar} &= 1112 \text{ kg/m}^3 \times \pi \times r^2 \times t \\
 &= 1112 \text{ kg/m}^3 \times (3,14 \times 0,05^2 \times 0,05) \\
 &= 1112 \text{ kg/m}^3 \times 0,0003925 \text{ m}^3 \\
 &= 0,436 \text{ kg} \\
 \text{Agregat halus} &= 718 \text{ kg/m}^3 \times \pi \times r^2 \times t \\
 &= 718 \text{ kg/m}^3 \times (3,14 \times 0,05^2 \times 0,05) \\
 &= 718 \text{ kg/m}^3 \times 0,0003925 \text{ m}^3 \\
 &= 0,282 \text{ kg} \\
 \text{Total berat} &= 0,128 \text{ kg} + 0,436 \text{ kg} + 0,282 \text{ kg} \\
 &= 0,846 \text{ kg} \\
 \text{Koreksi berat silinder} &= 1 \text{ kg} \\
 \text{Berat semen} &= \frac{0,128 \text{ kg}}{0,846 \text{ kg}} \times 1 \text{ kg} \\
 &= 0,151 \text{ kg} \\
 \text{Berat agregat kasar} &= \frac{0,436 \text{ kg}}{0,846 \text{ kg}} \times 1 \text{ kg} \\
 &= 0,515 \text{ kg} \\
 \text{Berat agregat halus} &= \frac{0,282 \text{ kg}}{0,846 \text{ kg}} \times 1 \text{ kg} \\
 &= 0,333 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.8.3 Menghitung kebutuhan material benda uji 15 × 30 cm

Perbandingan campuran bahan yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= 326 \text{ kg/m}^3 \times \pi \times r^2 \times t \\
 &= 326 \text{ kg/m}^3 \times (3,14 \times 0,075^2 \times 0,3)
 \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Efektivitas Waterproofing Jenis Integral dan Coating
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

$$\begin{aligned}
 &= 326 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\
 &= 1,727 \text{ kg} \\
 \text{Agregat kasar} &= 1112 \text{ kg/m}^3 \times \pi \times r^2 \times t \\
 &= 1112 \text{ kg/m}^3 \times (3,14 \times 0,075^2 \times 0,3) \\
 &= 1112 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\
 &= 5,892 \text{ kg} \\
 \text{Agregat halus} &= 718 \text{ kg/m}^3 \times \pi \times r^2 \times t \\
 &= 718 \text{ kg/m}^3 \times (3,14 \times 0,075^2 \times 0,3) \\
 &= 718 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\
 &= 3,8 \text{ kg} \\
 \text{Total berat} &= 1,727 \text{ kg} + 5,892 \text{ kg} + 3,8 \text{ kg} \\
 &= 11,424 \text{ kg} \\
 \text{Koreksi berat silinder} &= 13 \text{ kg} \\
 \text{Berat semen} &= \frac{1,727 \text{ kg}}{11,424 \text{ kg}} \times 13 \text{ kg} \\
 &= 1,966 \text{ kg} \\
 \text{Berat agregat kasar} &= \frac{5,892 \text{ kg}}{11,424 \text{ kg}} \times 13 \text{ kg} \\
 &= 6,705 \text{ kg} \\
 \text{Berat agregat halus} &= \frac{3,8 \text{ kg}}{11,424 \text{ kg}} \times 13 \text{ kg} \\
 &= 4,329 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Kebutuhan material

Material	Benda Uji	
	Ukuran 10 × 5 cm (kg)	Ukuran 15 × 30 cm (kg)
Semen	0,151	1,966
Agregat Kasar	0,515	6,705
Agregat Halus	0,333	4,329



4.9 Perawatan Benda Uji

Pada proses perawatan benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata. Proses perawatan benda uji dilakukan menggunakan metode perendaman, dengan tujuan untuk mengurangi penguapan pada benda uji yang dapat menyebabkan keretakan. Kemudian benda uji dikeringkan dan dilakukan pengujian absorpsi dan kuat tekan. Prosedur perawatan benda uji ada pada Bab 3 dan waktu perawatan benda uji silinder ukuran 15 cm × 30 cm dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Tanggal Perawatan Benda Uji Silinder 15 cm × 30 cm

Kode Beton	Tanggal Rendam	Tanggal Angkat	Keterangan
Normal ₁			
Normal ₂	9 Maret 2021	16 Maret 2021	Umur beton 7 hari
Normal ₃			
Coating ₁			
Coating ₂	10 Maret 2021	17 Maret 2021	Umur beton 7 hari
Coating ₃			
I 0,45 ₁			
I 0,45 ₂	14 Maret 2021	21 Maret 2021	Umur beton 7 hari
I 0,45 ₃			
I 0,5 ₁			
I 0,5 ₂	15 Maret 2021	22 Maret 2021	Umur beton 7 hari
I 0,5 ₃			
I 0,55 ₁			
I 0,55 ₂	16 Maret 2021	23 Maret 2021	Umur beton hari
I 0,55 ₃			

waktu perawatan benda uji silinder ukuran 10 cm × 5 cm dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Tanggal Perawatan Benda Uji Silinder 10 cm × 5 cm

Kode Beton	Tanggal Rendam	Tanggal Angkat	Keterangan
Normal ₁			
Normal ₂	9 Maret 2021	16 Maret 2021	7 hari
Normal ₃			
Coating ₁			
Coating ₂	10 Maret 2021	17 Maret 2021	7 hari
Coating ₃			



Lanjutan Tabel 4. 7 Tanggal Perawatan Benda Uji Silinder 10 cm × 5 cm

Kode Beton	Tanggal Rendam	Tanggal Angkat	Keterangan
I 0,45 ₁ I 0,45 ₁ I 0,45 ₃	14 Maret 2021	21 Maret 2021	7 hari
I 0,5 ₁ I 0,5 ₂ I 0,5 ₃	15 Maret 2021	22 Maret 2021	7 hari
I 0,55 ₁ I 0,55 ₂ I 0,55 ₃	16 Maret 2021	23 Maret 2021	7 hari

4.10 Pengujian Benda Uji

Proses pengujian benda uji ini dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata. Pengujian absorpsi mengacu pada ASTM C 642-97 dengan menggunakan benda uji silinder ukuran 10 cm × 5 cm berumur 28 hari. Setelah proses absorpsi selesai, dilakukan pengumpulan data dan perhitungan nilai absorpsi.

Berikut adalah daftar benda uji yang akan diuji untuk silinder 10 cm × 5 cm:

Normal₁ = Benda uji no. 1 dengan bahan tambah *waterproofing* sebesar 0%

Normal₂ = Benda uji no. 2 dengan bahan tambah *waterproofing* sebesar 0%

Normal₃ = Benda uji no. 3 dengan bahan tambah *waterproofing* sebesar 0%

Coating₁ = Benda uji no. 1 dengan bahan tambah *waterproofing* seluas benda uji

Coating₂ = Benda uji no. 2 dengan bahan tambah *waterproofing* seluas benda uji

Coating₃ = Benda uji no. 3 dengan bahan tambah *waterproofing* seluas benda uji

I 0,45₁ = Benda uji no. 1 dengan bahan tambah *waterproofing* sebesar 0,45%

I 0,45₂ = Benda uji no. 2 dengan bahan tambah *waterproofing* sebesar 0,45%

I 0,45₃ = Benda uji no. 3 dengan bahan tambah *waterproofing* sebesar 0,45%

I 0,5₁ = Benda uji no. 1 dengan bahan tambah *waterproofing* sebesar 0,50%

I 0,5₂ = Benda uji no. 2 dengan bahan tambah *waterproofing* sebesar 0,50%

I 0,5₃ = Benda uji no. 3 dengan bahan tambah *waterproofing* sebesar 0,50%

I 0,55₁ = Benda uji no. 1 dengan bahan tambah *waterproofing* sebesar 0,55%

I 0,55₂ = Benda uji no. 2 dengan bahan tambah *waterproofing* sebesar 0,55%

I 0,55₃ = Benda uji no. 3 dengan bahan tambah *waterproofing* sebesar 0,55%



Berikut merupakan hasil pengujian absorpsi air pada beton yang dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Absorpsi Air Pada Beton

KODE BENDA UJI	Berat setelah di <i>curing</i>	Berat setelah di oven I	Berat setelah di oven II	Berat setelah di oven III (A)	Berat setelah direndam I	Berat setelah direndam II	Berat setelah direndam III (B)	Berat setelah direbus (C)
Normal ₁	922	898	892	889,5	941,5	942,5	944	931
Normal ₂	945	922	918	913,5	962	963	964	957,5
Normal ₃	938	915	911	908	958	963	960	951,5
I 0,45 ₁	977	951,5	948,5	942	986,5	988	988,8	983,5
I 0,45 ₂	992	964,5	961,5	956	1003,5	1004,5	1005	998
I 0,45 ₃	980	954	951	946,5	991,5	992,5	993,2	987,2
I 0,5 ₁	1037,5	1009,5	1007,5	1000,5	1050,5	1051,5	1051,5	1043
I 0,5 ₂	923,5	899,5	897,5	891	933,5	934,5	935	927,5
I 0,5 ₃	943,5	917	915	910,5	954,5	955,5	955	948
I 0,55 ₁	994	967,5	964	858,5	898	900	900,5	893,5
I 0,55 ₂	987	959	955	850,5	891	891,5	892	884,5
I 0,55 ₃	985	956,5	953	949	994	994	994,5	987,5
Coating ₁	967	941	936,5	931,5	1111	1111,5	1112,5	1099
Coating ₂	982	959	956,5	950	1159	1159	1159	1145
Coating ₃	973	949	946,5	941	1128	1128,5	1129	1115,5

Dari Tabel 4.8 didapatkan hasil berat beton setelah pengujian absorpsi, sehingga nilai absorpsi dapat dihitung dengan Persamaan 2.1. Berikut contoh perhitungan absorpsi setelah perendaman menggunakan benda uji beton I0,45₁:

$$\begin{aligned} \text{Berat kering oven (A)} &= 942 \text{ gr} \\ \text{Berat setelah perendaman (B)} &= 988,8 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi} &= \frac{B-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{988,8 - 942}{942} \times 100\% \\ &= 4,97\% \end{aligned}$$

Berikut contoh perhitungan nilai absorpsi setelah perebusan menggunakan benda uji beton I0,45₁:

$$\begin{aligned} \text{Berat kering oven (A)} &= 942 \text{ gr} \\ \text{Berat setelah perebusan (C)} &= 983,5 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi} &= \frac{B-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{983,5 - 942}{942} \times 100\% \\ &= 4,41\% \end{aligned}$$

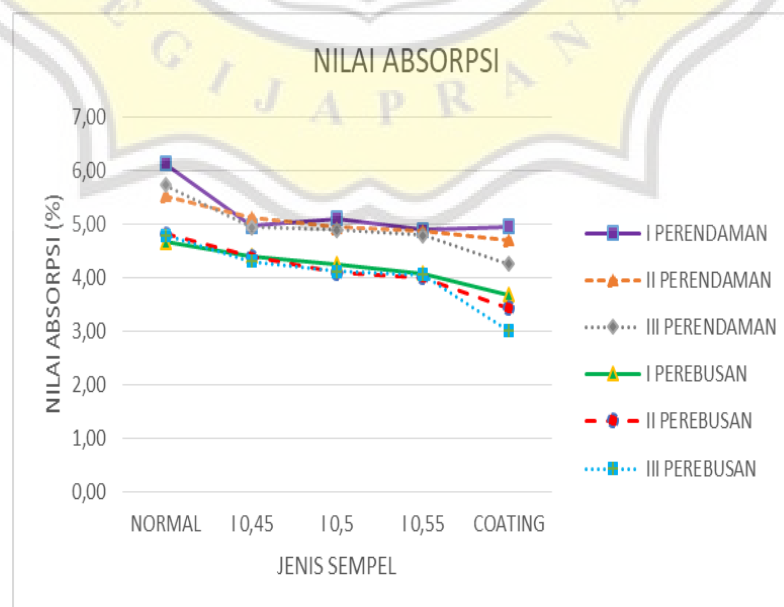


Dari perhitungan tersebut, pada beton I0,45₁ didapatkan nilai absorpsi setelah perendaman sebesar 4,97% dan absorpsi setelah perebusan sebesar 4,41%. Untuk hasil lengkap perhitungan nilai absorpsi beton dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Besar Nilai Absorpsi Pada Beton

BESAR NILAI ABSORPSI		
KODE BENDA UJI	ABSORPSI SETELAH PERENDAMAN	ABSORPSI SETELAH PEREBUSAN
Normal ₁	6,13	4,67
Normal ₂	5,53	4,82
Normal ₃	5,73	4,79
I 0,45 ₁	4,97	4,41
I 0,45 ₂	5,13	4,39
I 0,45 ₃	4,93	4,30
I 0,5 ₁	5,10	4,25
I 0,5 ₂	4,94	4,10
I 0,5 ₃	4,89	4,12
I 0,55 ₁	4,89	4,08
I 0,55 ₂	4,88	4,00
I 0,55 ₃	4,79	4,06
Coating ₁	4,95	3,68
Coating ₂	4,70	3,43
Coating ₃	4,25	3,00

Berikut ini merupakan grafik nilai absorpsi berdasarkan Tabel 4.9, yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.

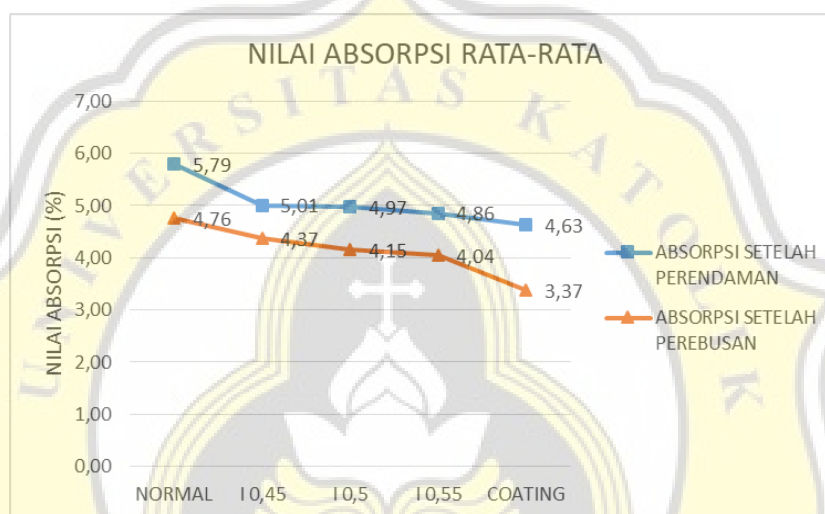


Gambar 4.5 Grafik Nilai Absorpsi



Berdasarkan Gambar 4.5, nilai absorpsi terkecil setelah perendaman dihasilkan pada beton *waterproofing* jenis *coating* sebesar 4,25%. Untuk nilai absorpsi terbesar yaitu beton normal sebesar 6,13%. Sedangkan hasil dari absorpsi perebusan, nilai terkecil dihasilkan pada benda uji beton dengan lapisan *coating* yaitu sebesar 3%. Untuk nilai absorpsi perebusan terbesar dihasilkan pada benda uji beton normal yaitu 4,82%.

Grafik nilai absorpsi rata-rata dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Rata-Rata Total Absorpsi

Berdasarkan Gambar 4.6, grafik menunjukkan rata-rata absorpsi setelah perendaman dan nilai rata-rata absorpsi setelah perebusan. Nilai absorpsi setelah perendaman adalah Normal = 5,79%, I0,45 = 5,01%, I0,5 = 4,97%, I0,55 = 4,86%, dan *Coating* = 4,63%. Sedangkan nilai absorpsi setelah perebusan adalah Normal = 4,76%, I0,45 = 4,37%, I0,5 = 4,15%, I0,55 = 4,04%, dan *Coating* = 3,37%. Hasil seperti ini dapat diketahui bahwa bahan tambah *integral waterproofing* dan *waterproofing* jenis *coating* dapat mengurangi penyerapan air yang terjadi pada beton. Terlihat pada beton normal memiliki penyerapan air yang cukup tinggi, sedangkan pada beton dengan campuran atau lapisan bahan tambah, penyerapan airnya berkurang.

4.11 Pengujian Berat Massa Volume dan Kuat Tekan Beton

Pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari



dengan alat tes beton *Compression Machine*. Langkah-langkah pengujian bisa dilihat pada Bab 3.

4.11.1 Berat massa volume beton silinder

Perhitungan berat massa volume beton diperoleh dari membandingkan berat benda uji dengan volume benda uji. Beton silinder yang akan diuji berat volume massa berumur 28 Hari. Hasil lengkap perhitungan berat massa volume beton silinder dapat dilihat pada Tabel 4.8. Berikut merupakan perhitungan berat massa volume beton silinder:

1. Volume silinder 15×30 (beton normal dan beton dengan campuran *integral waterproofing*)

$$\begin{aligned}\text{Volume benda uji} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 0,075^2 \times 0,3 \\ &= 0,00529 \text{ m}^3\end{aligned}$$

2. Volume silinder 15×30 (beton dengan lapisan *waterproofing coating*)

$$\begin{aligned}\text{volume benda uji} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 0,077^2 \times 0,3 \\ &= 0,00558 \text{ m}^3\end{aligned}$$

3. Berat massa volume beton silinder 15×30

- a. Beton Normal₁

$$\text{Berat benda uji} = 12,5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,5}{0,00529}\end{aligned}$$

$$= 2359,05 \text{ kg/m}^3$$

- b. Beton Normal₂

$$\text{Berat benda uji} = 12,47 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,47}{0,00529}\end{aligned}$$

$$= 2353,39 \text{ kg/m}^3$$



Tugas Akhir
Efektivitas *Waterproofing* Jenis *Integral* dan *Coating*
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

c. Beton Normal₃

$$\begin{aligned} \text{Berat benda uji} &= 12,53 \text{ kg} \\ \text{berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,53}{0,00529} \\ &= 2364,71 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

d. Beton I 0,45₁

$$\begin{aligned} \text{Berat benda uji} &= 12,66 \text{ kg} \\ \text{Berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,66}{0,00529} \\ &= 2389,24 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

e. Beton I 0,45₂

$$\begin{aligned} \text{Berat benda uji} &= 12,63 \text{ kg} \\ \text{Berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,63}{0,00529} \\ &= 2383,58 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

f. Beton I 0,45₃

$$\begin{aligned} \text{Berat benda uji} &= 12,59 \text{ kg} \\ \text{Berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,59}{0,00529} \\ &= 2376,03 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

g. Beton I 0,5₁

$$\begin{aligned} \text{Berat benda uji} &= 12,81 \text{ kg} \\ \text{Berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,81}{0,00529} \\ &= 2417,55 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Efektivitas *Waterproofing* Jenis *Integral* dan *Coating*
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

h. Beton I 0,5₂

$$\begin{aligned} \text{Berat benda uji} &= 12,75 \text{ kg} \\ \text{Berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,75}{0,00529} \\ &= 2406,23 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

i. Beton I 0,5₃

$$\begin{aligned} \text{Berat benda uji} &= 12,77 \text{ kg} \\ \text{berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,77}{0,00529} \\ &= 2410,00 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

j. Beton I 0,55₁

$$\begin{aligned} \text{Berat benda uji} &= 12,62 \text{ kg} \\ \text{Berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,62}{0,00529} \\ &= 2381,69 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

k. Beton I 0,55₂

$$\begin{aligned} \text{Berat benda uji} &= 12,63 \text{ kg} \\ \text{Berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,63}{0,00529} \\ &= 2383,58 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

l. Beton I 0,55₃

$$\begin{aligned} \text{Berat benda uji} &= 12,57 \text{ kg} \\ \text{Berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,57}{0,00529} \\ &= 2372,26 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$



m. Beton Coating₁

$$\begin{aligned} \text{Berat benda uji} &= 12,87 \text{ kg} \\ \text{Berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,87}{0,00558} \\ &= 2304,34 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

n. Beton Coating₂

$$\begin{aligned} \text{Berat benda uji} &= 12,89 \text{ kg} \\ \text{Berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,89}{0,00558} \\ &= 2307,92 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

o. Beton Coating₃

$$\begin{aligned} \text{Berat benda uji} &= 12,87 \text{ kg} \\ \text{Berat massa volume beton} &= \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \\ &= \frac{12,87}{0,00558} \\ &= 2304,34 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Hasil pengujian berat massa volume beton dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Berat Massa Volume Beton Silinder

No	Umur Beton (Hari)	Kode Beton	Berat Benda Uji (Kg)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Massa Volume (Kg/m ³)
1	28 Hari	Normal ₁	12,5	0,005299	2359,05
2	28 Hari	Normal ₂	12,47	0,005299	2353,39
3	28 Hari	Normal ₃	12,53	0,005299	2364,71
4	28 Hari	Coating ₁	12,87	0,005585	2304,34
5	28 Hari	Coating ₂	12,89	0,005585	2307,92
6	28 Hari	Coating ₃	12,87	0,005585	2304,34
7	28 Hari	I 0,45 ₁	12,66	0,005299	2389,24
8	28 Hari	I 0,45 ₂	12,63	0,005299	2383,58
9	28 Hari	I 0,45 ₃	12,59	0,005299	2376,03
10	28 Hari	I 0,5 ₁	12,81	0,005299	2417,55
11	28 Hari	I 0,5 ₂	12,75	0,005299	2406,23
12	28 Hari	I 0,5 ₃	12,77	0,005299	2410,00
13	28 Hari	I 0,5 ₁	12,62	0,005299	2381,69



Lanjutan Tabel 4.10 Berat Massa Volume Beton Silinder

No	Umur Beton (Hari)	Kode Beton	Berat Benda Uji (Kg)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Massa Volume (Kg/m ³)
14	28 Hari	I 0,5 ₂	12,63	0,005299	2383,58
15	28 Hari	I 0,5 ₃	12,57	0,005299	2372,26

4.11.2 Hasil pengujian kuat tekan beton silinder

Pengujian kuat tekan beton silinder dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Katolik Soegijapranata. Pengujian beton silinder dilakukan pada umur beton 28 hari. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk mencari kuat tekan beton silinder:

1. Perhitungan Luas Penampang Beton Silinder

$$\begin{aligned}\text{Luas Penampang Silinder (A)} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 150^2 \\ &= 17662,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

2. Perhitungan Kuat Tekan Beton Silinder umur 28 hari

$$\begin{aligned}\text{a. Beton Normal}_1 &= \frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}} \\ &= \frac{400 \times 1000}{17662,5} \\ &= 22,65 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. Beton Normal}_2 &= \frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}} \\ &= \frac{400 \times 1000}{17662,5} \\ &= 22,65 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{c. Beton Normal}_3 &= \frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}} \\ &= \frac{405 \times 1000}{17662,5} \\ &= 22,93 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{d. Beton I 0,45}_1 &= \frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}} \\ &= \frac{390 \times 1000}{17662,5} = 22,08 \text{ MPa}\end{aligned}$$



$$e. \text{ Beton I } 0,45_2 = \frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}}$$

$$= \frac{395 \times 1000}{17662,5} = 22,36 \text{ MPa}$$

$$f. \text{ Beton I } 0,45_3 = \frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}}$$

$$= \frac{380 \times 1000}{17662,5} = 21,51 \text{ MPa}$$

$$g. \text{ Beton I } 0,5_1 = \frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}}$$

$$= \frac{380 \times 1000}{17662,5}$$

$$= 21,51 \text{ MPa}$$

$$h. \text{ Beton I } 0,5_2 = \frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}}$$

$$= \frac{380 \times 1000}{17662,5}$$

$$= 21,51 \text{ MPa}$$

$$i. \text{ Beton I } 0,5_3 = \frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}}$$

$$= \frac{375 \times 1000}{17662,5}$$

$$= 21,23 \text{ MPa}$$

$$j. \text{ Beton I } 0,55_1 = \frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}}$$

$$= \frac{370 \times 1000}{17662,5}$$

$$= 20,95 \text{ MPa}$$

$$k. \text{ Beton I } 0,55_2 = \frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}}$$

$$= \frac{370 \times 1000}{17662,5}$$

$$= 20,95 \text{ MPa}$$

$$l. \text{ Beton I } 0,55_3 = \frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}}$$



$$= \frac{375 \times 1000}{17662,5}$$

$$= 21,23 \text{ MPa}$$

m. Beton Coating₁ = $\frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}}$

$$= \frac{410 \times 1000}{17662,5}$$

$$= 23,21 \text{ MPa}$$

n. Beton Coating₂ = $\frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}}$

$$= \frac{405 \times 1000}{17662,5}$$

$$= 22,93 \text{ MPa}$$

o. Beton Coating₃ = $\frac{\text{Beban Maksimum (P)} \times 1000}{\text{Luas Penampang (A)}}$

$$= \frac{410 \times 1000}{17662,5}$$

$$= 23,21 \text{ MPa}$$

Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.11.

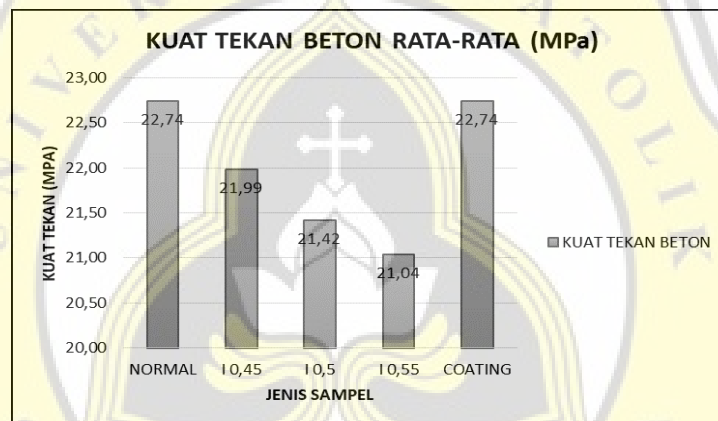
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder

No	Umur Beton (Hari)	Kode Beton	Berat Benda Uji (kg/m ³)	Kuat Tekan Beton (KN)	Luas Penampang Silinder (mm ²)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
1	28 Hari	Normal ₁	12,5	400	17662,5	22,65	
2	28 Hari	Normal ₂	12,47	400	17662,5	22,65	22,74
3	28 Hari	Normal ₃	12,53	405	17662,5	22,93	
4	28 Hari	Coating ₁	12,87	410	17662,5	23,21	
5	28 Hari	Coating ₂	12,89	405	17662,5	22,36	22,74
6	28 Hari	Coating ₃	12,87	410	17662,5	22,65	
7	28 Hari	I 0,45 ₁	12,66	390	17662,5	22,08	
8	28 Hari	I 0,45 ₂	12,63	395	17662,5	22,36	21,99
9	28 Hari	I 0,45 ₃	12,59	380	17662,5	21,51	
10	28 Hari	I 0,5 ₁	12,81	380	17662,5	21,51	
11	28 Hari	I 0,5 ₂	12,75	380	17662,5	21,51	21,42

Lanjutan Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder

No	Umur Beton (Hari)	Kode Beton	Berat Benda Uji (kg/m ³)	Kuat Tekan Beton (KN)	Luas Penampang Silinder (mm ²)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
12	28 Hari	I 0,5 ₃	12,77	375	17662,5	21,23	
13	28 Hari	I 0,5 ₁	12,62	370	17662,5	20,95	
14	28 Hari	I 0,5 ₂	12,63	370	17662,5	20,95	21,04
15	28 Hari	I 0,5 ₃	12,57	375	17662,5	21,23	

Berdasarkan Tabel 4.11, dihasilkan diagram kuat tekan beton rata-rata yang dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Diagram Kuat Tekan Beton Rata-Rata

Berdasarkan Gambar 4.7, menunjukkan kuat tekan beton silinder masing-masing. Beton normal = 22,74 MPa, beton silinder dengan campuran *integral waterproofing* masing-masing I_{0,45} = 21,99 MPa, I_{0,5} = 21,42 MPa, I_{0,55} = 21,04 MPa, dan beton silinder dengan lapisan *waterproofing* jenis *coating* = 22,74 MPa. Hasil yang seperti ini dapat diketahui, bahwa beton dengan lapisan *waterproofing* jenis *coating* tidak mengalami kenaikan atau penurunan kuat tekan beton. Sedangkan semakin banyak campuran *integral waterproofing* kedalam beton, kuat tekan beton semakin kecil.

4.12 Hasil Pengujian Absorpsi Beton Silinder

Dari hasil pengujian pada penelitian ini, maka didapatkan hasil nilai absorpsi air pada beton. Ada dua jenis pengujian absorpsi yang dilakukan, yaitu absorpsi setelah perendaman dan absorpsi setelah perebusan.



4.12.1 Nilai absorpsi setelah perendaman

Perhitungan nilai absorpsi beton benda uji silinder sebagai berikut:

1. Absorpsi beton Normal₁

$$\begin{aligned} \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 889,5 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perendaman, B} &= 944 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{B-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{944-889,5}{889,5} \times 100\% \\ &= 6,13\% \end{aligned}$$

2. Absorpsi beton Normal₂

$$\begin{aligned} \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 913,5 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perendaman, B} &= 964 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{B-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{964-913,5}{913,5} \times 100\% \\ &= 5,53\% \end{aligned}$$

3. Absorpsi beton Normal₃

$$\begin{aligned} \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 908 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perendaman, B} &= 960 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{B-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{960-908}{908} \times 100\% \\ &= 5,73\% \end{aligned}$$

4. Absorpsi beton I 0,45₁

$$\begin{aligned} \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 942 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perendaman, B} &= 988,8 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{B-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{988,8-942}{942} \times 100\% \\ &= 4,97\% \end{aligned}$$

5. Absorpsi beton I 0,45₂



$$\begin{aligned}\text{Berat beton setelah di oven, A} &= 956 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perendaman, B} &= 1005 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{B-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{1005-956}{956} \times 100\% \\ &= 5,13\%\end{aligned}$$

6. Absorpsi beton I 0,45₃

$$\begin{aligned}\text{Berat beton setelah di oven, A} &= 946,5 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perendaman, B} &= 993,2 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{B-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{993,2-946,5}{946,5} \times 100\% \\ &= 4,93\%\end{aligned}$$

7. Absorpsi beton I 0,5₁

$$\begin{aligned}\text{Berat beton setelah di oven, A} &= 1000,5 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perendaman, B} &= 1051,5 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{B-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{1051,5-1000,5}{1000,5} \times 100\% \\ &= 5,1\%\end{aligned}$$

8. Absorpsi beton I 0,5₂

$$\begin{aligned}\text{Berat beton setelah di oven, A} &= 891 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perendaman, B} &= 935 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{B-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{935-891}{891} \times 100\% \\ &= 4,94\%\end{aligned}$$

9. Absorpsi beton I 0,5₃

$$\begin{aligned}\text{Berat beton setelah di oven, A} &= 910,5 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perendaman, B} &= 955 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{B-A}{A} \times 100\%\end{aligned}$$



Tugas Akhir
Efektivitas Waterproofing Jenis Integral dan Coating
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

$$= \frac{955-910,5}{910,5} \times 100\%$$

$$= 4,89\%$$

10. Absorpsi beton I 0,55₁

Berat beton setelah di oven, A = 858,5 gr

Berat beton setelah perendaman, B = 900,5 gr

Nilai absorpsi (R) = $\frac{B-A}{A} \times 100\%$

$$= \frac{900,5-858,5}{858,5} \times 100\%$$

$$= 4,89\%$$

11. Absorpsi beton I 0,55₂

Berat beton setelah di oven, A = 850,5 gr

Berat beton setelah perendaman, B = 892 gr

Nilai absorpsi (R) = $\frac{B-A}{A} \times 100\%$

$$= \frac{892-850,5}{850,5} \times 100\%$$

$$= 4,88\%$$

12. Absorpsi beton I 0,55₃

Berat beton setelah di oven, A = 949 gr

Berat beton setelah perendaman, B = 994,5 gr

Nilai absorpsi (R) = $\frac{B-A}{A} \times 100\%$

$$= \frac{994,5-949}{949} \times 100\%$$

$$= 4,79\%$$

13. Absorpsi beton Coating₁

Berat beton setelah di oven, A = 1060 gr

Berat beton setelah perendaman, B = 1112,5 gr

Nilai absorpsi (R) = $\frac{B-A}{A} \times 100\%$

$$= \frac{1112,5-1060}{1060} \times 100\%$$

$$= 4,95\%$$

14. Absorpsi beton Coating₂



Tugas Akhir
Efektivitas Waterproofing Jenis Integral dan Coating
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

$$\begin{aligned}
 \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 1107 \text{ gr} \\
 \text{Berat beton setelah perendaman, B} &= 1159 \text{ gr} \\
 \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{B-A}{A} \times 100\% \\
 &= \frac{1159-1107}{1107} \times 100\% \\
 &= 4,70\%
 \end{aligned}$$

15. Absorpsi beton Coating₃

$$\begin{aligned}
 \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 1083 \text{ gr} \\
 \text{Berat beton setelah perendaman, B} &= 1129 \text{ gr} \\
 \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{B-A}{A} \times 100\% \\
 &= \frac{1129-1083}{1083} \times 100\% \\
 &= 4,25\%
 \end{aligned}$$



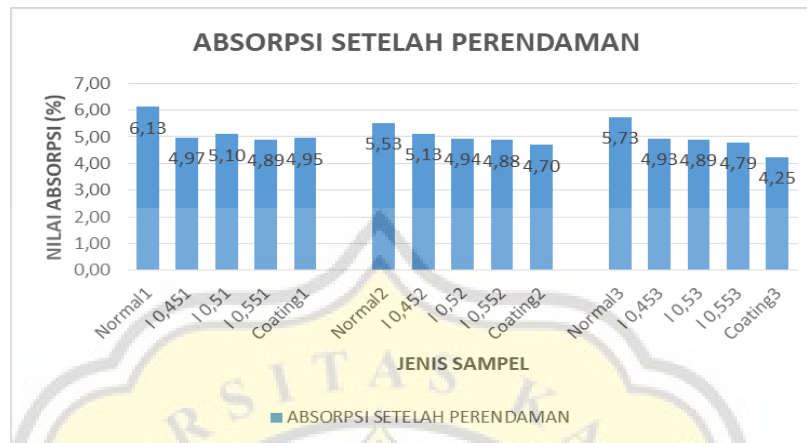
Tugas Akhir
Efektivitas *Waterproofing* Jenis *Integral* dan *Coating*
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian absorpsi setelah perendaman yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Absorpsi Setelah Perendaman

KODE BENDA UJI	BERAT SETELAH DI CURING (gr)	BERAT SETELAH DI OVEN I (gr)	BERAT SETELAH DI OVEN II (gr)	BERAT SETELAH DI OVEN III (gr)	BERAT SETELAH PERENDAMAN I (gr)	BERAT SETELAH PERENDAMAN II (gr)	BERAT SETELAH PERENDAMAN III (gr)	HASIL ABSORPSI SETELAH PERENDAMAN (%)
Normal ₁	922	898	892	889,5	941,5	942,5	944	6,13
Normal ₂	945	922	918	913,5	962	963	964	5,53
Normal ₃	938	915	911	908	958	959	960	5,73
I 0,45 ₁	977	951,5	948,5	942	986,5	988	988,8	4,97
I 0,45 ₂	992	964,5	961,5	956	1003,5	1004,5	1005	5,13
I 0,45 ₃	980	954	951	946,5	991,5	992,5	993,2	4,93
I 0,5 ₁	1037,5	1009,5	1007,5	1000,5	1050,5	1051,5	1051,5	5,10
I 0,5 ₂	923,5	899,5	897,5	891	933,5	934,5	935	4,94
I 0,5 ₃	943,5	917	915	910,5	954,5	955	955	4,89
I 0,55 ₁	994	967,5	964	858,5	899	900	900,5	4,89
I 0,55 ₂	987	959	955	850,5	891	891,5	892	4,88
I 0,55 ₃	985	956,5	953	949	994	994	994,5	4,79
Coating ₁	967	941	936,5	1060	1111	1111,5	1112,5	4,95
Coating ₂	982	959	956,5	1107	1159	1159	1159	4,70
Coating ₃	973	949	946,5	1083	1128	1128,5	1129	4,25

Berdasarkan Tabel 4.12, maka didapatkan diagram nilai absorpsi setelah perebusan yang dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Nilai Absorpsi Setelah Perendaman

Berdasarkan Gambar 4.8 nilai absorpsi terkecil setelah perendaman terjadi pada benda uji beton *coating*₃ yaitu sebesar 4,25%. Untuk nilai absorpsi terbesar setelah perendaman terjadi pada benda uji beton normal₁ yaitu sebesar 6,13%. Sedangkan untuk benda uji dengan bahan tambah *integral waterproofing*, semakin banyak bahan tambah yang dicampurkan maka semakin kecil nilai absorpsi yang terjadi. Nilai absorpsi terkecil setelah perendaman pada beton dengan bahan tambah *integral waterproofing* terjadi pada beton I 0,55₃ yaitu sebesar 4,79%.

4.12.2 Nilai absorpsi setelah perebusan

Perhitungan nilai absorpsi beton benda uji silinder sebagai berikut:

1. Absorpsi beton Normal₁

$$\text{Berat beton setelah di oven, A} = 889,5 \text{ gr}$$

$$\text{Berat beton setelah perebusan, C} = 931 \text{ gr}$$

$$\text{Nilai absorpsi (R)} = \frac{C-A}{A} \times 100\%$$

$$= \frac{931-889,5}{889,5} \times 100\%$$

$$= 4,67\%$$

2. Absorpsi beton Normal₂

$$\text{Berat beton setelah di oven, A} = 913,5 \text{ gr}$$

$$\text{Berat beton setelah perebusan, C} = 957,5 \text{ gr}$$



Tugas Akhir
Efektivitas Waterproofing Jenis Integral dan Coating
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

$$\begin{aligned} \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{957,5-913,5}{913,5} \times 100\% \\ &= 4,82\% \end{aligned}$$

3. Absorpsi beton Normal₃

$$\text{Berat beton setelah di oven, A} = 908 \text{ gr}$$

$$\text{Berat beton setelah perebusan, C} = 951,5 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{951-908}{908} \times 100\% \\ &= 4,79\% \end{aligned}$$

4. Absorpsi beton I 0,45₁

$$\text{Berat beton setelah di oven, A} = 942 \text{ gr}$$

$$\text{Berat beton setelah perebusan, C} = 983,5 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{983,5-942}{942} \times 100\% \\ &= 4,41\% \end{aligned}$$

5. Absorpsi beton I 0,45₂

$$\text{Berat beton setelah di oven, A} = 956 \text{ gr}$$

$$\text{Berat beton setelah perebusan, C} = 998 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{998-956}{956} \times 100\% \\ &= 4,39\% \end{aligned}$$

6. Absorpsi beton I 0,45₃

$$\text{Berat beton setelah di oven, A} = 946,5 \text{ gr}$$

$$\text{Berat beton setelah perebusan, C} = 987,2 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{987,2-946,5}{946,5} \times 100\% = 4,30\% \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Efektivitas Waterproofing Jenis Integral dan Coating
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

7. Absorpsi beton I 0,5₁

$$\begin{aligned} \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 1000,5 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perebusan, C} &= 1043 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{1043-1000,5}{1000,5} \times 100\% \\ &= 4,25\% \end{aligned}$$

8. Absorpsi beton I 0,5₂

$$\begin{aligned} \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 891 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perebusan, C} &= 927,5 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{927,5-891}{891} \times 100\% \\ &= 4,10\% \end{aligned}$$

9. Absorpsi beton I 0,5₃

$$\begin{aligned} \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 910,5 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perebusan, C} &= 948 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{948-910,5}{910,5} \times 100\% \\ &= 4,12\% \end{aligned}$$

10. Absorpsi beton I 0,55₁

$$\begin{aligned} \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 858,5 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perebusan, C} &= 893,5 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{893,5-858,5}{858,5} \times 100\% \\ &= 4,08\% \end{aligned}$$

11. Absorpsi beton I 0,55₂

$$\begin{aligned} \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 850,5 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perebusan, C} &= 884,5 \text{ gr} \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Efektivitas Waterproofing Jenis Integral dan Coating
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

$$\begin{aligned} \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{884,5-850,5}{850,5} \times 100\% \\ &= 4,00\% \end{aligned}$$

12. Absorpsi beton I 0,55₃

$$\begin{aligned} \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 949 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perebusan, C} &= 987,5 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{987,5-949}{949} \times 100\% = 4,06\% \end{aligned}$$

13. Absorpsi beton Coating₁

$$\begin{aligned} \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 1060 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perebusan, C} &= 1099 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{1099-1060}{1060} \times 100\% \\ &= 3,68\% \end{aligned}$$

14. Absorpsi beton Coating₂

$$\begin{aligned} \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 1107 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perebusan, C} &= 1145 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{1145-1107}{1107} \times 100\% \\ &= 3,43\% \end{aligned}$$

15. Absorpsi beton Coating₃

$$\begin{aligned} \text{Berat beton setelah di oven, A} &= 1083 \text{ gr} \\ \text{Berat beton setelah perebusan, C} &= 1115,5 \text{ gr} \\ \text{Nilai absorpsi (R)} &= \frac{C-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{1115,5-1083}{1083} \times 100\% \\ &= 3,00\% \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Efektivitas *Waterproofing* Jenis *Integral* dan *Coating*
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

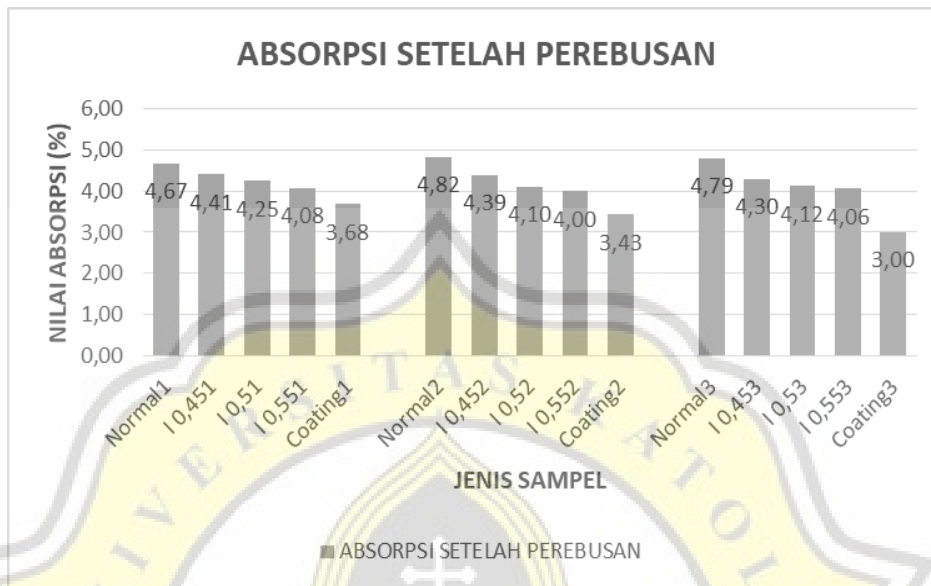
Hasil pengujian absorpsi setelah perebusan dapat dilihat pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Absorpsi Setelah Perebusan

KODE BENDA UJI	BERAT SETELAH DI CURING (gr)	BERAT SETELAH DI OVEN I (gr)	BERAT SETELAH DI OVEN II (gr)	BERAT SETELAH DI OVEN III (gr)	BERAT SETELAH PERENDAMAN I (gr)	BERAT SETELAH PERENDAMAN II (gr)	BERAT SETELAH PERENDAMAN III (gr)	BERAT SETELAH PEREBUSAN (gr)	HASIL ABSORPSI SETELAH PEREBUSAN (%)
Normal ₁	922	898	892	889,5	941,5	942,5	944	931	4,67
Normal ₂	945	922	918	913,5	962	963	964	957,5	4,82
Normal ₃	938	915	911	908	958	959	960	951,5	4,79
I 0,45 ₁	977	951,5	948,5	942	986,5	988	988,8	983,5	4,41
I 0,45 ₂	992	964,5	961,5	956	1003,5	1004,5	1005	998	4,39
I 0,45 ₃	980	954	951	946,5	991,5	992,5	993,2	987,2	4,30
I 0,5 ₁	1037,5	1009,5	1007,5	1000,5	1050,5	1051,5	1051,5	1043	4,25
I 0,5 ₂	923,5	899,5	897,5	891	933,5	934,5	935	927,5	4,10
I 0,5 ₃	943,5	917	915	910,5	954,5	955	955	948	4,12
I 0,55 ₁	994	967,5	964	858,5	899	900	900,5	893,5	4,08
I 0,55 ₂	987	959	955	850,5	891	891,5	892	884,5	4,00
I 0,55 ₃	985	956,5	953	949	994	994	994,5	987,5	4,06
Coating ₁	967	941	936,5	1060	1111	1111,5	1112,5	1099	3,68
Coating ₂	982	959	956,5	1107	1159	1159	1159	1145	3,43
Coating ₃	973	949	946,5	1083	1128	1128,5	1129	1115,5	3,00



Berdasarkan Tabel 4.13, maka didapatkan diagram nilai absorpsi setelah perebusan yang dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Nilai Absorpsi Setelah Perebusan

Berdasarkan Gambar 4.9 nilai absorpsi terkecil setelah perebusan terjadi pada benda uji beton *coating*₃ yaitu sebesar 3,00%. Untuk nilai absorpsi terbesar setelah perebusan terjadi pada benda uji beton normal₁ yaitu sebesar 4,67%. Sedangkan untuk benda uji dengan bahan tambah *integral waterproofing*, semakin banyak bahan tambah yang dicampurkan maka semakin kecil nilai absorpsi yang dihasilkan. Nilai absorpsi setelah perebusan terkecil pada beton dengan bahan tambah *integral waterproofing* terjadi pada beton I 0,55₂ yaitu sebesar 4,00%.

4.13 Pembahasan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan hasil nilai absorpsi dan kuat tekan benda uji. Pada tahap pembahasan ditunjukkan nilai absorpsi benda uji, kuat tekan benda uji dan hubungan absorpsi dengan kuat tekan.

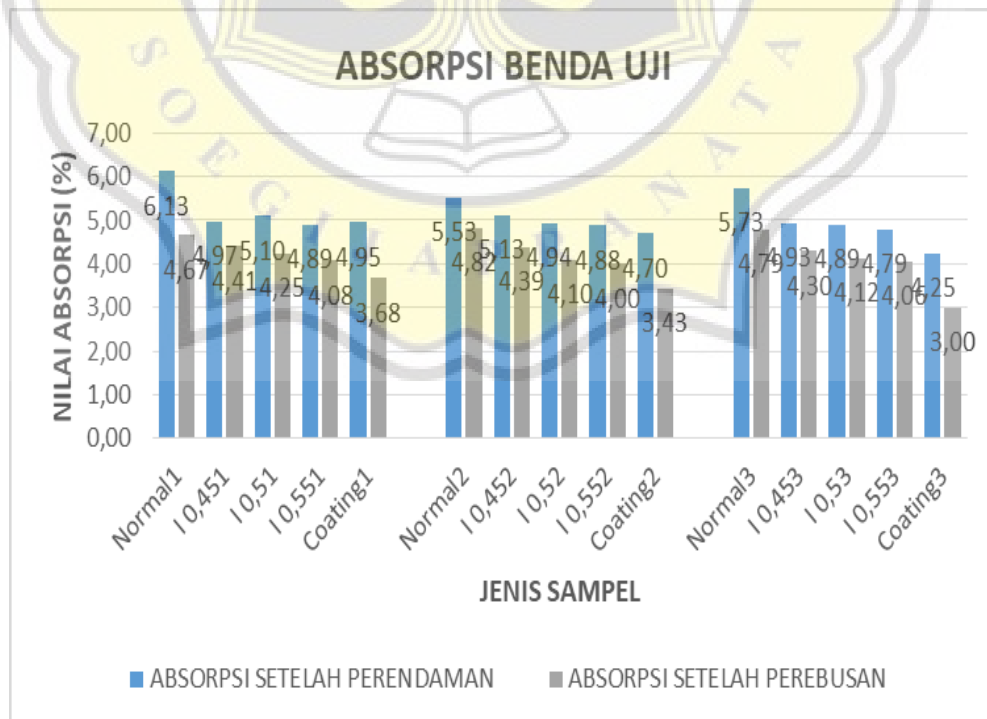
4.13.1 Absorpsi benda uji

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil hasil pengujian absorpsi benda uji. Data hasil pengujian absorpsi pada benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Uji Absorpsi Beton

KODE BENDA UJI	BERAT SETELAH DI OVEN (gr)	BERAT SETELAH PERENDAMAN (gr)	BERAT SETELAH PEREBUSAN (gr)	ABSORPSI SETELAH PEREBUSAN (%)	ABSORPSI SETELAH PEREBUSAN (%)
Normal ₁	889,5	944	931	6,13	4,67
Normal ₂	913,5	964	957,5	5,53	4,82
Normal ₃	908	960	951,5	5,73	4,79
I 0,45 ₁	942	988,8	983,5	4,97	4,41
I 0,45 ₂	956	1005	998	5,13	4,39
I 0,45 ₃	946,5	993,2	987,2	4,93	4,30
I 0,5 ₁	1000,5	1051,5	1043	5,10	4,25
I 0,5 ₂	891	935	927,5	4,94	4,10
I 0,5 ₃	910,5	955	948	4,89	4,12
I 0,55 ₁	858,5	900,5	893,5	4,89	4,08
I 0,55 ₂	850,5	892	884,5	4,88	4,00
I 0,55 ₃	949	994,5	987,5	4,79	4,06
Coating ₁	1060	1112,5	1099	4,95	3,68
Coating ₂	1107	1159	1145	4,70	3,43
Coating ₃	1083	1129	1115,5	4,25	3,00

Berdasarkan Tabel 4.14, maka didapatkan diagram nilai absorpsi yang dapat dilihat pada Gambar 4.10.

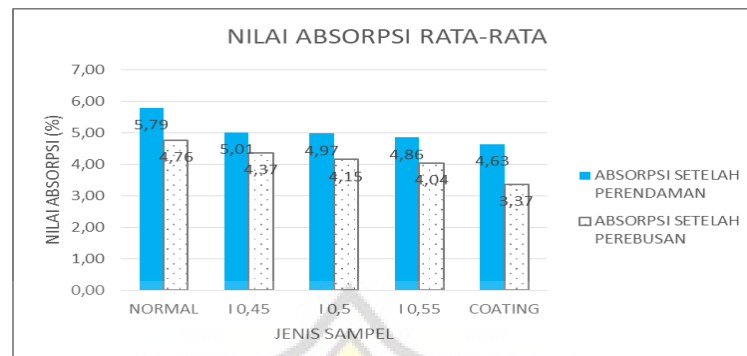


Gambar 4.10 Nilai Absorpsi



Tugas Akhir
Efektivitas *Waterproofing* Jenis *Integral* dan *Coating*
Terhadap Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

Nilai absorpsi rata-rata dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Nilai Absorpsi Rata-Rata

Nilai absorpsi rata-rata benda uji ditunjukkan pada Gambar 4.11. Berdasarkan Gambar 4.11 benda uji mengalami penurunan nilai absorpsi rata-rata yang dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.15 Hasil Uji Absorpsi Beton Rata-Rata

Kode Benda Uji	Absorpsi Rata-Rata Setelah Perendaman (%)	Absorpsi Rata-Rata Setelah Perebusan (%)
Normal	5,79	4,76
I _{0,45}	5,01	4,37
I _{0,5}	4,97	4,15
I _{0,55}	4,86	4,04
Coating	4,63	3,37

Berdasarkan Tabel 4.15, didapatkan nilai absorpsi rata-rata setelah perendaman pada beton normal sebesar 5,79%, beton I_{0,45} sebesar 5,01%, beton I_{0,5} sebesar 4,97%, beton I_{0,55} sebesar 4,86% dan beton *coating* sebesar 4,63%. Semakin banyak bahan tambah yang dicampurkan, maka nilai absorpsi yang dihasilkan semakin kecil. Nilai absorpsi terkecil setelah perendaman terjadi pada benda uji beton *coating* yaitu sebesar 4,63%. Untuk nilai absorpsi terbesar setelah perendaman terjadi pada benda uji beton normal yaitu sebesar 5,79%. Sedangkan untuk benda uji dengan bahan tambah *integral waterproofing*, semakin banyak bahan tambah yang dicampurkan semakin kecil nilai absorpsi yang terjadi. Nilai absorpsi terkecil setelah perendaman pada beton dengan bahan tambah *integral waterproofing*, terjadi pada benda uji beton I 0,55 yaitu sebesar 4,86%. Hal ini dikarenakan bahan tambah *waterproofing* jenis *coating* dan *integral waterproofing* dapat menutup pori-pori pada beton, sehingga menghasilkan beton



yang lebih tahan air dan nilai absorpsi pada beton tersebut menjadi kecil. Berdasarkan Tabel 4.13, didapatkan nilai absorpsi setelah perebusan pada beton normal sebesar 4,76%, beton I_{0,45} sebesar 4,37%, beton I_{0,5} sebesar 4,15%, beton I_{0,55} sebesar 4,04%, dan beton *coating* sebesar 3,37%. Semakin banyak bahan tambah yang dicampurkan, maka nilai absorpsi yang dihasilkan semakin. Nilai absorpsi terkecil setelah perebusan terjadi pada benda uji beton *coating* yaitu sebesar 3,37%. Untuk nilai absorpsi terbesar setelah perebusan terjadi pada benda uji beton normal yaitu sebesar 4,76%. Sedangkan untuk benda uji dengan bahan tambah *integral waterproofing*, semakin banyak bahan tambah yang dicampurkan maka semakin kecil nilai absorpsi yang terjadi. Nilai absorpsi terkecil setelah perebusan pada beton dengan bahan tambah *integral waterproofing*, terjadi pada benda uji beton I 0,55 yaitu sebesar 4,04%. Hal ini dikarenakan bahan tambah *waterproofing* jenis *coating* dan *integral waterproofing* dapat menutup pori-pori pada beton, sehingga menghasilkan beton yang lebih tahan air. Maka nilai absorpsi pada beton tersebut menjadi kecil.

4.13.2 Kuat tekan pada benda uji

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil nilai pengujian kuat tekan benda uji beton normal dan beton dengan bahan tambah. Data hasil pengujian absorpsi pada benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

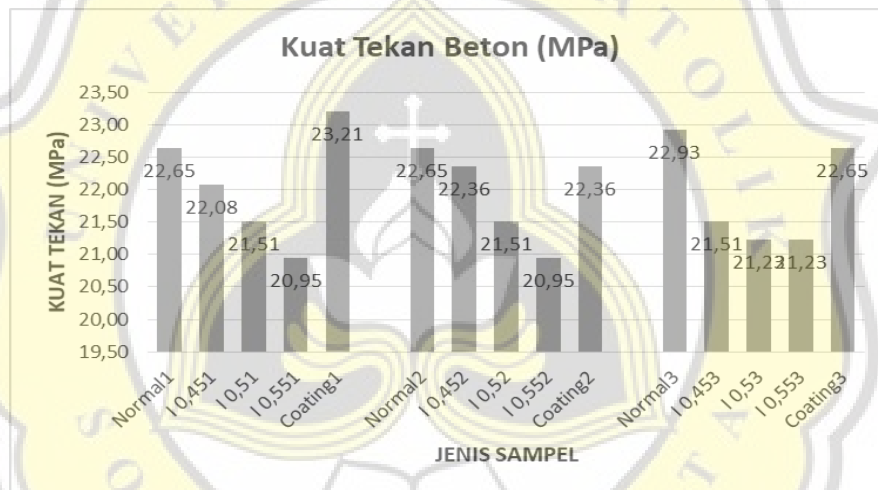
Kode Beton	Kuat Tekan Beton (MPa)	Penurunan Kuat Tekan (MPa)	Penurunan Kuat Tekan (%)
Normal ₁	22,65	0,00	0,00
I 0,45 ₁	22,08	0,57	2,50
I 0,5 ₁	21,51	1,13	5,00
I 0,55 ₁	20,95	1,70	7,50
Coating ₁	23,21	-0,57	-2,50
Normal ₂	22,65	0,00	0,00
I 0,45 ₂	22,36	0,28	1,25
I 0,5 ₂	21,51	1,13	5,00
I 0,55 ₂	20,95	1,70	7,50



Lanjutan Tabel 4.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

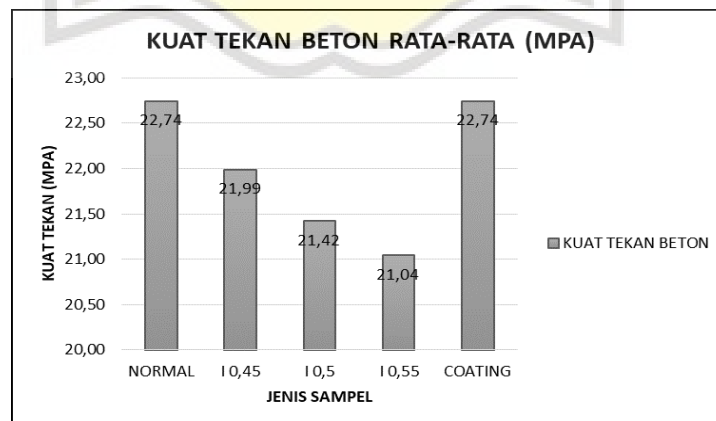
Kode Beton	Kuat Tekan Beton (MPa)	Penurunan Kuat Tekan (MPa)	Penurunan Kuat Tekan (%)
Coating ₂	22,36	0,28	1,25
Normal ₃	22,93	0,00	0,00
I 0,45 ₃	21,51	1,42	6,17
I 0,5 ₃	21,23	1,70	7,41
I 0,55 ₃	21,23	1,70	7,41
Coating ₃	22,65	0,28	1,23

Berdasarkan Tabel 4.16, maka didapatkan diagram kuat tekan beton yang dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian diatas, didapatkan diagram nilai kuat tekan beton rata-rata yang dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Kuat Tekan Beton Rata-Rata



Berdasarkan Gambar 4.13, menunjukkan terjadi penurunan nilai kuat tekan pada beton dengan bahan tambah *integral waterproofing*. Hal ini diakibatkan saat penambahan cairan *integral waterproofing* tidak dilakukan pengurangan persentase air, sehingga kadar air bertambah. Berlebihnya kadar air, penguapan yang terjadi lebih besar yang menyebabkan pori-pori beton bertambah dan dapat menurunkan kuat tekan beton. Hasil pengujian nilai kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Rata-Rata

Kode Beton	Hasil rata-rata persentase kuat tekan (MPa)	Penurunan Kuat Tekan (MPa)	Penurunan Kuat Tekan (%)
NORMAL	22,74	0,00	0,00
I 0,45	21,99	0,75	3,32
I 0,5	21,42	1,32	5,81
I 0,55	21,04	1,70	7,47
COATING	22,74	0,00	0,00

Berdasarkan Tabel 4.17, dapat dilihat benda uji beton dengan lapisan *waterproofing* jenis *coating*, kuat tekan yang dihasilkan tidak mengalami penurunan dari beton normal. Sedangkan untuk benda uji beton dengan campuran bahan tambah *integral waterproofing*, semakin banyak bahan tambah yang dicampurkan, nilai kuat tekan beton yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini dikarenakan bahan tambah *integral waterproofing* yang bersifat cair. Pada proses pencampuran *integral waterproofing* kandungan air pada beton bertambah, sehingga dapat menyebabkan kuat tekan menurun.

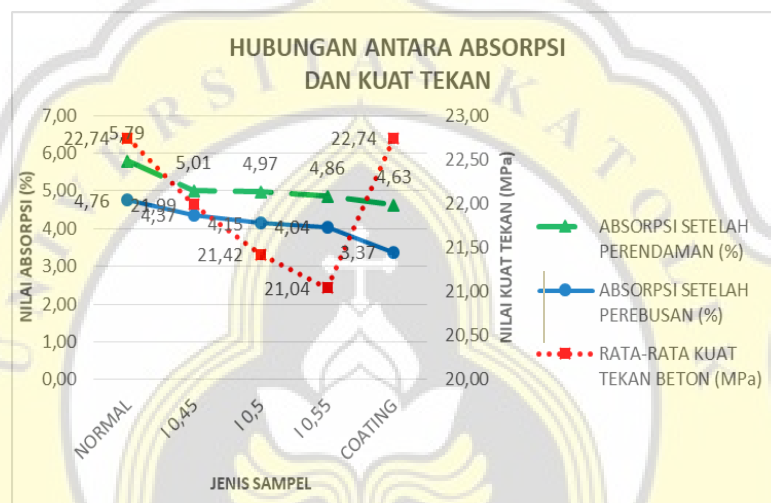
Nilai kuat tekan terkecil pada beton *integral waterproofing*, terjadi pada benda uji beton I 0,55 yaitu sebesar 0,55% yaitu sebesar 21,04 MPa. Sedangkan untuk nilai kuat tekan terbesar, dihasilkan pada benda uji beton normal dan beton dengan lapisan *waterproofing* jenis *coating* yaitu sebesar 22,74 MPa.

Pada penelitian ini benda uji beton normal menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 22,74 MPa. Benda uji beton dengan lapisan *waterproofing* jenis *coating* menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 22,74 MPa. Benda uji beton dengan bahan tambah *integral waterproofing* 0,45%, mengalami penurunan kuat tekan beton sebesar 3,35% dari beton normal yaitu 0,75 MPa. Benda uji beton dengan bahan tambah *integral waterproofing* 0,5% mengalami penurunan kuat tekan beton

sebesar 5,81% dari beton normal yaitu 1,32 MPa. Benda uji beton dengan bahan tambah *integral waterproofing* sebesar 0,55% mengalami penurunan kuat tekan beton sebesar 7,47% dari beton normal yaitu 1,70 MPa.

4.13.3 Hubungan absorpsi dan kuat tekan

Berdasarkan Tabel 4.15 dan Tabel 4.17, perbandingan penambahan bahan tambah *waterproofing* pada beton terhadap absorpsi air dan kuat tekan, maka didapatkan grafik seperti Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Hubungan Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

Berdasarkan Gambar 4.14, dapat dilihat bahwa beton dengan lapisan *waterproofing* jenis *coating* menghasilkan absorpsi yang rendah dan kuat tekan beton yang sama dengan beton normal. Sedangkan pada beton dengan campuran *integral waterproofing*, semakin banyak campuran bahan tambahannya maka semakin rendah nilai absorpsinya, tetapi nilai kuat tekannya semakin rendah. Hal ini dikarenakan bahan tambah *integral waterproofing* yang bersifat cair. Pada proses pencampuran *integral waterproofing* kandungan air pada beton bertambah, berlebihnya air penguapan menjadi besar dan pori beton menjadi banyak, sehingga dapat menyebabkan kuat tekan menurun.

Pada beton normal menghasilkan absorpsi setelah perendaman sebesar 5,79%, absorpsi setelah perebusan sebesar 4,76% dan kuat tekan sebesar 22,74 MPa. Pada beton dengan campuran *integral waterproofing* sebanyak 0,45% menghasilkan



absorpsi setelah perendaman sebesar 5,01%, absorpsi setelah perebusan sebesar 4,37% dan kuat tekan sebesar 21,99 MPa. Pada beton dengan campuran *integral waterproofing* sebanyak 0,5% menghasilkan absorpsi setelah perendaman sebesar 4,97%, absorpsi setelah perebusan sebesar 4,15% dan kuat tekan sebesar 21,42 MPa. Pada beton dengan campuran *integral waterproofing* sebanyak 0,55% menghasilkan absorpsi setelah perendaman sebesar 4,86%, absorpsi setelah perebusan sebesar 4,04% dan kuat tekan sebesar 21,04 MPa. Sedangkan Pada beton dengan lapisan *waterproofing coating* menghasilkan absorpsi setelah perendaman sebesar 5,01%, absorpsi setelah perebusan sebesar 3,37% dan kuat tekan sebesar 22,74 MPa. Hasil penelitian perbandingan absorpsi dan kuat tekan pada beton normal, beton dengan bahan tambah *integral waterproofing* dan beton dengan lapisan *waterproofing* jenis *coating* dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hubungan Antara Nilai Absorpsi dan Kuat Tekan Beton

BENDA UJI	RATA-RATA NILAI ABSORPSI (%)		RATA-RATA KUAT TEKAN BETON (MPa)
	ABSORPSI SETELAH PERENDAMAN (%)	ABSORPSI SETELAH PEREBUSAN (%)	
Normal	5,79	4,76	22,74
I 0,45	5,01	4,37	21,99
I 0,5	4,97	4,15	21,42
I 0,55	4,86	4,04	21,04
Coating	4,63	3,37	22,74

Berdasarkan Tabel 4.18, dibandingkan beton normal, beton dengan campuran *integral waterproofing* memiliki nilai absorpsi yang lebih baik, tetapi nilai kuat tekan beton mengalami penurunan. Apabila dibandingkan beton normal, beton dengan lapisan *waterproofing* jenis *coating* memiliki nilai absorpsi yang lebih baik dan nilai kuat tekan beton tidak mengalami penurunan. Sehingga beton dengan lapisan *waterproofing* jenis *coating* lebih efektif dibandingkan beton dengan campuran *integral waterproofing*.