

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Material

4.1.1 Uji Kadar Air

Kadar air agregat agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering dan dinyatakan dalam persen, nilai kadar air ini digunakan untuk koreksi takaran air untuk adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan. Proses perancangan campuran beton kondisi agregat dianggap dalam keadaan kering permukaan atau jenuh (*saturated surface dry condition/SSD*) oleh karena itu kadar air agregat harus di periksa sebelum dipergunakan.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

No.	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
1	Berat Talam	gram	320	320
2	Berat Talam + Benda Uji Basah	gram	1820	1820
3	Berat Benda Uji Basah (2 – 1)	gram	1500	1500
4	Berat Talam + Benda Uji SSD	gram	1770	1770
5	Berat Benda Uji SSD (4 – 1)	gram	1450	1450
6	Kadar Air	gram	3,45	3,45
Kadar Air Rata - Rata			3,45	

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

No.	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
1	Berat Talam	gram	420	420
2	Berat Talam + Benda Uji Basah	gram	2420	2420
3	Berat Benda Uji Basah (2 – 1)	gram	2000	2000
4	Berat Talam + Benda Uji SSD	gram	2360	2360

No.	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
5	Berat Benda Uji SSD (4 – 1)	gram	1940	1940
6	Kadar Air	gram	3,09	3,09
Kadar Air Rata - Rata			3,09	

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap masing-masing 2 benda uji agregat kasar dan halus, didapatkan nilai kadar air agregat untuk agregat halus benda uji pertama dan benda uji kedua memiliki kadar air sebesar 3,45 % dan 3,45 % dengan nilai rata-rata sebesar 3,45 %, untuk agregat kasar dilakukan pengujian dengan jumlah benda uji yang sama untuk benda uji pertama dan kedua memiliki kadar air sebesar 3,09 % dan 3,09 % dengan nilai rata-rata sebesar 3,09 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa agregat yang di uji layak dipakai untuk pembuatan beton.

4.1.2 Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

4.1.2.1 Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan agregat halus, pengukuran berat jenis agregat diperlukan untuk perencanaan campuran berdasarkan berat karena lebih teliti dibandingkan dengan perbandingan volume dan juga menentukan banyaknya pori agregat penentuan banyak pori ditentukan berdasarkan air yang dapat terserap oleh agregat.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Keterangan		I	II	Rata-rata
Berat Benda Uji Jenuh Kering Permukaan SSD (S)	gram	500	500	500,00
Berat Benda Uji Kering Oven (A)	gram	490	486	488,00

Keterangan		I	II	Rata-rata
Berat Piknometer + Air (B)	gram	658	658	658,00
Berat Piknometer + Benda Uji (SSD) + air (C)	gram	959	967	963,00
Berat Jenis Curah Kering (<i>Bulk</i>)		2,46	2,54	2,50
Berat Jenis Curah Jenuh Permukaan Kering (SSD)		2,51	2,62	2,56
Berat Jenis Semu		2,59	2,75	2,67
Penyerapan Air		2,04	2,88	2,46

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan untuk agregat halus didapatkan nilai rata-rata bahwa berat jenis bulk adalah 2,50 gram, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) adalah 2,56 gram, berat jenis semu (*Apparent*) adalah 2,67 gram, serta persentase penyerapan air (Absorpsi) agregat halus adalah 2,46%. Nilai ini memenuhi spesifikasi nilai minimum yang telah ditetapkan menurut SNI 03-1969-2008 adalah 2,5 sampai 2,7 gram.

Nilai rata-rata persentase absorpsi untuk agregat halus sebesar 2,46% artinya agregat halus layak untuk digunakan karena nilai tersebut lebih kecil dari standar dan memenuhi spesifikasi nilai maksimum yang telah ditetapkan menurut SNI 03-1970-2008 adalah 3%, data-data tersebut akan digunakan untuk menghitung koreksi berat agregat dan berat air pada perencanaan campuran beton (*concrete mix design*).

4.1.2.2 Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur yang ditentukan. Berat jenis curah adalah suatu sifat yang pada umumnya digunakan dalam menghitung volume yang ditempati oleh agregat dalam berbagai campuran yang mengandung agregat termasuk beton semen, beton aspal dan campuran lain

yang diproporsikan atau dianalisis berdasarkan volume absolut. Berikut merupakan tabel hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar:

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Keterangan		I	II	Rata-rata
Berat Benda Uji Kering Oven (A)	gram	2940	2940	2940
Berat benda uji jenuh kering permukaan (SSD) (B)	gram	3000	3000	3000
Berat benda uji di dalam air (C)	gram	1820	1820	1822,5
Berat Jenis Curah Kering (Bulk)		2,49	2,50	2,50
Berat Jenis Curah Jenuh Permukaan Kering (SSD)		2,54	2,55	2,55
Berat Jenis Semu		2,63	2,64	2,63
Penyerapan Air		2,04	2,04	2,04

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan untuk agregat kasar didapatkan nilai rata-rata bahwa berat jenis bulk adalah 2,50 gram, berat jenis kering permukaan jenuh adalah 2,55 gram, berat jenis semu adalah 2,63 gram, serta persentase absorpsi agregat kasar adalah 2,04 %. Nilai ini memenuhi spesifikasi nilai minimum yang telah ditetapkan menurut SNI 03-1969-2008 adalah 2,5 sampai 2,7 gram.

Nilai rata-rata persentase absorpsi untuk agregat kasar sebesar 2,04 % artinya agregat kasar layak untuk digunakan karena nilai tersebut lebih kecil dari standar dan memenuhi spesifikasi nilai maksimum yang telah ditetapkan menurut SNI 03-1970-2008 adalah 3%.

4.1.3 Uji Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

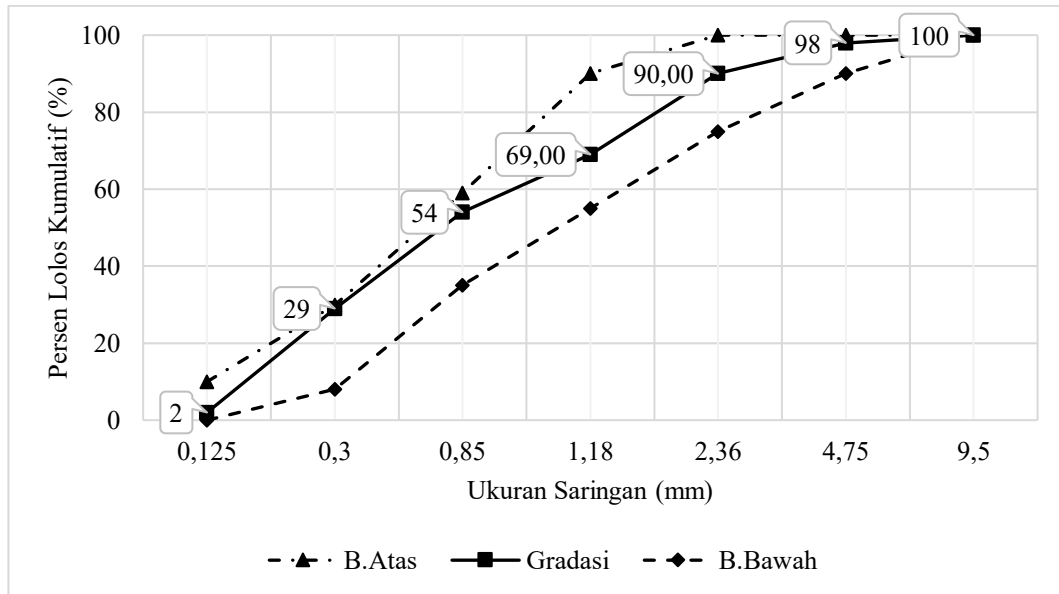
Analisa saringan adalah pengelompokan besar butir analisa agregat kasar dan agregat halus menjadi komposisi gabungan yang ditinjau berdasarkan saringan,

hasil analisis saringan agregat halus dan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui batas gradasi agregat tersebut. Ukuran butir yang maksimum dan agregat ditunjukkan dengan saringan terkecil dimana agregat tersebut masih bisa lolos 100% dengan mengetahui pembagian besarnya butir dari suatu agregat maka kita dapat menentukan klasifikasi terhadap suatu macam agregat tertentu.

Tabel 4.5 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus

Saringan		Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	Persen Kumulatif		Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	Persen Kumulatif		Rata -rata	Spesifikasi
				Tertahan	Lolos			Tertahan	Lolos		
(mm)	(inchi)	(gram)	(gram)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(%)	(%)		
9,5	3/8"	0	0	0	100	0	0	0	100	100	100 - 100
4,75	#4	20	20	2	98	20	20	2	98	98	90 - 100
2,36	#8	100	120	12	88	60	80	8	92	90	75 - 100
1,18	#16	240	360	36	64	180	260	26	74	69	55 - 90
0,85	#20	180	540	54	46	120	380	38	62	54	35 - 59
0,3	#50	220	760	76	24	280	660	66	34	29	8 - 30
0,125	#120	220	980	98	2	320	980	98	2	2	0 - 10
Pan		20	1000	100	0	20	1000	100	0	0	
		MHB		2,78		MHB		2,38		2,58	

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024



Gambar 4.1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus Zona 2

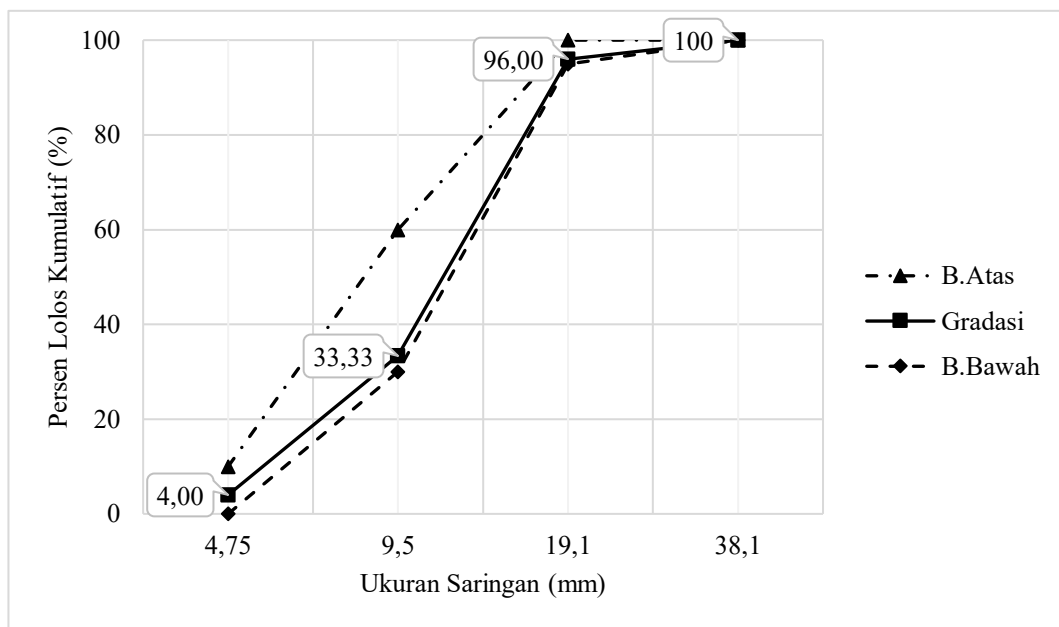
Sumber: Dokumen Pribadi, 2024

SK.SNI. T-15-1990-3 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari British Standard di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam 4 daerah (zona). Pada **Gambar 4.1** analisa saringan agregat halus termasuk ke dalam daerah gradasi zona 2 yaitu pasir agak kasar dan memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton.

Tabel 4.6 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar.

Saringan		Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	Persen Kumulatif		Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	Persen Kumulatif		Rata - rata	Spesifikasi
				Tertahan	Lolos			Tertahan	Lolos		
(mm)	(inchi)	(gram)	(gram)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(%)	(%)		
50,8	2"	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100	
38,1	1 1/2 "	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100	100 - 100
25,4	1"	20	20	1,33	98,67	20	20	1,33	98,67	99	
19,1	3/4"	20	40	2,67	97,33	60	80	5,33	94,67	96	95 - 100
12,5	1/2"	560	600	40,00	60,00	320	400	26,67	73,33	67	
9,5	3/8"	380	980	65,33	34,67	620	1020	68,00	32,00	33	30 - 60
4,75	#4	420	1400	93,33	6,67	460	1480	98,67	1,33	4	0 - 10
2,36	#8	80	1480	98,67	1,33	20	1500	100,00	0,00	1	
1,18	#16	0	1480	98,67	1,33	0	1500	100,00	0,00	1	
0,6	#30	0	1480	98,67	1,33	0	1500	100,00	0,00	1	
0,3	#50	0	1480	98,67	1,33	0	1500	100,00	0,00	1	
0,15	#100	0	1480	98,67	1,33	0	1500	100,00	0,00	1	
Pan		20	1500	100	0	0	1500	100	0	0	
		MHB		6,96		MHB		7,00		6,98	

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024



Gambar 4.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar Ukuran Maksimum 20 mm

Sumber: Dokumen Pribadi, 2024

Pada **Gambar 4.2** terlihat persentase berat lolos agregat kasar memenuhi standar dengan ketentuan gradasi agregat karena ukuran maksimum agregat yang digunakan adalah 20 mm.

4.1.4 Uji Berat Isi Agregat

Pemeriksaan berat volume agregat digunakan untuk menentukan proporsi agregat yang digunakan dalam campuran (berat volume agregat halus, kasar, ataupun campuran) berat volume agregat diartikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya.

Berat isi atau disebut juga sebagai berat satuan agregat adalah rasio antara berat agregat dan isi/volume, berat isi agregat diperlukan dalam perhitungan bahan campuran beton apabila jumlah bahan ditakar dengan ukuran volume serta dapat mengetahui sifat-sifat fisik, mekanik serta pengaruhnya terhadap beton dengan benar.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus Cara Tusuk

No	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
			I	II
1	Volume Penakar		3090	3090
2	Berat Penakar	gram	4380	4380
3	Berat Penakar + Benda Uji	gram	8560	8600
4	Berat Benda Uji (3 - 2)	gram	4180	4220
5	Berat Volume (4 : 1)		1,353	1,366
Berat volume rata-rata			1,359	

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus Cara Ketuk

No	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
			I	II
1	Volume Penakar		3090	3090
2	Berat Penakar	gram	4380	4380
3	Berat Penakar + Benda Uji	gram	8520	8460
4	Berat Benda Uji (3 - 2)	gram	4140	4080
5	Berat Volume (4 : 1)		1,340	1,320
Berat volume rata-rata			1,330	

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus Kondisi Gembur

No	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
			I	II
1	Volume Penakar		3090	3090
2	Berat Penakar	gram	4380	4380
3	Berat Penakar + Benda Uji	gram	8380	8400
4	Berat Benda Uji (3 - 2)	gram	4000	4020

No	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
			I	II
5	Berat Volume (4 : 1)		1,294	1,301
Berat volume rata-rata			1,298	

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Dari hasil pengujian berat volume agregat halus untuk cara tusuk didapat berat 1.359 gram/cm³, untuk cara ketuk didapat berat 1.330 gram/cm³ dan pada kondisi gembur didapat berat 1.298 gram/cm³. Menurut SII 0052-80 batas minimum berat isi untuk agregat halus minimal 1.2 gram/cm³, maka agregat halus dalam penelitian ini memenuhi syarat berat isi bahan campuran pengujian beton.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar Cara Tusuk

No	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
			I	II
1	Volume Penakar		3090	3090
2	Berat Penakar	gram	4380	4380
3	Berat Penakar + Benda Uji	gram	8500	8860
4	Berat Benda Uji (3 - 2)	gram	4120	4480
5	Berat Volume (4 : 1)		1,333	1,450
Berat volume rata-rata			1,392	

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar Cara Ketuk

No	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
			I	II
1	Volume Penakar		3090	3090
2	Berat Penakar	gram	4380	4380
3	Berat Penakar + Benda Uji	gram	8440	8660
4	Berat Benda Uji (3 - 2)	gram	4060	4280
5	Berat Volume (4 : 1)		1,314	1,385
Berat volume rata-rata			1,350	

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar Kondisi Gembur

No	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
			I	II
1	Volume Penakar		3090	3090
2	Berat Penakar	gram	4380	4380
3	Berat Penakar + Benda Uji	gram	8460	8620
4	Berat Benda Uji (3 - 2)	gram	4080	4240
5	Berat Volume (4 : 1)		1,320	1,372
Berat volume rata-rata			1,346	

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Dari hasil pengujian berat volume agregat kasar untuk cara tusuk didapat berat 1.392 gram/cm³, untuk cara ketuk didapat berat 1.350 gram/cm³ dan pada kondisi gembur didapat berat 1.346 gram/cm³. Menurut SII 0052-80 batas minimum berat isi untuk agregat kasar minimal 1.2 gram/cm³, maka agregat kasar dalam penelitian ini memenuhi syarat berat isi bahan campuran pengujian beton.

4.1.5 Uji Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur dilakukan untuk mengetahui banyaknya endapan lumpur yang terkandung dalam agregat halus (pasir).

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)

Keterangan	Benda uji	
	I	II
Tinggi pasir + lumpur	104	116
Tinggi Pasir	98	112
Tinggi lumpur	6	4
Kadar lumpur	5,77	3,45
Kadar lumpur rata-rata	4,61	

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Nilai kadar lumpur rata-rata yang di dapat dari dua benda uji adalah 4,61 % ini lebih kecil dari standar yaitu di bawah 5% artinya pasir yang di uji layak untuk langsung digunakan sebagai material bangunan tanpa harus di cuci terlebih dahulu.

4.1.6 Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasai Los Angeles

Pengujian Los Angeles adalah pengujian keausan kerikil dengan mesin Los Angeles dimaksudkan untuk mengetahui tingkat ketahanan aus kerikil atau batu pecah.

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Keausan Dengan Mesin Abrasi Los Angeles.

Gradasi Pemeriksaan		Jumlah Putaran (500 Putaran)	
Ukuran Saringan		I	II
Lolos	Tertahan	Berat	Berat
(mm)	(mm)	(gram)	(gram)
19	12,5	2500	2500
12,5	9,5	2500	2500

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Keausan Dengan Mesin Abrasi Los Angeles.

No	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
			I	II
1	Berat Sebelumnya	gram	5000	5000
2	Berat Tertahan Saringan No 12	gram	3600	4280
3	Berat Sesudah (1-2)	gram	1400	720
4	Keausan	%	28	14,4
Keausan rata-rata (%)			21,2	

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Dari tabel 4.15 keausan agregat kasar sebesar 21.2%, berdasarkan spesifikasi SNI 03-2417-2008 keausan agregat kasar yang ditentukan adalah maksimal 40% dengan demikian agregat kasar pada penelitian ini telah memenuhi syarat keausan bahan untuk campuran beton.

4.1.7 Rekapitulasi Hasil Uji Material

4.1.7.1 Agregat Halus

Tabel 4.16 Rekapitulasi Hasil Uji Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil	Ketentuan	Keterangan
1	Uji Kadar Air Agregat	3,45 %	Maks. 5 %	Memenuhi
2	Uji Berat Jenis Agregat			
	a. Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,50 gr	2,5 – 2,7 gr	Memenuhi
	b. Berat Jenis Curah Jenuh Permukaan Kering (SSD)	2,56 gr	2,5 – 2,7 gr	Memenuhi
	c. Berat Jenis Semu	2,67 gr	2,5 – 2,7 gr	Memenuhi
3	Uji Penyerapan Air Agregat	2,46 %	Maks. 3 %	Memenuhi
4	Uji Analisis Saringan (<i>Sieve Analysis</i>)	2,58 %	1,5 – 3,8 %	Memenuhi
5	Uji Berat Isi Agregat			
	a. Cara Tusuk	1,359 gr/cm ³	Min. 1,2 gr/cm ³	Memenuhi
	b. Cara Ketuk	1,330 gr/cm ³	Min. 1,2 gr/cm ³	Memenuhi
	c. Kondisi Gembur	1,298 gr/cm ³	Min. 1,2 gr/cm ³	Memenuhi
6.	Uji Kadar Lumpur	4,61 %	Maks. 5 %	Memenuhi

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

4.1.7.2 Agregat Kasar

Tabel 4.17 Rekapitulasi Hasil Uji Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil	Ketentuan	Keterangan
1	Uji Kadar Air Agregat	3,09 %	Maks. 5 %	Memenuhi
2	Uji Berat Jenis Agregat			
	d. Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,50 gr	2,5 – 2,7 gr	Memenuhi
	e. Berat Jenis Curah Jenuh Permukaan Kering (SSD)	2,55 gr	2,5 – 2,7 gr	Memenuhi
	f. Berat Jenis Semu	2,63 gr	2,5 – 2,7 gr	Memenuhi
3	Uji Penyerapan Air Agregat	2,04 %	Maks. 3 %	Memenuhi
4	Uji Analisis Saringan (<i>Sieve Analysis</i>)	6,98 %	6 – 7,1 %	Memenuhi
5	Uji Berat Isi Agregat			
	a. Cara Tusuk	1,392 gr/cm ³	Min. 1,2 gr/cm ³	Memenuhi
	b. Cara Ketuk	1,350 gr/cm ³	Min. 1,2 gr/cm ³	Memenuhi
	c. Kondisi Gembur	1,346 gr/cm ³	Min. 1,2 gr/cm ³	Memenuhi
6.	Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasai Los Angeles	21,2 %	Maks. 40 %	Memenuhi

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

4.2 Hasil Proporsi Campuran Beton

Perencanaan proporsi bahan penyusun beton ini dihitung berdasarkan metode SNI 7656 : 2012 dan dihitung menggunakan bantuan komputer dalam hal ini yaitu program excel. Tabel dibawah merupakan hasil dari perancangan proporsi bahan penyusun campuran beton.

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Perancangan Campuran Beton

No	Uraian	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan yang direncanakan	Ditetapkan	30	Mpa
2	Nilai standar deviasi	-	-	-
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 2.22	8,3	Mpa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	Langkah 1 + 3	38,3	Mpa
5	Nilai slump	Ditetapkan	60-100	mm
6	Ukuran maksimum agregat kasar	Hasil pengujian	20	mm
7	Jumlah air dalam beton	Tabel 2.24	205	kg/m ³
8	Kadar udara dalam beton	Tabel 2.24	2	%
9	Faktor air semen (FAS)	Tabel 2.25	0,44	-
10	Berat semen	Langkah 7 : 9	469,1	kg/m ³
11	Modulus halus butir	Hasil pengujian	2,58	
12	Berat isi agregat kasar	Hasil pengujian	1392	kg/m ³
13	Volume agregat kasar SSD tiap m ³	Tabel 2.26	0,642	
14	Jumlah agregat kasar	Langkah 12 x 13	893,664	kg/m ³
15	Menghitung jumlah agregat halus			
15.1	*atas dasar berat			
	Berat beton segar	Tabel 2.27	2345	kg/m ³
	Kadar agregat halus	Hasil perhitungan	777,228	kg/m ³
15.2	*atas dasar volume absolut			
	Volume air	Hasil perhitungan	0,205	m ³
	Volume semen	Hasil perhitungan	0,149	m ³
	Volume agregat kasar SSD tiap m ³	Hasil perhitungan	0,340	m ³
	Volume udara	Hasil perhitungan	0,020	m ³
	Volume agregat halus	Hasil perhitungan	0,286	m ³
	Kadar agregat halus	Hasil perhitungan	764,370	kg/ m ³

No	Uraian	Keterangan	Nilai	Satuan
16	Hasil proporsi campuran beton (kondisi agregat SSD) 0%			
16.1	Untuk 1 meter kubik beton			
	Air	Langkah 7	205	kg/ m ³
	Semen	Langkah 10	469,1	kg/ m ³
	Agregat kasar	Langkah 14	893,664	kg/ m ³
	Agregat halus	Langkah 15.1	777,228	kg/m ³
16.2	Untuk pekerjaan di laboratorium (3 silinder)			
	Air	Hasil perhitungan	3,91	kg
	Semen	Hasil perhitungan	8,95	kg
	Agregat kasar	Hasil perhitungan	17,05	kg
	Agregat halus	Hasil perhitungan	14,83	kg
17	Hasil proporsi campuran beton (kondisi agregat SSD) 0,15% Conplast WP421			
17.1	Untuk 1 meter kubik beton			
	Air	Langkah 7	205	kg/ m ³
	Semen	Langkah 10	469,1	kg/ m ³
	Agregat kasar	Langkah 14	893,664	kg/ m ³
	Agregat halus	Langkah 15.1	777,228	kg/ m ³
	Conplast WP421 0,15%	Ditetapkan	1,5	liter/m ³
17.2	Untuk pekerjaan di laboratorium (3 silinder)			
	Air	Hasil perhitungan	3,91	kg
	Semen	Hasil perhitungan	8,95	kg
	Agregat kasar	Hasil perhitungan	17,05	kg
	Agregat halus	Hasil perhitungan	14,83	kg
	Conplast WP421 0,15%	Hasil perhitungan	0,024	liter
18	Hasil proporsi campuran beton (kondisi agregat SSD) 0,30% Conplast WP421			
18.1	Untuk 1 meter kubik beton			
	Air	Langkah 7	205	kg/ m ³
	Semen	Langkah 10	469,1	kg/m ³

No	Uraian	Keterangan	Nilai	Satuan
18.2	Agregat kasar	Langkah 14	893,664	kg/m ³
	Agregat halus	Langkah 15.1	777,228	kg/m ³
	Conplast WP421 0,30%	Ditetapkan	3	liter/m ³
	Untuk pekerjaan di laboratorium (3 silinder)			
	Air	Hasil perhitungan	3,91	kg
	Semen	Hasil perhitungan	8,95	kg
	Agregat kasar	Hasil perhitungan	17,05	kg
	Agregat halus	Hasil perhitungan	14,83	kg
	Conplast WP421 0,30%	Hasil perhitungan	0,048	liter
19	Hasil proporsi campuran beton (kondisi agregat SSD) 0,45% Conplast WP421			
19.1	Untuk 1 meter kubik beton			
	Air	Langkah 7	205	kg/m ³
	Semen	Langkah 10	469,1	kg/m ³
	Agregat kasar	Langkah 14	893,664	kg/m ³
	Agregat halus	Langkah 15.1	777,228	kg/m ³
	Conplast WP421 0,45%	Ditetapkan	4,5	liter/m ³
19.2	Untuk pekerjaan di laboratorium (3 silinder)			
	Air	Hasil perhitungan	3,91	kg
	Semen	Hasil perhitungan	8,95	kg
	Agregat kasar	Hasil perhitungan	17,05	kg
	Agregat halus	Hasil perhitungan	14,83	kg
	Conplast WP421 0,45%	Hasil perhitungan	0,072	liter

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

4.3 Hasil Uji Slump

Pengujian slump ini merupakan suatu teknik untuk memantau homogenitas dan workability adukan beton segar dengan suatu kekentalan tertentu yang dinyatakan dengan satu nilai slump. Kondisi laboratorium dengan material beton yang terkendali secara ketat, nilai slump umumnya meningkat sebanding dengan

nilai kadar air campuran beton, dengan demikian berbanding terbalik dengan kekuatan beton. Tabel dibawah merupakan hasil pengujian nilai slump yang dilakukan dalam 16 tahap.

Tabel 4.19 Hasil Pengujian Nilai Slump presentase 0%

No	Uraian	Nilai Slump (cm)
1	<i>Trial Mix</i> Tahap 1 0%	9,8
2	<i>Trial Mix</i> Tahap 2 0%	7
3	<i>Trial Mix</i> Tahap 3 0%	7,3
4	<i>Trial Mix</i> Tahap 4 0%	8
Rata-rata		8

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Tabel 4.20 Hasil Pengujian Nilai Slump presentase 0,15%

No	Uraian	Nilai Slump (cm)
1	<i>Trial Mix</i> Tahap 1 0,15%	20
2	<i>Trial Mix</i> Tahap 2 0,15%	15,5
3	<i>Trial Mix</i> Tahap 3 0,15%	15
4	<i>Trial Mix</i> Tahap 4 0,15%	19
Rata-rata		17,4

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Tabel 4.21 Hasil Pengujian Nilai Slump presentase 0,30%

No	Uraian	Nilai Slump (cm)
1	<i>Trial Mix</i> Tahap 1 0,30%	16,5
2	<i>Trial Mix</i> Tahap 2 0,30%	15
3	<i>Trial Mix</i> Tahap 3 0,30%	17
4	<i>Trial Mix</i> Tahap 4 0,30%	14,5

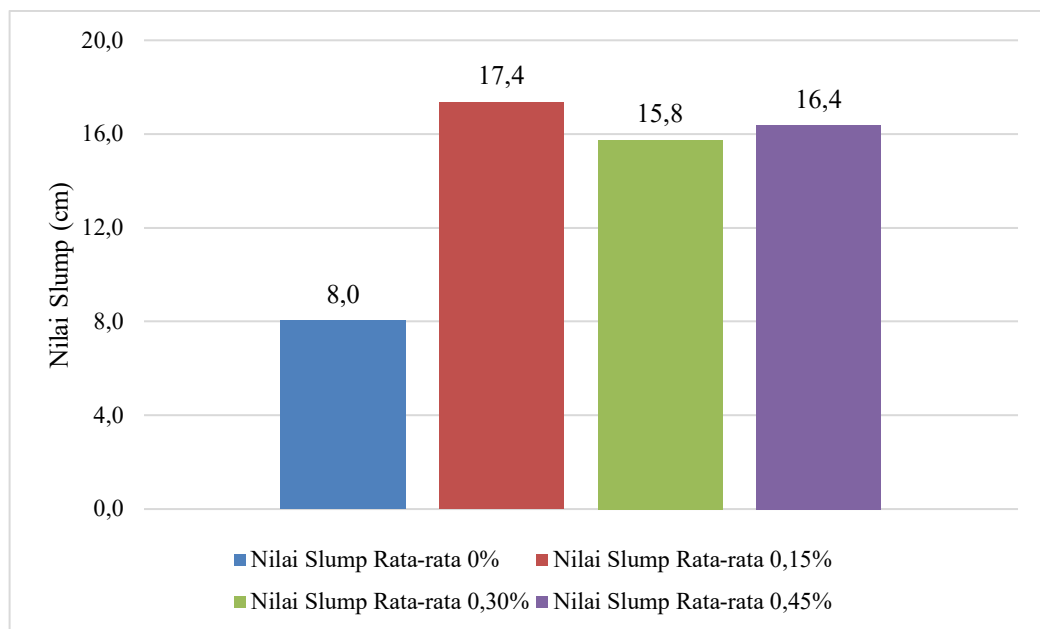
No	Uraian	Nilai Slump (cm)
	Rata-rata	15,8

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024

Tabel 4.22 Hasil Pengujian Nilai Slump presentase 0,45%

No	Uraian	Nilai Slump (cm)
1	<i>Trial Mix</i> Tahap 1 0,45%	19,5
2	<i>Trial Mix</i> Tahap 2 0,45%	14
3	<i>Trial Mix</i> Tahap 3 0,45%	15
4	<i>Trial Mix</i> Tahap 4 0,45%	17
	Rata-rata	16,4

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Nilai Slump

Sumber: Dokumen Pribadi, 2024

Nilai slump yang direncanakan dalam penelitian ini adalah 60 – 100 mm untuk *initial slump* dan 140 – 200 mm untuk *final slump*. Untuk campuran beton normal tanpa campuran *waterproofing integral* conplast WP421 digunakan *initial slump* dan untuk campuran beton dengan *waterproofing integral* conplast WP421

digunakan *final slump* karena kondisi campuran beton telah terpengaruhi oleh pencampuran WP421. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh nilai slump rata-rata sebesar 80 mm untuk campuran beton normal dan 174 mm untuk 0,15%; 158 mm untuk 0,30% dan 164 mm untuk 0,45% campuran beton dengan menggunakan *waterproofing integral* conplast WP421. Nilai slump hasil pengujian berada dalam rentang nilai slump yang direncanakan.

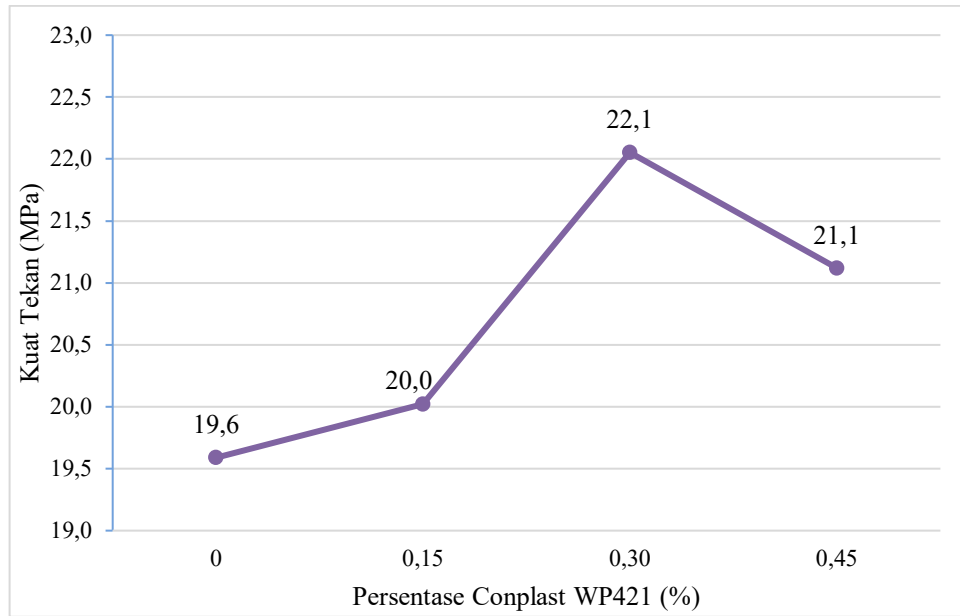
4.4 Hasil Uji Kuat Tekan

Berikut merupakan hasil pengujian benda uji beton, uji kuat tekan beton yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium Struktur dan Beton Universitas Siliwangi Kampus Mugarsari selama penelitian. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji dibuka dari cetakan dan di rendam didalam air selama waktu yang telah ditentukan yaitu umur 7, 14 dan 28 hari, untuk benda uji silinder 15 x 30 cm.

Tabel 4.23 Hasil Uji Tekan Beton Umur 7 Hari

No Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (Hari)	Massa Benda Uji (kg)	Dimensi		Luas Bidang (mm²)	Gaya Tekan (KN)	Kuat Tekan (N/mm²)
					L (mm)	D (mm)			
0%	10/09/2024	17/09/2024	7 Hari	12,02	300	150	17671,46	344,47	19,5
				11,80				351,43	19,9
				11,78				342,60	19,4
Rata-rata								346,17	19,6
0,15%	10/09/2024	17/09/2024	7 Hari	11,76	300	150	17671,46	360,26	20,4
				11,84				347,90	19,7
				11,66				353,20	20,0
Rata-rata								353,79	20,0
0,30%	16/09/2024	23/09/2024	7 Hari	11,90	300	150	17671,46	384,99	21,8
				11,88				395,58	22,4
				11,86				388,52	22,0
Rata-rata								389,697	22,1
0,45%	16/09/2024	23/09/2024	7 Hari	11,66	300	150	17671,46	379,69	21,5
				11,70				374,39	21,2
				11,74				365,56	20,7
Rata-rata								373,21	21,1

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024



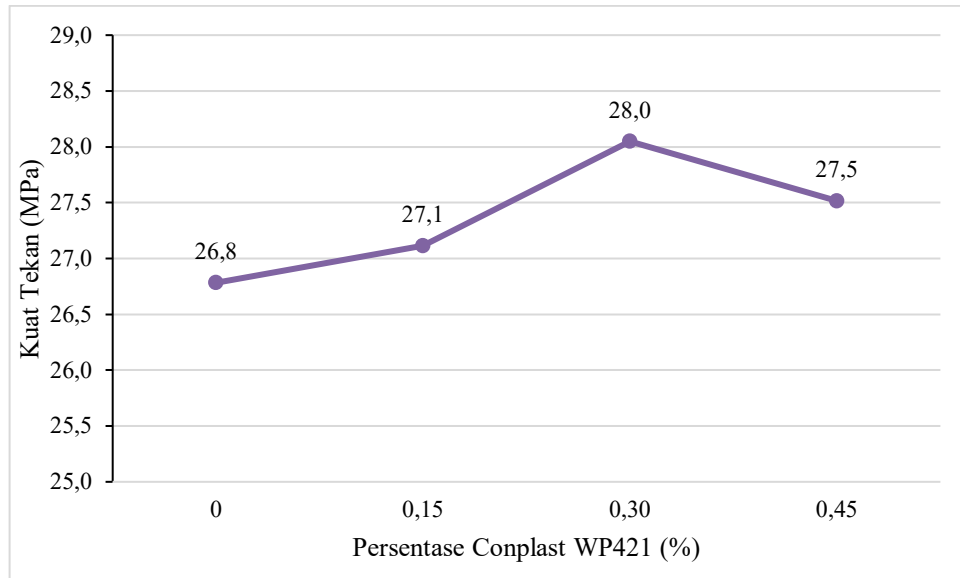
Gambar 4.4 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Sumber: Dokumen Pribadi, 2024

Tabel 4.24 Hasil Uji Tekan Beton Umur 14 Hari

No Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (Hari)	Massa Benda Uji (kg)	Dimensi		Luas Bidang (mm ²)	Gaya Tekan (KN)	Kuat Tekan (N/mm ²)
					L (mm)	D (mm)			
0%	10/09/2024	24/09/2024	14 Hari	11,94	300	150	17671,46	473,29	26,8
				11,80				467,99	26,5
				11,94				478,59	27,1
Rata-rata								473,29	26,8
0,15%	10/09/2024	24/09/2024	14 Hari	11,74	300	150	17671,46	478,59	27,1
				11,88				483,88	27,4
				11,78				475,05	26,9
Rata-rata								479,17	27,1
0,30%	16/09/2024	01/10/2024	14 Hari	11,84	300	150	17671,46	487,42	27,6
				11,82				498,01	28,2
				12,08				501,54	28,4
Rata-rata								495,66	28,0
0,45%	16/09/2024	01/10/2024	14 Hari	11,76	300	150	17671,46	496,25	28,1
				11,84				489,18	27,7
				11,94				473,29	26,8
Rata-rata								486,24	27,5

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024



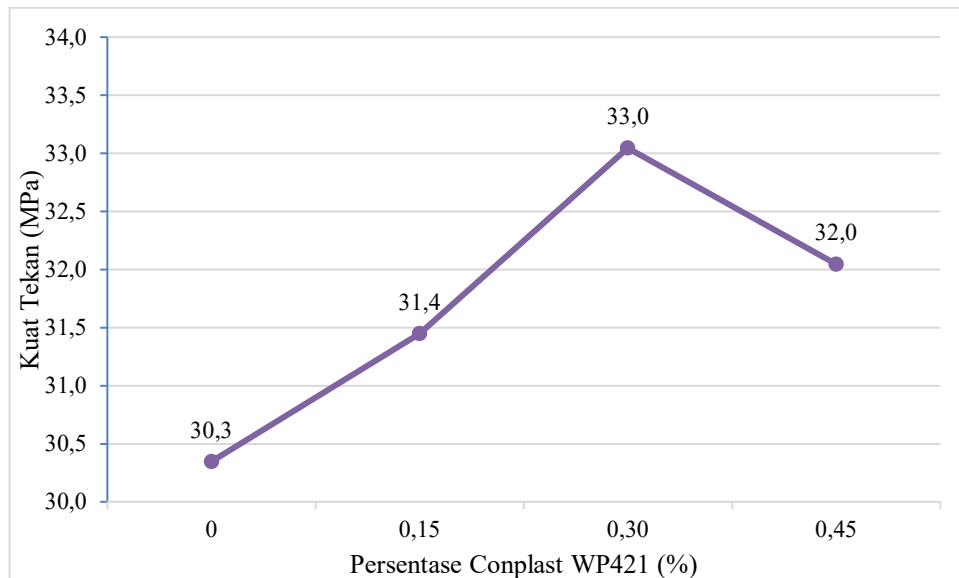
Gambar 4.5 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Sumber: Dokumen Pribadi, 2024

Tabel 4.25 Hasil Uji Tekan Beton Umur 28 Hari

No Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (Hari)	Massa Benda Uji (kg)	Dimensi		Luas Bidang (mm²)	Gaya Tekan (KN)	Kuat Tekan (N/mm²)
					L (mm)	D (mm)			
0%	10/09/2024	08/10/2024	28 Hari	11,90	300	150	17671,46	533,33	30,2
				11,94				550,99	31,2
				11,84				524,50	29,7
Rata-rata								536,27	30,3
0,15%	10/09/2024	08/10/2024	28 Hari	11,78	300	150	17671,46	559,82	31,7
				11,78				568,65	32,2
				11,78				538,63	30,5
Rata-rata								555,70	31,4
0,30%	16/09/2024	14/10/2024	28 Hari	11,86	300	150	17671,46	575,72	32,6
				11,98				591,61	33,5
				11,90				584,55	33,1
Rata-rata								583,96	33,0
0,45%	16/09/2024	14/10/2024	28 Hari	11,76	300	150	17671,46	559,82	31,7
				11,78				565,12	32,0
				11,86				573,95	32,5
Rata-rata								566,30	32,0

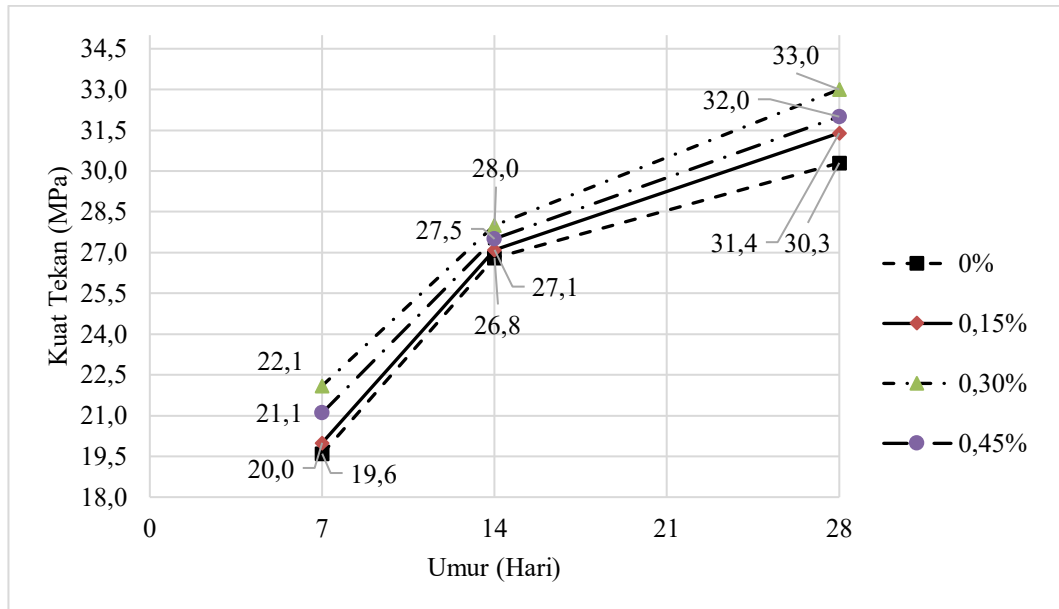
Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024



Gambar 4.6 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Sumber: Dokumen Pribadi, 2024

Berdasarkan data di atas, menunjukkan bahwa pengaruh penambahan *waterproofing integral* conplast WP421 sebagai bahan penambah pada campuran beton pada umur 7, 14 dan 28 hari mengalami peningkatan dibanding dengan campuran beton normal, dan mencapai nilai optimum pada persentase 0,30%. Hasil pengujian pengaruh dari penambahan *waterproofing integral* conplast WP421 pada campuran beton terhadap kuat tekan secara keseluruhan dapat dilihat pada grafik sebagai berikut:



Gambar 4.7 Grafik Kuat Tekan Keseluruhan

Sumber: Dokumen Pribadi, 2024

4.4.1 Contoh Perhitungan Hasil Uji Kuat Tekan

Kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \quad (4.1)$$

dimana,

Kuat tekan beton = Dinyatakan dalam MPa atau N/mm²

P = Gaya tekan aksial, dinyatakan dalam Newton (N)

A = Luas penampang melintang benda uji (mm²)

Berikut contoh perhitungan kuat tekan beton untuk beton penambahan conplast WP421 0,30% sampel 2 umur 28 hari dimana gaya tekan aksial yang dapat ditahan sebesar 591,61 N dengan luas penampang melintang benda uji sebesar 17671,46 mm², maka dapat dihitung:

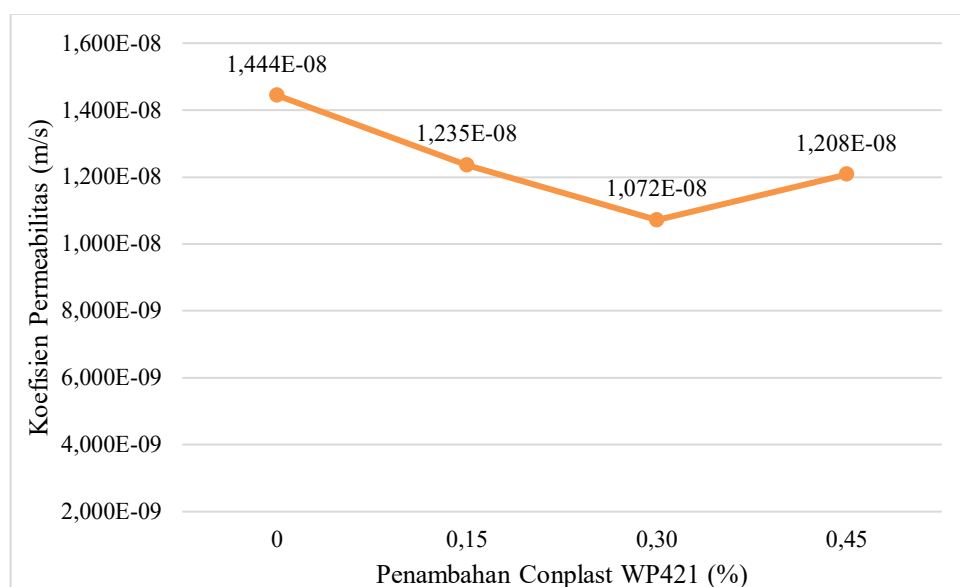
$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A}$$

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{591,61 \text{ N}}{17671,46 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Kuat tekan beton} = 33,5 \text{ N/mm}^2 \text{ atau } 33,5 \text{ MPa}$$

Jenis Beton	No Sampel Benda Uji	Kedalaman Rembesan (m)	Waktu Penetrasi (detik)	Tinggi Tekanan (m)	Angka Pori Beton	Koefisien Permeabilitas (m/det)
0,15%	1	0,03947	3600	0,022	0,0012606	1,240E-08
	2	0,03779	3600	0,021	0,0012606	1,190E-08
	3	0,04005	3600	0,022	0,0012606	1,276E-08
Rata-rata						1,235E-08
0,30%	1	0,03315	3600	0,017	0,0012606	1,132E-08
	2	0,03229	3600	0,017	0,0012606	1,073E-08
	3	0,03038	3600	0,016	0,0012606	1,010E-08
Rata-rata						1,072E-08
0,45%	1	0,03795	3600	0,021	0,0012606	1,201E-08
	2	0,03925	3600	0,022	0,0012606	1,226E-08
	3	0,03788	3600	0,021	0,0012606	1,196E-08
Rata-rata						1,208E-08

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2024



Gambar 4.8 Grafik Koefisien Permeabilitas

Sumber: Dokumen Pribadi, 2024

Berdasarkan data hasil pengujian Permeabilitas Beton menggunakan Uji Penetrasi menunjukkan bahwa beton dengan campuran *waterproofing integral* conplast WP421 memiliki kedalaman penetrasi dan nilai koefisien permeabilitas lebih rendah dibandingkan dengan beton campuran normal.

Kedalaman penetrasi dan nilai koefisien mencapai nilai optimum pada persentase penambahan conplast WP421 sebanyak 0,30% dengan nilai kedalaman penetrasi rata-rata 3,2 cm dan nilai koefisien permeabilitas rata-rata 1,072E-08 m/detik.

Pengujian dilakukan menggunakan alat *water permeability apparatus*. Beton diberikan penetrasi air sebesar 3 bar. Penggunaan tekanan air 3 bar merupakan tekanan air yang umum digunakan untuk pengujian permeabilitas beton dan dapat di simulasikan pada kondisi nyata dimana *ground water tank* yang berada di bawah dan berinteraksi dengan air tanah.

Yenny Nurchasanah melakukan penelitian pada tahun 2010 mengenai Koefisien Permeabilitas pada Rekayasa Beton Kedap Air dengan Bahan Baku Limbah Padat Industri Cor Logam di Kabupaten Klaten - Jawa Tengah. Penelitian tersebut menunjukkan nilai permeabilitas, pada fas 0,4, beton dengan agregat klelet memiliki koefisien permeabilitas terbaik yaitu 4.80E-08 m/dtk. Begitupula pada fas 0,5, beton dengan agregat klelet memiliki koefisien permeabilitas terbaik yaitu 7.50E-08 m/dtk. Penelitian tersebut dapat menjadi acuan bahwa hasil koefisien pada penelitian ini yang berada pada rentang 1,072E-08 m/dtk sampai 1,444E-08 m/dtk merupakan angka yang normal dan wajar untuk koefisien permeabilitas pada beton.

4.5.1 Contoh Perhitungan Koefisien Permeabilitas Beton

Untuk mencari nilai koefisien permeabilitas digunakan rumus:

$$K = \frac{d^2 \cdot u}{2 \cdot T \cdot h} \quad (4.2)$$

dengan: K : Koefisien Permeabilitas (m/det)

d : Kedalaman Penetrasi (m)

T : Waktu Penetrasi (det)

h : Tinggi Tekanan (m)

u : Angka Pori Beton

Angka pori beton, u , dihitung dengan menggunakan rumus

$$u = \frac{\left\{ \left(\frac{w}{c} \right) \cdot (100 - \alpha) \cdot 36,15 \right\}}{\left(w + \frac{100}{g} \right)} \quad (3.3)$$

dengan: u : Angka Pori Beton

w/c : Faktor Air Semen

w : Jumlah Air Bebas Dalam Beton (g/cm^2)

g : Massa Jenis Beton (g/cm^2)

α : Derajat Hidrasi Beton

Berikut contoh perhitungan koefisien permeabilitas untuk beton dengan penambahan conplast WP421 0,30% sampel 3 dengan kedalaman rembesan sedalam 3,04 cm atau 0,03038 m, tinggi tekanan 0,016 m dalam waktu pengujian selama 1 jam atau 3600 detik dan angka pori senilai 0,0012606.

Sebelum menghitung koefisien permeabilitas terlebih dahulu mencari nilai untuk angka pori dimana fas yang digunakan adalah 0,44, dengan jumlah air dalam beton 205000 g/cm^2 , massa jenis beton 2,4 g/cm^2 dengan derajat hidrasi yang dialami semen sebesar 83,75%. Maka dapat dicari angk pori sebagai berikut:

$$u = \frac{\{(0,44) \cdot (100 - 83,75) \cdot 36,15\}}{\left(205000 + \frac{100}{2,4} \right)}$$

$$u = \frac{258,4725}{205041,6}$$

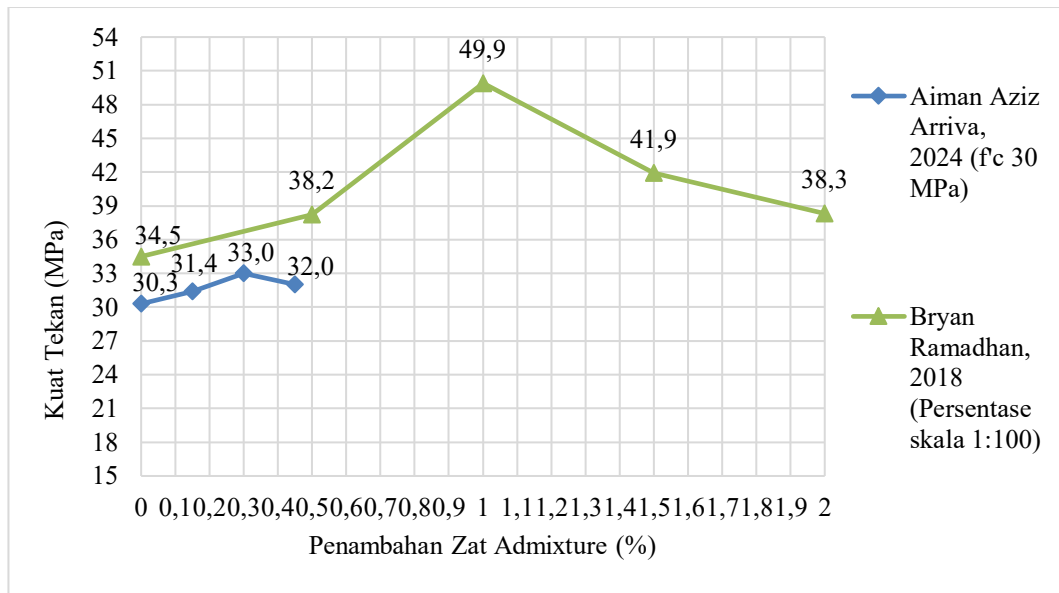
$$u = 0,0012606$$

Setelah mendapatkan angka pori maka dapat dihitung nilai koefisien permeabilitas beton sebagai berikut:

$$K = \frac{(0,03038 \text{ m})^2 \cdot 0,0012606}{2.3600 \text{ detik} \cdot 0,016 \text{ m}}$$

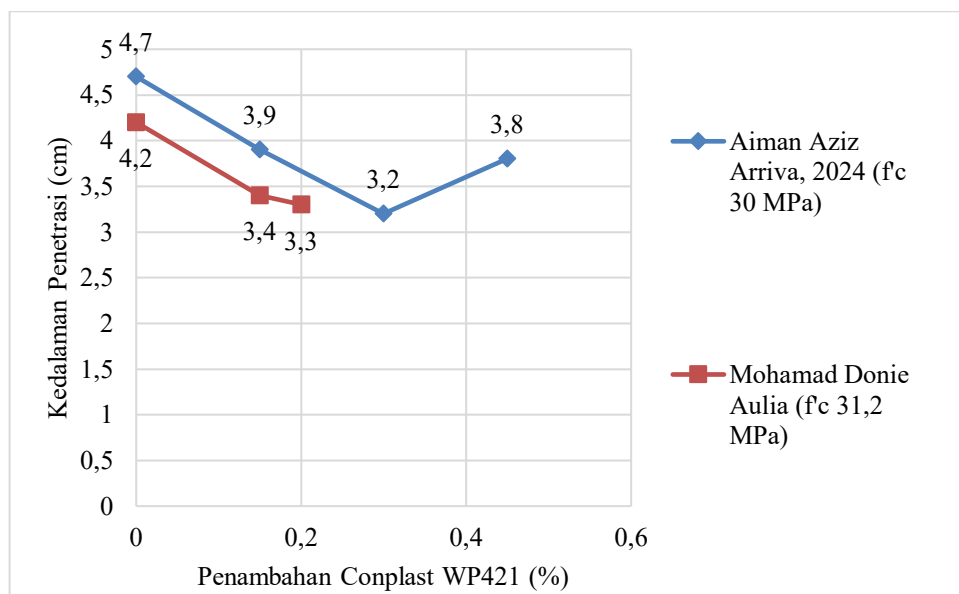
$$K = 1,010\text{E-}08 \text{ m/detik atau } 0,00000001010 \text{ m/detik}$$

4.6 Analisis Hasil Penelitian



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton dengan Penelitian Sebelumnya

Sumber: Dokumen Pribadi, 2024



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Kedalaman Penetrasi dengan Penelitian Sebelumnya

Sumber: Dokumen Pribadi, 2024

Berdasarkan grafik penelitian kuat tekan dan permeabilitas beton di atas penambahan zat admixture *waterproofing integral* dapat meningkatkan kuat tekan

dan membuat beton lebih *impermeable* hingga mencapai nilai optimumnya. Namun kuat tekan dan nilai permeabilitas akan menurun setelah mencapai nilai optimumnya, hal tersebut dapat terjadi karena penggunaan zat admixture yang terlalu berlebihan tidak sesuai dosis dapat mengganggu keseimbangan kimia dalam campuran beton sehingga menyebabkan segresi dan *bleeding* atau keluarnya air berlebih ke permukaan beton.

Beton dengan persentase penambahan conplast WP421 sebanyak 0,30% memiliki kuat tekan paling tinggi yaitu 33,0 MPa atau meningkat 8,91% dari kuat tekan beton normal dan memiliki kedalaman penetrasi paling rendah yaitu 3,2 cm atau menurun 31,91% dengan nilai koefisien permeabilitas sebesar $1,072\text{E-}08$ m/detik.

Menurut hasil analisis terdapat hubungan antara kuat tekan dan permeabilitas beton, dimana terdapat titik keseimbangan optimal karena beton mencapai performa terbaik dalam kedua aspek tersebut. Grafik menunjukkan terdapat penambahan kekuatan dari kedua aspek tersebut hingga mencapai titik optimum pada persentase 0,30% lalu menurun sedikit pada persentase penambahan 0,45%. Pada persentase penambahan 0,30% conplast WP421, beton mencapai nilai kuat tekan dan kedap air atau permeabilitas yang optimal. Ini menunjukkan bahwa pada titik ini, beton memiliki kepadatan dan kekompakan yang terbaik.

Waterproofing integral conplast WP421 mengandung *plasticizer* non-udara yang membantu dalam pemadatan optimal beton dan mengurangi jumlah air dalam campuran beton, sehingga mengurangi porositas dan meningkatkan densitas. Selain itu *waterproofing integral* conplast WP421 juga mengandung agen anti-busa yang mengurangi pembentukan busa dalam campuran beton.

Pembentukan busa dapat mengurangi kepadatan dan kuat tekan beton, oleh karena itu mengurangi busa membantu mempertahankan kepadatan dan kuat tekan yang optimal serta mengurangi penetrasi air. *Plasticizer* non-udara dan agen anti-busa tersebut yang membuat beton dengan penambahan *waterproofing integral* conplast WP421 mengalami peningkatan dalam kuat tekan beton dan membuat beton menjadi lebih *impermeable*.

Peningkatan kuat tekan dan *impermeable* tersebut dapat menjadi solusi terhadap permasalahan yang ada pada *ground water tank* dimana kerap terjadi

rembesan yang disebabkan oleh penetrasi air yang terus menerus, sehingga pengaplikasian *Waterproofing Integral* conplast WP421 ini sangat memungkinkan digunakan pada konstruksi *ground water tank* karena peningkatan kuat tekan hingga nilai optimumnya menjadikan beton lebih tahan terhadap beban dan tekanan pada konstruksi *ground water tank*, selain itu penurunan nilai koefisien permeabilitas dan juga kedalaman penetrasinya sangat membantu konstruksi *ground water tank* terhindar dari masalah rembesan akibat penetrasi air sehingga bangunan lebih aman dan tahan untuk jangka waktu yang lama, hal ini juga membuat *ground water tank* memenuhi kualifikasi sebagai bangunan kedap air dimana kedalaman penetrasinya kurang dari 5 cm berdasarkan pada SNI 03-2914-1992.