



BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Material

Pengujian material dilakukan sebelum melakukan pelaksanaan penelitian. Pada pengujian material dilakukan dengan tujuan memperoleh spesifikasi, karakteristik, dan mutu pada setiap bahan dan material yang akan digunakan pada penelitian. Material yang diuji pada penelitian ini yaitu agregat halus, dan agregat kasar dengan beberapa jenis pengujian yang mengacu pada SNI dan ASTM. Pada penelitian ini, pelaksanaan pengujian material dilakukan di Laboratorium Konstruksi Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata. Beberapa pengujian yang dilakukan pada material yang digunakan.

4.2. Pengujian Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus merupakan agregat yang bersifat sebagai pengisi antara rongga yang dihasilkan dari menempelnya kerikil atau agregat kasar pada campuran beton. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pasir yang berasal dari Muntilan Jawa Tengah. Agregat halus diuji agar memperoleh beberapa data berupa kandungan lumpur pada pasir, kebersihan dari lumpur, dan analisis saringan untuk mengklasifikasikan agregat halus tersebut dapat digolongkan menjadi beberapa ukuran. Beberapa pengujian yang dilakukan pada pengujian agregat halus.

1. Pengujian Kelembaban Pasir (ASTM C 566-97)

Acuan pada saat melakukan pengujian kelembaban pasir mengacu pada pengujian ASTM C 566-97. Langkah kerja pada pengujian kelembaban pasir dapat dilihat pada Bab 3, sedangkan dokumentasi pada saat pelaksanaan pengujian kelembaban pasir dapat dilihat pada halaman Lampiran 1. Hasil pengujian dari kelembaban pasir dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Kelembaban Pasir

Jenis Percobaan	1
Berat pasir asli (w_1)	500 gram
Berat pasir oven (w_2)	490 gram



Tabel 4.1 Hasil Kelembaban Pasir (Lanjutan)

Jenis Percobaan	1
Kelembaban pasir ($w_1 - w_2$)/ $w_2 \times 100\%$	2 %

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa berdasarkan pengujian kelembaban pasir yang dilakukan diperoleh kelembaban pasir 2 %. Pada hasil dari pengujian tersebut telah memenuhi persyaratan pada ASTM C 566 – 97 yaitu jumlahnya lebih kecil dari syarat batas atas yang telah diijinkan pada 1 – 5%.

2. Pengujian Berat Jenis Pasir (ASTM C 128 – 07)

Acuan pada saat melakukan pengujian berat jenis pasir mengacu pada pengujian ASTM C 128 – 07. Langkah kerja pada pengujian berat jenis pasir dapat dilihat pada Bab 3, sedangkan dokumentasi pada saat pelaksanaan pengujian berat jenis pasir dapat dilihat pada halaman Lampiran 1. Hasil pengujian dari berat jenis pasir dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Uji Berat Jenis Pasir

Percobaan Nomor	1	2
Berat labu + pasir + air (w_1)	1725 gram	1737 gram
Berat pasir SSD	500 gram	500 gram
Berat labu + air (w_2)	1443 gram	1443 gram
Berat jenis pasir = $500 / (500 + w_2) - w_1$	2,35 gram/cm ³	2,42 gram/cm ³

Berdasarkan Tabel 4.2 menunjukkan bahwa berdasarkan pengujian berat jenis pasir yang dilakukan sebanyak dua kali percobaan dan didapatkan nilai untuk berat jenis rata – rata pasir pada kondisi SSD yaitu $(2,35 + 2,42) / 2 = 2,38 \text{ gr/cm}^3$. Pada hasil pengujian tersebut telah memenuhi persyaratan pada ASTM C 128 - 07 yaitu untuk syarat batas yang diijinkan adalah 1,60 – 3,30 gr/cm³.

3. Pengujian Air Resapan Pasir (ASTM C 128 – 07)

Acuan pada saat melakukan pengujian air resapan pasir mengacu pada pengujian ASTM C 128 – 07. Langkah kerja pada pengujian air resapan pasir dapat dilihat



pada Bab 3, sedangkan dokumentasi pada saat pelaksanaan pengujian air resapan pasir dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil pengujian dari air resapan pasir dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Air Resapan Pasir

Percobaan Nomor	1	2
Berat pasir SSD	500 gram	500 gram
Berat pasir oven (w_1)	489 gram	490 gram
Kadar air resapan = $(500 - w_1/w_1) \times 100\%$	2,24 %	2,04 %

Berdasarkan Tabel 4.3 menunjukkan bahwa untuk uji air resapan pasir yang dilakukan sebanyak dua kali percobaan dan didapatkan nilai untuk berat jenis rata – rata pasir yaitu $(2,24 + 2,04) \% / 2 = 2,14 \text{ gr/cm}^3$. Pada hasil pengujian tersebut telah memenuhi persyaratan pada ASTM C 128 - 07 yaitu untuk syarat batas yang diijinkan yaitu maksimal 5 %.

4. Pengujian Kebersihan Pasir Terhadap Endapan Lumpur (ASTM C 117 – 95)
Acuan pada saat melakukan pengujian kebersihan pasir terhadap endapan lumpur mengacu pada pengujian ASTM C 117 – 95. Langkah kerja pada pengujian kebersihan pasir terhadap endapan lumpur dapat dilihat pada Bab 3, sedangkan dokumentasi pada saat pengujian kebersihan pasir terhadap endapan lumpur dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil pengujian dari kebersihan pasir terhadap endapan lumpur dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Kebersihan Pasir Terhadap Pengendapan Lumpur

Percobaan Nomor	1 (Belum Dicuci)	2 (Telah Dicuci)
Tinggi lumpur (h)	0,6 cm	0,2 cm
Tinggi pasir (H)	6 cm	5,8 cm
Kadar lumpur = $h/H \times 100\%$	10 %	3,4 %



Berdasarkan Tabel 4.4 menunjukkan bahwa kadar lumpur endapan yang terdapat pada pasir yang belum dicuci adalah 10 % sedangkan pasir yang telah dicuci adalah 3,4 %. Hasil yang diperoleh dari pengujian agregat halus telah memenuhi persyaratan ASTM C 117 – 95. Batas syarat yang diijinkan untuk kandungan lumpur pada pasir setelah dicuci yaitu maksimal 5%. Pada penelitian ini pasir yang digunakan dilakukan pencucian terlebih dahulu, karena kandungan lumpur pada pasir yang belum dilakukan pencucian adalah 10 % dan hasil yang diperoleh tidak memenuhi persyaratan yang diijinkan pada ASTM C 117 – 95.

5. Pengujian Kebersihan Pasir Terhadap Pencucian Lumpur (ASTM C 117 – 95)
Acuan pada saat melakukan pengujian kebersihan pasir terhadap pencucian lumpur mengacu pada pengujian ASTM C 117 – 95. Langkah kerja pada pengujian kebersihan pasir terhadap pencucian lumpur dapat dilihat pada Bab 3, sedangkan dokumentasi pada saat pengujian kebersihan pasir terhadap pengujian lumpur dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil pengujian dari pengujian kebersihan pasir terhadap pencucian lumpur dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur

Nomor Percobaan	1	2
Berat pasir kering (w_1)	500 gram	500 gram
Berat pasir bersih kering (w_2)	480 gram	475 gram
Kadar lumpur = $(w_1 - w_2) / w_1 \times 100\%$	4 %	5 %

Berdasarkan Tabel 4.5 menunjukkan bahwa kadar lumpur rata – rata = 7 %. Hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut telah memenuhi persyaratan ASTM C 117 – 95 yang merupakan syarat batas yang telah ditentukan yaitu 5%.

6. Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus (ASTM C 136 – 01)

Acuan pada saat melakukan pengujian analisis saringan agregat halus mengacu pada pengujian ASTM C 136 – 01. Langkah kerja pada pengujian analisis saringan agregat halus dapat dilihat pada Bab 3, sedangkan dokumentasi pada saat pengujian



analisis saringan agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil pengujian analisis saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.6.

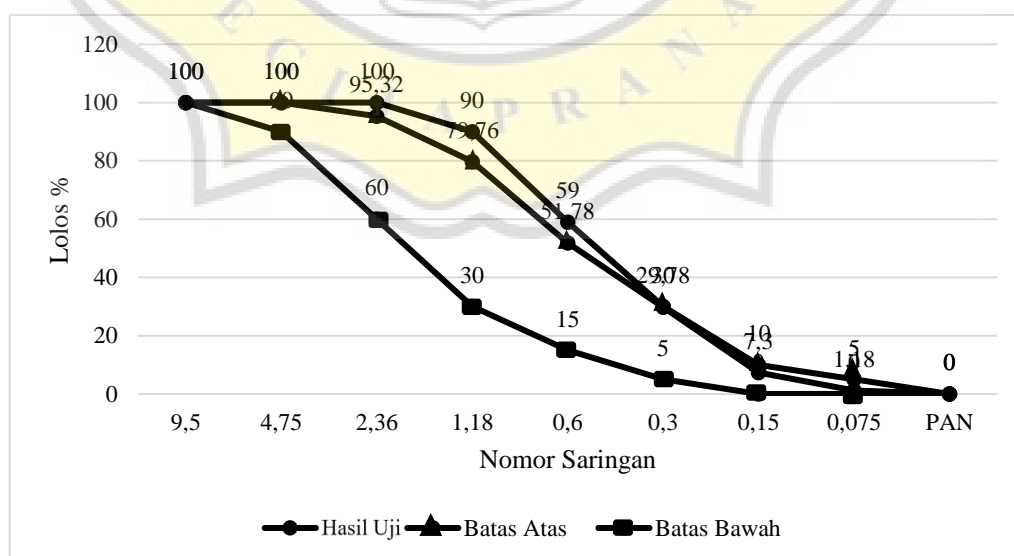
Tabel 4.6 Hasil Analisis Ayakan Agregat Halus

Lubang Ayakan (inci/mm)	Pasir		
	Tertinggal		
	Gram	%	E %
4,75	0	0	100
2	23,9	4,68	95,32
1,18	77,4	15,56	79,76
0,6	139,4	27,98	51,78
0,3	110,5	22	29,78
0,150	112,2	22,48	7,3
0,075	30,8	6,12	1,18
0	5,8	1,08	0
Jumlah	500	100	

Asal: Pasir Muntilan

Syarat kebersihan:

- Lolos saringan No. 200 : 1,08 %
- Kelembapan : 2 %
- Berat Jenis (SSD) : 2,38 gram/cm³
- Resapan : 2,14 %



Gambar 4.1 Grafik Agregat Halus



4.3. Pengujian Agregat Kasar (Kerikil)

Fungsi agregat kasar merupakan material sebagai penopang kekuatan utama pada campuran beton sekaligus sebagai bahan dasar untuk pembuatan suatu konstruksi bahan bangunan. Agregat kasar terdiri berbagai ukuran yang akan diklasifikasikan dalam beberapa jenis. Agregat kasar yang digunakan diperoleh dari daerah Muntilan Jawa Tengah. Agregat kasar diuji agar memperoleh beberapa data berupa pengujian kelembaban kerikil, pengujian berat jenis kerikil, pengujian air resapan kerikil, pengujian kerikil terhadap pencucian lumpur, dan analisis saringan untuk mengklasifikasikan agregat kasar tersebut dapat digolongkan menjadi beberapa ukuran. Beberapa pengujian yang dilakukan pada pengujian agregat halus yaitu:

1. Pengujian Kelembaban Agregat Kasar (ASTM C 566 – 97)

Langkah kerja pada pengujian kelembaban agregat kasar dapat dilihat pada Bab 3, sedangkan dokumentasi pada saat pengujian kelembaban agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil pengujian kelembaban agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Kelembaban Agregat Kasar

Percobaan Nomor	1	2
Berat kerikil asli (w_1)	500 gram	500 gram
Berat kerikil oven (w_2)	490 gram	495 gram
Kelembaban kerikil $= (w_1 - w_2)/w_2 \times 100\%$	2,04 %	1,01 %

Berdasarkan Tabel 4.7 menunjukkan uji kelembaban kerikil dilakukan dua kali percobaan dan mendapatkan hasil perhitungan kerikil rata – rata = 1,52 %. Hasil pengujian yang diperoleh dari pengujian tersebut telah memenuhi persyaratan ASTM C 566 – 97 dengan batas 1 – 5 %.

2. Pengujian Berat Jenis Kerikil (ASTM C 127 – 88)

Pada pengujian berat jenis kerikil menggunakan acuan ASTM C 127 – 88 dan langkah kerja pada pengujian berat jenis kerikil dapat dilihat pada Bab 3, dan untuk dokumentasi pada saat pengujian berat jenis kerikil dapat pada Lampiran 1. Hasil pengujian berat jenis kerikil dapat dilihat pada Tabel 4.8.



Tabel 4.8 Hasil Berat Jenis Kerikil

Percobaan Nomor	1
Berat kerikil di udara (w_1)	3000 gram
Berat Kerikil di air (w_2)	1800 gram
Berat jenis kerikil = $w_1/(w_1 - w_2)$	2,5 gram

Berdasarkan Tabel 4.8 menunjukkan hasil untuk berat jenis kerikil = 2,5 gr/cm³. Hasil pengujian yang diperoleh dari pengujian berat jenis kerikil tersebut telah memenuhi persyaratan ASTM C 127 – 88 pada batas 1,6 gr/cm³ – 3,39 gr/cm³.

3. Pengujian Air Resapan Kerikil (ASTM C 127 – 88)

Langkah kerja pada pengujian air resapan kerikil dapat dilihat pada Bab 3, sedangkan dokumentasi pada pengujian air resapan kerikil dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil pengujian air resapan kerikil dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Air Resapan Kerikil

Percobaan Nomor	1	2
Berat Kerikil SSD	3000 gram	3000 gram
Berat Kerikil (w)	2920 gram	2900 gram
Kadar air resapan = $(3000 - w)/w \times 100\%$	2,7 %	3,3 %

Berdasarkan Tabel 4.9 menunjukkan hasil pada kadar air resapan rata – rata = 3 %. Hasil yang didapatkan pada pengujian tersebut telah memenuhi persyaratan ASTM C 127 – 88 pada batas maksimal 4%.

4. Pengujian Kebersihan Kerikil Terhadap Lumpur (Pencucian) ASTM C 117 – 95

Pada Pengujian kebersihan kerikil terhadap lumpur dengan metode pencucian menggunakan pedoman dari ASTM C 117 – 95 dan langkah kerja untuk pengujian kerikil terhadap lumpur (pencucian) bisa dilihat pada bab sebelumnya dan dokumentasi pengujiannya diperlihatkan pada Lampiran 1. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil yang diperlihatkan pada Tabel 4.10.



Tabel 4.10 Hasil Uji Kadar Lumpur Kerikil

Nomor Percobaan	1	2
Berat kering sebelum dicuci (w_1)	1000 gram	1000 gram
Berat kering sesudah dicuci (w_2)	992 gram	996 gram
Kadar lumpur = $(w_1 - w_2) / w_1 \times 100\%$	0,8 %	0,4 %

Berdasarkan Tabel 4.11 diperlihatkan bahwa uji kadar lumpur kerikil dilakukan dua kali percobaan dan hasil perhitungan diperoleh nilai kadar lumpur kerikil yang dihasilkan adalah $(0,8 + 0,4) \% / 2 = 0,6 \%$. Hasil pengujian telah memenuhi persyaratan yang ditentukan yaitu batas maksimum yang diijinkan adalah 5 %. Pada penelitian ini kerikil yang digunakan untuk pembuatan benda uji, dicuci terlebih dahulu agar tetap memasuki persyaratan uji dan tidak mempengaruhi proses pengujian.

5. Pengujian Kadar Keausan Pada Kerikil

Prosedur kerja untuk pengujian kadar keausan kerikil dapat dilihat pada Bab 3 dan dokumentasi pengujian diperlihatkan pada Lampiran 1. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil yang diperlihatkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Uji Kadar Keausan Kerikil

PERCOBAAN	1
Berat Awal Kerikil (w_1)	3000 gram
Berat Akhir Kerikil (w_2)	2180 gram
Berat Kerikil yang hancur (w_3)	820 gram
Kadar Uji Keausan $(w_3/w_1) \times 100\%$	27,3 %

Menurut Tabel 4.11 didapatkan kadar keausan kerikil adalah 27,3 %. Hasil pengujian tersebut telah memenuhi persyaratan yang ditentukan yaitu syarat batas maksimum 50%.

6. Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar / Kerikil

Prosedur kerja untuk pengujian analisis saringan agregat kasar dapat dilihat pada Bab 3 dan dokumentasi pengujian diperlihatkan pada Lampiran 1. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil diperlihatkan pada Tabel 4.12.



Tabel 4.12 Hasil Analisis Saringan

Ukuran Saringan (mm)		Berat Tertahan (gram)	Persentase Agregat Tertahan (%)	Tertahan Kumulatif (%)	Lolos Kumulatif (%)	Gradasi	
						Min (%)	Maks (%)
25	1	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
19	3/4	331,0	66,2	66,2	89,90	90,00	100,00
12,5	1/2	138,0	27,60	93,80	68,80	60,00	100,00
9,5	3/8	31,0	6,20	100,00	49,66	30,00	90,00
4,75	4	0,00	0,00	100,00	43,66	15,00	59,00
Modulus Halus Butir		4,60 %					

Modulus halus agregat kasar yang digunakan adalah sebagai berikut:

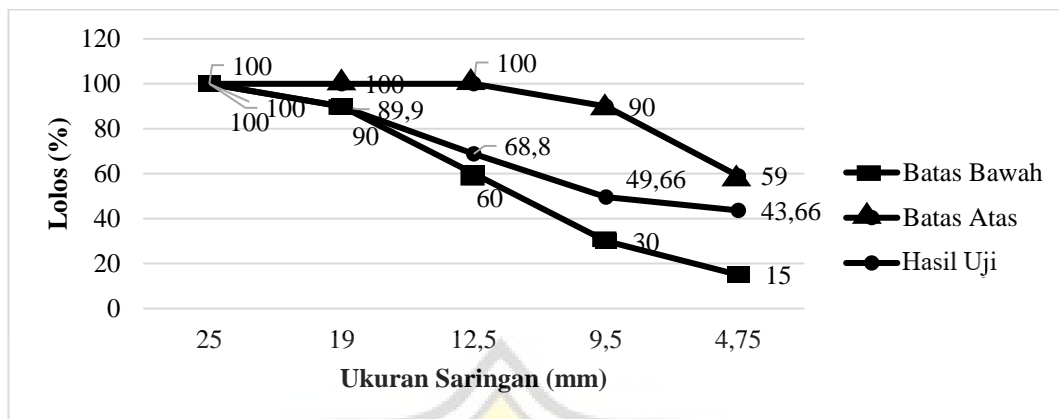
$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{\text{Jumlah \% Tertahan Kumulatif}}{100} \dots\dots\dots(4.1)$$

(Sumber: SNI 2834 - 2000)

$$= \frac{460}{100}$$

$$= 4,60 \%$$

Berdasarkan hasil pengujian modulus halus butir agregat kasar yang digunakan untuk campuran beton memiliki nilai modulus halus sebanyak 4,60 %. Pada Gambar 4.2 menunjukkan pengujian analisis saringan agregat kasar menunjukkan bahwa kerikil yang telah melewati uji ini dapat digunakan untuk campuran adukan beton karena persen lolos masih berada di antara batas atas dan bawah gradasi. Modulus kehalusan butir digunakan untuk menentukan pembagian butir atau gradasi agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan analisis saringan. Tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar. Distribusi yang diperoleh atau hasil dari uji analisis saringan kerikil diperlihatkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Agregat Kasar

4.4. Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji pada penelitian dilakukan di Laboratorium Konstruksi Unika Soegijapranata. Benda uji yang dibuat dibagi menjadi 2 variabel pengujian yaitu untuk uji kuat tekan dan benda uji absorpsi. Proses pembuatan benda uji pada penelitian ini dilakukan dengan cara pengecoran manual. Prosedur kerja pada pembuatan benda uji dapat dilihat pada Bab 3 dan dokumentasi pekerjaan dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.5. Pengujian *slump test* Beton

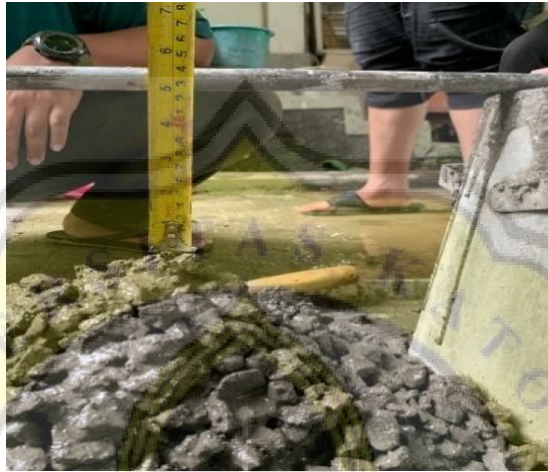
Uji *slump test* pada penelitian ini mengacu pada SNI-03-1972-1990 yang bertujuan untuk mendapatkan angka *slump* beton. Pada pengujian *Slump* beton normal didapatkan angka 10 cm. Pengujian *slump test* beton normal dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Uji *Slump* Beton Normal



Pada pengujian *slump* beton geopolimer 8,5 mol karakteristik campuran beton geopolimer lebih cair karena kandungan alkali aktivator yang jumlahnya sedikit. Pada pengujian *slump* beton geopolimer 8,5 mol didapatkan angka 13 cm. Pengujian *slump test* beton geopolimer 8,5 mol dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil Uji *Slump* Beton Geopolimer 8,5 Mol

Pada pengujian *slump* beton geopolimer 10,5 mol karakteristik campuran beton geopolimer lebih kental karena kandungan alkali aktivator yang jumlahnya lebih banyak dari kandungan 8,5 mol. Pada pengujian *Slump* beton geopolimer 10,5 mol didapatkan angka 12 cm. Pengujian *slump test* beton geopolimer 10,5 mol dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil Uji *Slump* Beton Geopolimer 10,5 Mol



Pada pengujian *slump* beton geopolimer 12,5 mol karakteristik campuran beton geopolimer lebih kental karena kandungan alkali aktivator yang jumlahnya lebih banyak dari kandungan 10,5 mol. Pada pengujian *Slump* beton geopolimer 12,5 mol didapatkan angka 10 cm. Pengujian *slump test* beton geopolimer 12,5 mol dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil Uji *Slump* Beton Geopolimer 12,5 Mol

Berdasarkan Gambar 4.3 – 4.6. Untuk hasil pengujian *slump test* beton adalah:

1. Nilai *slump* Normal = 10 cm
2. Nilai *slump* (8,5 mol) = 13 cm
3. Nilai *slump* (10,5 mol) = 12 cm
4. Nilai *slump* (12,5 mol) = 10 cm

4.6. Perendaman benda uji beton

Setelah dilakukan pembuatan benda uji beton, tahap selanjutnya adalah melakukan perawatan beton. Pelaksanaan perawatan beton dilakukan di Laboratorium Konstruksi Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata. Metode perawatan beton yang digunakan yaitu dengan merendam beton kedalam bak air selama 6×24 jam yang memiliki tujuan untuk mempertahankan suhu ideal beton pada saat proses hidrasi pada beton sedang berlangsung. Setelah dilakukan perawatan beton selama 6×24 jam, benda uji dikeringkan dengan suhu ruang untuk selanjutnya dilanjutkan pengujian kuat tekan dan absorpsi. Dokumentasi pelaksanaan



perawatan benda uji dapat dilihat pada Lampiran dan waktu perawatan benda uji diperlihatkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Jumlah Hari Perawatan Benda Uji

Kode Beton	Jumlah Hari Perendaman		
	Silinder Ukuran Ø15 cm dan Tinggi 30 cm		
N1	6 Hari	13 Hari	27 Hari
N2			
N3			
Silinder Ukuran Ø15 cm dan Tinggi 30 cm			
GPL 8,5	6 Hari	13 Hari	27 Hari
GPL 8,5			
GPL 8,5			
GPL 10,5	6 Hari	13 Hari	27 Hari
GPL 10,5			
GPL 10,5			
GPL 12,5	6 Hari	13 Hari	27 Hari
GPL 12,5			
GPL 12,5			

Keterangan:

N : Normal

GPL : Geopolimer

4.7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dan *Absorption*

Pengujian benda uji untuk kuat tekan dan *absorption* dilakukan di Laboratorium Konstruksi Teknik Sipil Unika Soegijapranata. Pengujian kuat tekan ini dilakukan pada umur beton 6, 13, dan 27 hari dengan menggunakan alat tes beton yaitu *compression test machine*. Langkah pengujian untuk kuat tekan dan *water absorption* beton bisa dilihat pada Bab 3 dan dokumentasi pengujiannya dilihat pada Lampiran 3. Berikut penjelasan hasil uji kuat tekan dan *absorption* beton:

4.7.1. Kuat tekan beton

Pada pengujian kuat tekan beton diperoleh beban maksimum yaitu saat benda uji mengalami keruntuhan akibat penerimaan beban. Untuk rumus perhitungan kuat tekan beton dapat dilihat pada persamaan 3.1 dan berikut tahapan serta contoh dalam perhitungan nilai kuat tekan beton silinder:

1. Umur beton 7 hari

$$\begin{aligned}
 \text{a. Luas penampang silinder (A)} &= \frac{1}{4} \times \mu \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (150^2) \\
 &= 17.662,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



b. Perhitungan kuat tekan benda uji silinder

$$\begin{aligned} 1. \text{ Normal 1} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{180 \times 1000}{17.662,5} \\ &= 10,1 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Geopolimer 8,5} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{220 \times 1000}{17.662,5} \\ &= 12,45 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Geopolimer 10,5} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{400 \times 1000}{17.662,5} \\ &= 22,64 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{ Geopolimer 12,5} &= \frac{\text{Gaya Tekan Maksimum} \times 1000}{A} \\ &= \frac{365 \times 1000}{17.662,5} \\ &= 20,66 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

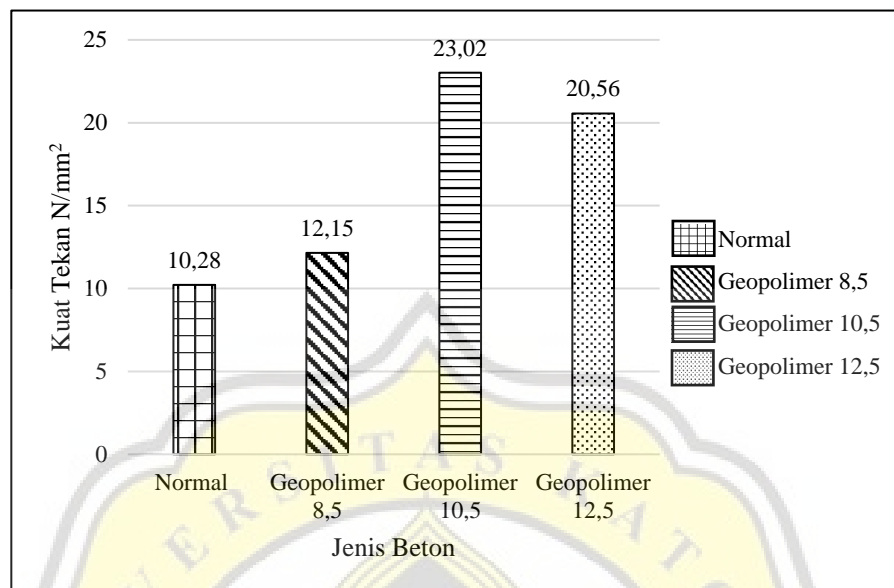
Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil uji kuat tekan beton pada umur 7 hari yang bisa diperlihatkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Perlakuan Campuran Air	Mol	Kode Benda Uji	Berat (kg)	Luas (mm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata - rata (N/mm ²)
Normal	normal	N1	12,17	17.662,5	180	10,19	10,28
		N2	12,55	17.662,5	175	9,90	
		N3	12,14	17.662,5	190	10,75	
Geopolimer	8,5	GPL1	12,77	17.662,5	220	12,45	12,15
		GPL2	12,81	17.662,5	225	12,74	
		GPL3	12,90	17.662,5	200	11,32	
Geopolimer	10,5	GPL1	12,92	17.662,5	400	22,64	23,02
		GPL2	12,76	17.662,5	410	23,21	
		GPL 3	12,77	17.662,5	410	23,21	
Geopolimer	12,5	GPL1	12,77	17.662,5	365	20,66	20,56
		GPL2	12,76	17.662,5	360	20,38	
		GPL3	12,81	17.662,5	365	20,66	



Tugas Akhir
Kajian Kuat Tekan dan *Water Absorption* Beton Geopolimer
Dibandingkan dengan Beton Konvensional



Gambar 4.7 Kuat Tekan Rata – Rata Benda Uji 7 Hari

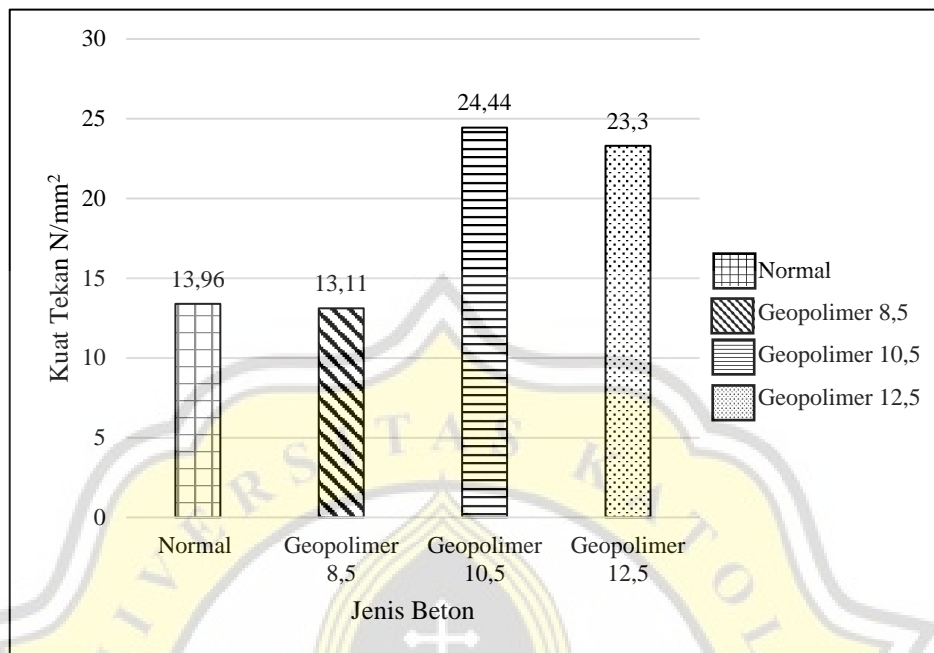
Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil uji kuat tekan beton pada umur 14 hari yang bisa diperlihatkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Perlakuan Campuran Air	Mol	Kode Benda Uji	Berat (kg)	Luas (mm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (N/mm ²)
Normal	normal	N1	12,60	17.662,5	250	14,15	13,96
		N2	12,50	17.662,5	245	13,87	
		N3	12,59	17.662,5	245	13,87	
Geopolimer	8,5	GPL1	12,38	17.662,5	230	13,02	13,11
		GPL2	12,48	17.662,5	235	13,30	
		GPL3	12,70	17.662,5	230	13,02	
Geopolimer	10,5	GPL1	12,48	17.662,5	435	24,62	24,44
		GPL2	12,50	17.662,5	430	24,36	
		GPL3	12,52	17.662,5	430	24,36	
Geopolimer	12,5	GPL1	12,38	17.662,5	415	23,49	23,30
		GPL2	12,48	17.662,5	410	23,21	
		GPL3	12,70	17.662,5	410	23,21	



Tugas Akhir
Kajian Kuat Tekan dan *Water Absorption* Beton Geopolimer
Dibandingkan dengan Beton Konvensional

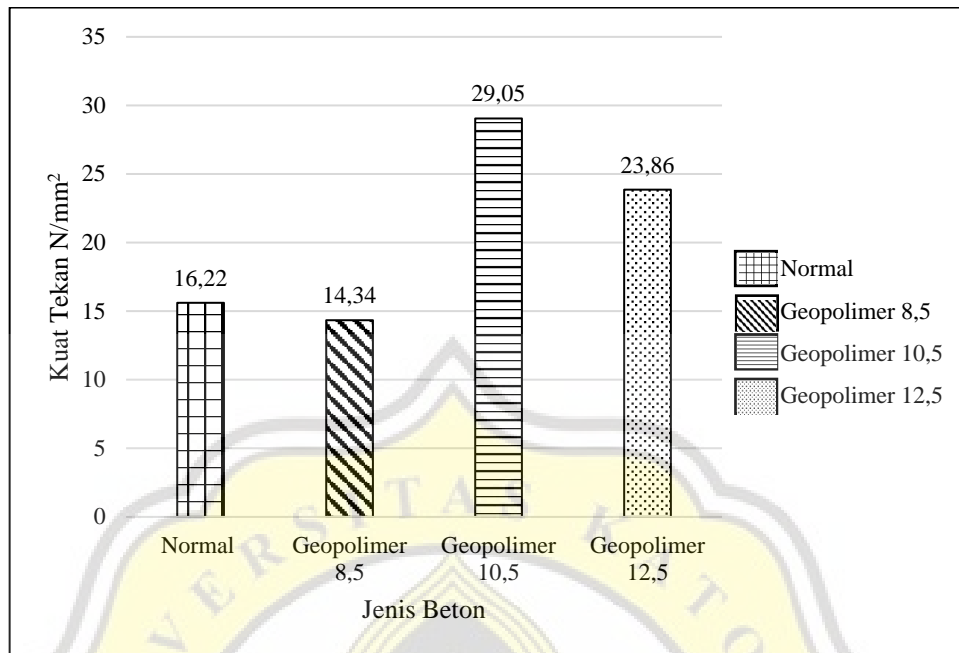


Gambar 4.8 Kuat Tekan Rata – Rata Benda Uji 14 Hari

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil uji kuat tekan beton pada umur 28 hari yang bisa diperlihatkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Perlakuan Campuran Air	Mol	Kode Benda Uji	Berat (kg)	Luas (mm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata-Rata (N/mm ²)
Normal	normal	N1	12,82	17.662,5	285	16,13	16,22
		N2	12,69	17.662,5	290	16,41	
		N3	12,72	17.662,5	285	16,13	
Geopolimer	8,5	GPL1	12,84	17.662,5	240	13,58	14,34
		GPL2	12,74	17.662,5	260	14,72	
		GPL3	12,69	17.662,5	260	14,72	
Geopolimer	10,5	GPL1	12,92	17.662,5	520	29,44	29,05
		GPL2	12,76	17.662,5	510	28,87	
		GPL3	12,81	17.662,5	510	28,87	
Geopolimer	12,5	GPL1	12,81	17.662,5	420	23,77	23,86
		GPL2	12,77	17.662,5	425	24,06	
		GPL3	12,90	17.662,5	420	23,76	



Gambar 4.9 Kuat Tekan Rata – Rata Benda Uji 28 Hari

4.7.2. Absorption

Proses pengujian *water absorption* ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi Teknik Sipil Unika Soegijapranata. Pengujian *water absorption* menggunakan acuan ASTM C 642 – 06 dengan benda uji silinder 10 x 30 cm. pengujian ini dilakukan pada saat benda uji mencapai umur 6, 13, dan 27 hari. Pengujian *water absorption* dilakukan dengan cara membandingkan berat massa benda uji pada saat kering dan setelah perendaman. Rumus perhitungan *water absorption* dapat dilihat pada persamaan berikut dan tahapan serta contoh perhitungan nilai *absorption*.

1. Nilai *Absorption* Beton Umur 7 Hari

a. Normal 1 =

$$\frac{(\text{Berat kering SSD} - \text{Berat kering setelah di oven})}{(\text{Berat kering setelah di oven})} \times 100\%$$

$$= \frac{12,35 - 11,85}{11,85} \times 100\%$$

$$= 4,21 \%$$

b. Geopolimer 8,5 mol =

$$\frac{(\text{Berat kering SSD} - \text{Berat kering setelah di oven})}{(\text{Berat kering setelah di oven})} \times 100\%$$



Tugas Akhir
Kajian Kuat Tekan dan *Water Absorption* Beton Geopolimer
Dibandingkan dengan Beton Konvensional

$$= \frac{12,52 - 11,97}{11,97} \times 100\%$$

$$= 4,59 \%$$

c. Geopolimer 10,5 mol =

$$\frac{(\text{Berat kering SSD} - \text{Berat kering setelah di oven})}{(\text{Berat kering setelah di oven})} \times 100\%$$

$$= \frac{12,53 - 12,10}{12,10} \times 100\%$$

$$= 3,55 \%$$

d. Geopolimer 12,5 mol =

$$\frac{(\text{Berat kering SSD} - \text{Berat kering setelah di oven})}{(\text{Berat kering setelah di oven})} \times 100\%$$

$$= \frac{12,35 - 11,98}{11,98} \times 100\%$$

$$= 3,08 \%$$

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh nilai *absorption* beton pada umur 7 hari yang dapat diperlihatkan pada Tabel 4.17.

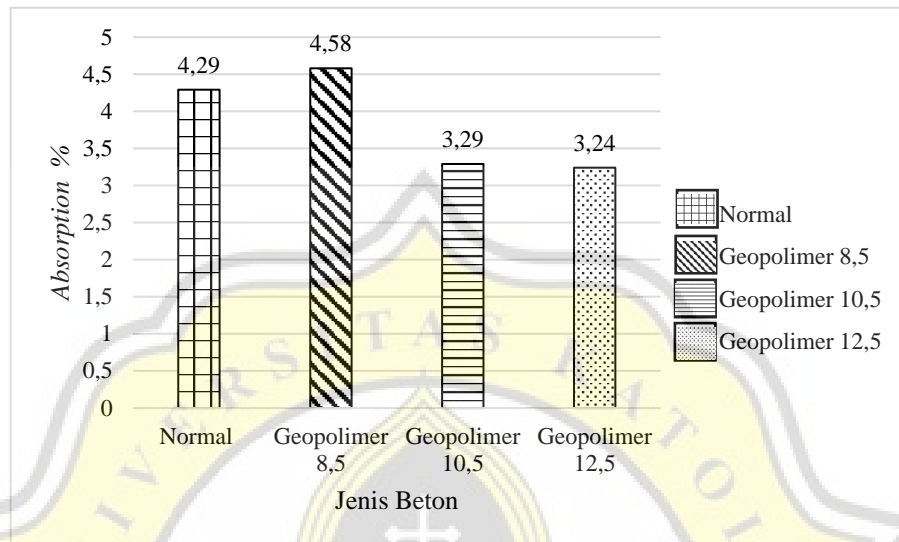
Tabel 4.17 Hasil Pengujian *Absorption*

Kode Benda Uji	Berat Kondisi SSD (gram)	Berat Kering Oven (gram)	Besar Nilai Absorpsi (%)	Rata – Rata (%)
N1	12.350	11.850	4,21	4,29
N2	12.380	11.860	4,38	
GPL 8,5	12.530	11.970	4,59	4,58
	12.550	12.000	4,58	
GPL 10,5	12.530	12.100	3,55	3,29
	12.570	12.200	3,03	
GPL 12,5	12.350	11.980	3,08	3,24
	12.400	11.990	3,41	

Menurut Tabel 4.18 diperlihatkan bahwa perlakuan jumlah molaritas dari alkali aktivator berupa NaOH dan Na₂SiO₃ yang dicampurkan dengan *fly ash* tipe C pada jumlah molaritas 8,5 mol, 10,5 dan 12, 5 mol menghasilkan nilai absorpsi terbaik



adalah pada kandungan 12,5 mol dengan rata – rata 3,24 %. Hasil pengujian *absorption* ini diperoleh nilai rata – rata yang dapat diperlihatkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.10 Nilai Rata – Rata Absorpsi Benda Uji 7 Hari

4.8. Perbandingan Biaya

Perbandingan harga diperlukan untuk mengetahui pada penelitian ini biaya untuk membuat beton geopolimer dan beton konvensional. Pada beton konvensional memiliki biaya untuk pembelian semen, pada beton geopolimer tidak semen sehingga tidak ada biaya untuk pembelian semen, namun ada tambahan pada biaya tambahan pada alkali aktivator berupa NaOH dan Na₂SiO₃. Hasil perbandingan biaya per silinder dapat diperlihatkan pada Gambar 4.18 dan Gambar 4.19.

Tabel 4.18 Kebutuhan Biaya Beton Konvensional Per Silinder

No	Uraian	Kebutuhan	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Pasir	4,1 kg	0,0041	m ³	230.000 /m ³	943,-
2	Semen	2,27 kg	40	kg	60.000/zak	3.405,-
3	Kerikil	6 kg	0,006	m ³	250.000 /m ³	1.500,-
Jumlah Total						5.848,-

Tabel 4.19 Kebutuhan Biaya Beton Geopolimer 8,5 mol Per Silinder

No	Uraian	Kebutuhan	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Pasir	4,1 kg	0,0041	m ³	230.000 /m ³	943,-
2	Kerikil	6 kg	0,006	m ³	250.000 /m ³	1.500,-
3	NaOH	0,34 kg	0,34	kg	24.000 /kg	8.160,-
4	Na ₂ SiO ₃	0,68 kg	0,68	kg	10.000 /kg	6.800,-
5	<i>Fly Ash</i>	2,27 kg	2,27	kg	400 /kg	908,-
Jumlah Total						18.311,-



Tabel 4.20 Kebutuhan Biaya Beton Geopolimer 10,5 mol Per Silinder

No	Uraian	Kebutuhan	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Pasir	4,1 kg	0,0041	m ³	230.000 /m ³	943,-
2	Kerikil	6 kg	0,006	m ³	250.000 /m ³	1.500,-
3	NaOH	0,42 kg	0,42	kg	24.000 /kg	10.080,-
4	Na ₂ SiO ₃	0,84 kg	0,84	kg	10.000 /kg	8.400,-
5	<i>Fly Ash</i>	2,27 kg	2,27	kg	400 /kg	908,-
Jumlah Total						21.831,-

Tabel 4.21 Kebutuhan Biaya Beton Geopolimer 12,5 mol Per Silinder

No	Uraian	Kebutuhan	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Pasir	4,1 kg	0,0041	m ³	230.000 /m ³	943,-
2	Kerikil	6 kg	0,006	m ³	250.000 /m ³	1.500,-
3	NaOH	0,5 kg	0,5	kg	24.000 /kg	12.000,-
4	Na ₂ SiO ₃	1 kg	1	kg	10.000 /kg	10.000,-
5	<i>Fly Ash</i>	2,27 kg	2,27	kg	400 /kg	908,-
Jumlah Total						25.351,-

4.9. Pembahasan

Pada pembahasan ini menunjukkan hasil kuat tekan dan *absorption* pada beton geopolimer. Hasil kuat tekan dan absorpsi pada benda uji yang telah dibuat dari variabel yang berbeda dari kandungan molaritasnya yaitu pada benda uji normal, benda uji beton geopolimer dengan kandungan 8,5 mol, 10,5 mol, dan 12,5 mol.

4.9.1. Hasil uji rata – rata kuat tekan dan absorpsi

Pada hasil uji rata – rata pada pengujian kuat tekan dan absorpsi memperoleh beberapa perbedaan karakteristik pada beton geopolimer dan beton konvensional. Hasil pengujian rata – rata kuat tekan dan absorpsi diperlihatkan pada Tabel 4.22.

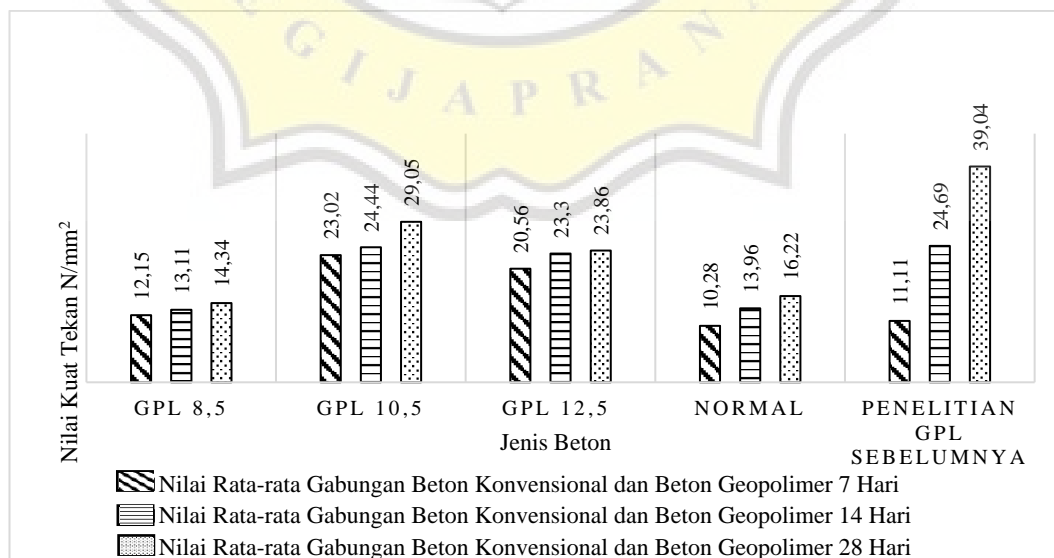
Tabel 4.22 Hasil Uji Rata – rata Kuat Tekan dan *Absorption*

Kode BendaUji	Jenis Uji			
	Kuat Tekan MPa			<i>Absorption</i> (%)
	7 Hari	14 Hari	28 Hari	7 Hari
Normal	10,28	13,96	16,22	4,21
Geopolimer 8,5 mol	12,15	13,11	14,34	4,59
Geopolimer 10,5 mol	23,02	24,44	29,05	3,55
Gopolimer 12,5 mol	20,56	23,30	23,86	3,08



Hubungan antara kuat tekan dan *absorption* diperlihatkan dari hasil pengujian pada benda uji dengan kandungan molaritas NaOH dan Na₂SiO₃ yang berbeda yaitu 8,5 mol, 10,5 mol dan 12,5 mol dengan bahan tambahan *fly ash* sebagai bahan *pozzolan* atau pengganti semen. Pada umur 7 hari mendapatkan kuat tekan rata - rata sebesar 23,02 MPa, pada umur 14 hari mendapatkan kuat tekan rata - rata sebesar 24,44 MPa, dan pada umur 28 hari mendapatkan kuat tekan rata - rata sebesar 29,05 MPa. Hasil yang telah diperoleh menunjukkan komposisi terbaik yang menghasilkan kuat tekan tertinggi yaitu pada kandungan molaritas 10,5 mol. Hal ini disebabkan karena *fly ash* memiliki berbagai macam kualitas dalam 1 tipe, selain itu kualitas dari alkali aktifator berupa NaOH dan Na₂SiO₃ dari toko bahan kimia umum yang menyebabkan saat dilakukan pengujian kuat tekan pada kandungan molaritas alkali aktifator sejumlah 8,5 mol, 10,5 mol, dan 12,5 mol kuat tekan tertinggi yang dihasilkan pada jumlah molaritas 10,5 mol.

Pada uji absorpsi beton normal mendapatkan nilai 4,21 %, beton geopolimer 8,5 mol mendapat nilai 4,59 %, beton geopolimer 10,5 mol mendapat nilai 3,55%, beton geopolimer 12,5 mol mendapat nilai 3,08 %. Nilai absorpsi yang diperoleh yang memiliki hasil paling rendah yaitu 3,08 % dengan kandungan molaritas 12,5 mol. Nilai absorpsi yang rendah akan berpengaruh pada hasil kuat tekan yang tinggi karena antar agregat merekat dengan baik sehingga menghasilkan pori – pori yang ada pada beton menjadi lebih kecil.



Gambar 4.11 Nilai Kuat Tekan Rata – rata Gabungan



Hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan acuan penelitian sebelumnya yang mendapatkan peningkatan kuat tekan beton pada umur 6, 13, dan 27 hari. Sehingga penelitian yang dilakukan sejalan dengan acuan penelitian Ridwan, (2018). Pada penelitian sebelumnya pada umur 7 hari mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 11,11 MPa, pada umur 14 hari mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 24,69 MPa, dan pada umur 28 hari mendapatkan kuat tekan rerata sebesar 39,04 MPa. Beberapa faktor yang membuat hasil kuat tekan yang berbeda dari penelitian sebelumnya yaitu komposisi kandungan molaritas alkali aktivator pada beton geopolimer yang berbeda, asal *fly ash* yang berbeda, kualitas dari NaOH dan Na₂SiO₃ yang berbeda.

4.9.2. Total biaya pembuatan beton per silinder

Pada pembahasan total biaya beton persilinder memiliki harga yang berbeda karena komposisi bahan yang ada pada beton geopolimer dan beton konvensional. Selisih harga beton konvensional dengan beton geopolimer diperlihatkan pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Selisih Harga Beton Konvensional dengan Beton Geopolimer

No	Jenis	Harga per silinder (Rp)	Selisih Harga (Rp)
1	Geopolimer 8,5	18.311	12.463
2	Geopolimer 10,5	21.831	15.983
3	Geopolimer 12,5	25.351	19.503
4	Normal	5.848	0

Pada pembahasan perbandingan harga pada beton geopolimer dengan kandungan 8,5 mol, 10,5 mol, dan 12,5 mol membutuhkan biaya yang lebih mahal dibandingkan dengan beton konvensional. Pada beton konvensional membutuhkan biaya Rp 5.848, sedangkan pada beton geopolimer 8,5 mol membutuhkan biaya Rp 18.311, pada beton geopolimer 10,5 mol membutuhkan biaya Rp 21.831, dan pada beton geopolimer 12,5 mol membutuhkan biaya Rp 25.351. Harga yang paling mendekati harga beton konvensional yaitu antara beton konvensional dan beton geopolimer dengan kandungan molaritas 8,5 yang terpaut harga Rp 12.463.



Tugas Akhir
Kajian Kuat Tekan dan *Water Absorption* Beton Geopolimer
Dibandingkan dengan Beton Konvensional

Beton geopolimer memiliki harga yang lebih mahal jika dibandingkan dengan beton konvensional, hal ini disebabkan karena pada beton geopolimer membutuhkan alkali aktivator berupa NaOH dan Na_2SiO_3 dari kedua bahan tersebut memiliki harga yang cukup mahal sehingga membuat beton geopolimer lebih mahal jika dibandingkan beton konvensional. Penyebab dari mahalnya NaOH dan Na_2SiO_3 karena bahan tersebut sebagian besar masih *import* dari negara lain, selain itu terlalu panjangnya rantai dagang antara distributor menuju ke konsumen juga memiliki andil dari mahalnya kedua bahan tersebut.

