BAB V

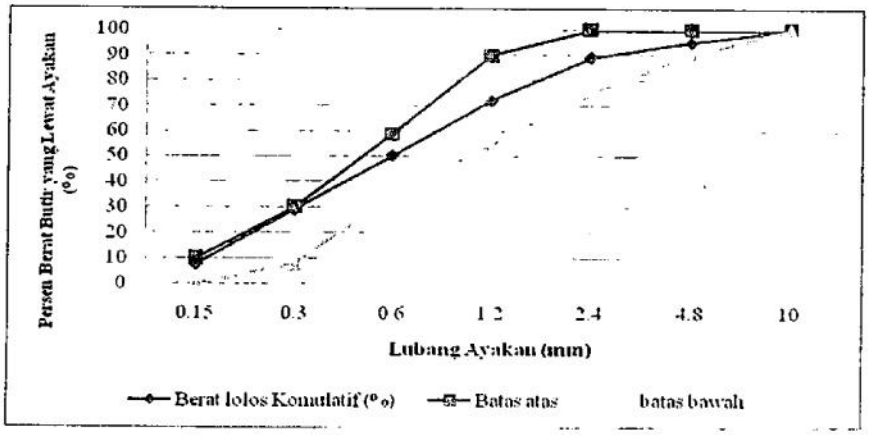
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Bahan Susun

1. Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Agregat Halus (Pasir Sungai Krasak)

a. Gradasi Agregat Halus (Pasir Sungai Krasak).

Dari hasil pemeriksaan gradasi yang dilakukan, agregat halus (pasir dari Sungai Krasak) termasuk dalam daerah gradasi no. 2, yaitu pasir agak kasar dengan modulus halus butir (MHB) sebesar 2,57 % seperti yang terlihat pada Gambar 5.1. Kelas gradasi ditentukan berdasakan SNI : 03-1968-1990. Hasil dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 5.1 Hasil pemeriksaan gradasi pasir Sungai Krasak.

b. Kadar Air Agregat Halus

Agregat halus yang akan digunakan sebaiknya memiliki kadar air yang kecil. Karena jika agregat halus memiliki kadar air yang tinggi akan menyebabkan kandungan air didalam beton cukup banyak. Sedangkan kadar air agregat halus yang diperoleh memiliki rata-rata sebesar 6,49 %. Hasil pemeriksaan dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 3.

c. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Hasil pemeriksaan berat jenis pasir jenuh kering muka diperoleh sebesar 2,41. Penyerapan air dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering muka adalah 4,60%. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4.

d. Kadar Lumpur Agregat Halus

Agregat yang digunakan sebaiknya memiliki kadar lumpur sekecil mungkin. Karena hal tersebut akan mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan. Kadar lumpur agregat halus diperoleh sebesar 11,1%. Lebih besar dari batas yang ditetapkan (5%) untuk beton normal (dalam tinjauan pustaka). Sehingga pasir perlu di cuci terlebih dahulu sebelum digunakan. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

e. Berat Satuan Agregat Halus

Berat satuan pasir *SSD* yaitu 1,72 gr/cm^3. Berat satuan ini berfungsi untuk mengidentifikasi apakah agregat ini porous atau mampat. Semakin besar berat satuan maka semakin mampat agregat tersebut. Hal ini akan berpengaruh juga nantinya pada proses pengerjaan beton dalam jumlah besar dan juga berpengaruh pada kuat tekan beton, dimana apabila agregatnya *porous* maka bisa terjadi penurunan kuat tekan pada beton. Hasil pemeriksaan dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 6.

2. Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Agregat Kasar (Kerikil).

a. Kadar Air Agregat Kasar (Kerikil)

Kadar air rata-rata yang terdapat dalam batu pecah yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah 3,36%, sehingga agregat ini mengandung banyak kadar air dari standar agregat normal dan perlu dilakukan penjemuran terlebih dahulu sebelum melakukan pencampuran. Hasil pemeriksaan dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 7.

b. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Berat jenis batu pecah jenuh kering muka adalah 2,44 sehingga batu ini tergolong agregat normal yaitu antara 2,5 sampai 2,7 (dalam tinjauan pustaka). Penyerapan air dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering muka adalah 0,86%. Penyerapan air untuk agregat normal maksimum adalah 2%. Hasil pemeriksaan dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 8.

c. Kadar lumpur agregat kasar

Batu pecah pada pengujian ini langsung dari lapangan, tanpa proses pencucian terlebih dahulu. Hasil pengujian didapat kadar lumpur pada batu pecah sebesar 8,25%, hasil pengujian kadar lumpur ini lebih besar dari batas yang ditentukan yaitu 1% (dalam tinjauan pustaka). Sehingga sebelum dijadikan campuran untuk beton, agregat ini perlu di cuci terlebih dahulu. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

d. Keausan agregat kasar

Keausan batu pecah sebesar 45,28% lebih besar dari batas maksimum yang ditetapkan 40% (dalam tinjauan pustaka). Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 10.

e. Berat satuan agregat kasar

Berat satuan agregat kasar yang diperoleh dari hasil pemeriksaan adalah sebesar 1,55 gr/cm^3. Berat satuan ini berfungsi untuk mengidentifikasi apakah agregat tersebut porous atau mampat. Semakin besar berat satuan maka semakin mampat agregat tersebut. Untuk berat satuan diatas 1,2 gram/cm^3 agregat dikatakan masuk dalam jenis agregat normal dan untuk berat diatas 2,8 gram/cm^3 termasuk agregat untuk beton mutu tinggi (Tjokrodimuljo, 2007). Hasil pemeriksaan dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 14.

B. Hasil Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Rencana kebutuhan bahan untuk tiap adukan beton dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan 5.3. Perhitungan perencanaan campuran beton dengan metode SK SNI 03-2847-2002 (Tjokrodimuljo, 2007) selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 11.

Tabel 5.1 Kebutuhan bahan susun untuk tiap 1 m^3 adukan beton

Air (liter)	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
204,9	435,97	603,87	985,26

Sumber : Hasil Penelitian, 2014

Pada penelitian ini membuat 20 benda uji, untuk masing-masing variasi umur digunakan 4 benda uji. Hasil dari perhitungan campuran beton geopolimer

dapat dilihat pada Tabel 5.2. Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 12.

Perbandingan (air + fly ash) : alkali aktivator = 70% : 30%				Agregat Halus	Agregat Kasar
Perbandingan air + fly ash 1 : 5,5		Perbandingan Alkaki aktivator 1 : 1,48			
Air (Liter)	Fly Ash (Kg)	Natrium Hidroksida (Kg)	Sodium Silikat (Kg)	(Kg)	(Kg)
0,228	1,252	0,256	0,379	1,993	3,521

Tabel 5.2 Kebutuhan bahan susun beton untuk tiap 4 benda uji berbagai umur
Sumber : Hasil penelitian, 2014

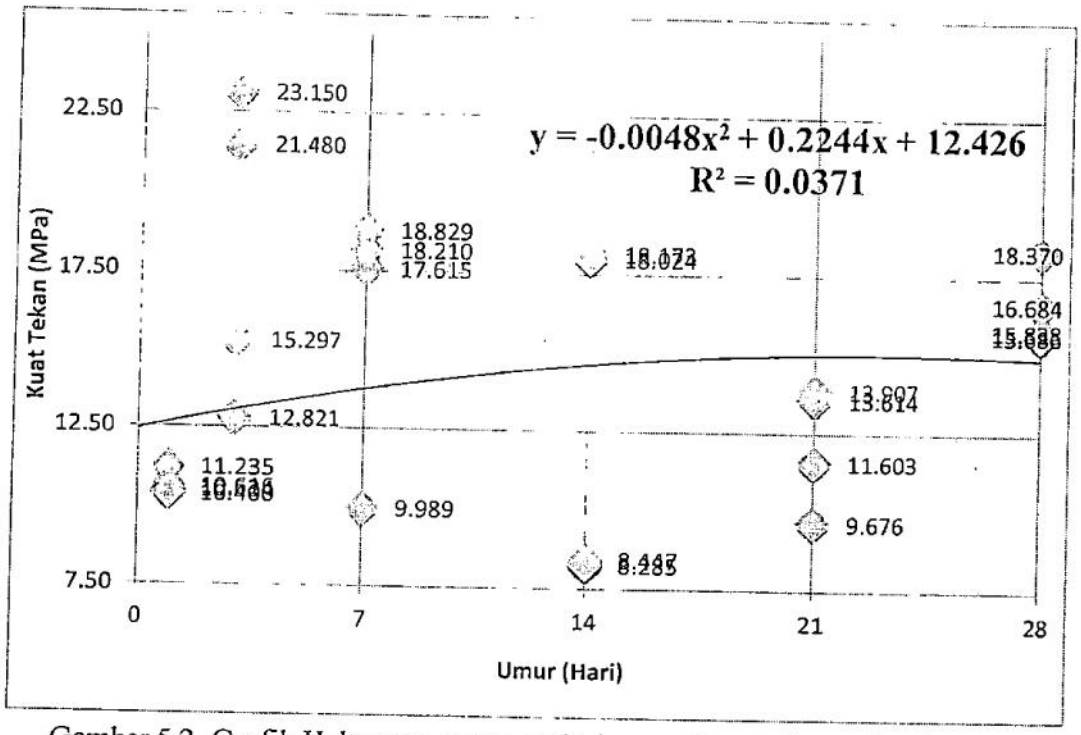
C. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari, pengujian dilakukan pada 4 buah benda uji silinder beton untuk setiap variasinya dengan ukuran diameter ± 7,5 cm dan tinggi ± 15 cm. Kekuatan hasil uji tekan beton berdasarkan rata rata. Hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel 5.3 dan gambar 5.2.

Tabel 5.3 Hasil uji kuat tekan beton

variasiUmur	Kuat tekan beton pada umur 28 hari (MPa)				
	Sampel I	Sampel II	Sampel III	Sampl IV	Rata-rata
1	10,616	10,534	11,235	10,400	10,696
3	12,821	23,150	15,297	21,480	18,187
7	18,210	17,615	18,829	9,989	16,161
14	18,024	18,173	8,285	8,447	13,232
21	11,603	13,614	9,676	13,907	12,200
28	16,684	18,370	15,686	15,838	16,644

Sumber : Hasil penelitian, 2014



Gambar 5.2. Grafik Hubungan antara variasi umur dengan kuat tekan beton

Dari Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa pada umur 1 hari – 28 hari nilai kuat tekan beton geopolimer mengalami kenaikan dan penurunan. Untuk mencari umur optimum dalam proses perawatan beton geopolimer berbahan dasar abu terbang (*fly ash*) menggunakan persamaan $y = -0{,}0048x^2 + 0{,}2244x + 12{,}426$ yang didapat dari grafik pada Gambar 5.2. Dan didapat nilai kuat tekan sebagai berikut :

1. Umur 0 hari $= (-0{,}0048x0^2) + (0{,}2244x0) + 12{,}426$ = 12.426 Mpa
2. Umur 1 hari $= (-0{,}0048x1^2) + (0{,}2244x1) + 12{,}426$ = 12.6456 Mpa
3. Umur 2 hari $= (-0{,}0048x2^2) + (0{,}2244x2) + 12{,}426$ = 12.6456 Mpa
4. Umur 3 hari $= (-0{,}0048x3^2) + (0{,}2244x3) + 12{,}426$ = **13.056 Mpa**
5. Umur 4 hari $= (-0{,}0048x4^2) + (0{,}2244x4) + 12{,}426$ =13.2468 Mpa
6. Umur 5 hari $= (-0{,}0048x5^2) + (0{,}2244x5) + 12{,}426$ =13.428 Mpa
7. Umur 6 hari $= (-0{,}0048x6^2) + (0{,}2244x6) + 12{,}426$ =13.5996 Mpa
8. Umur 7 hari $= (-0{,}0048x7^2) + (0{,}2244x7) + 12{,}426$ **=13.7616 Mpa**
9. Umur 8 hari $= (-0{,}0048x8^2) + (0{,}2244x8) + 12{,}426$ =13.914 Mpa
10. Umur 9 hari $= (-0{,}0048x9^2) + (0{,}2244x9) + 12{,}426$ =14.0568 Mpa
11. Umur 10 hari $= (-0{,}0048x10^2) + (0{,}2244x10) + 12{,}426$ =14.19 Mpa
12. Umur 11 hari $= (-0{,}0048x11^2) + (0{,}2244x11) + 12{,}426$ =14.3136 Mpa
13. Umur 12 hari $= (-0{,}0048x12^2) + (0{,}2244x12) + 12{,}426$ =14.4276 Mpa

14. Umur 13 hari = $(-0{,}0048 \times 13^2) + (0{,}2244 \times 13) + 12{,}426$ =14.532 Mpa
15. Umur 14 hari = $(-0{,}0048 \times 14^2) + (0{,}2244 \times 14) + 12{,}426$ **=14.6268 Mpa**
16. Umur 15 hari = $(-0{,}0048 \times 15^2) + (0{,}2244 \times 15) + 12{,}426$ =14.712 Mpa
17. Umur 16 hari = $(-0{,}0048 \times 16^2) + (0{,}2244 \times 16) + 12{,}426$ =14.7876 Mpa
18. Umur 17 hari = $(-0{,}0048 \times 17^2) + (0{,}2244 \times 17) + 12{,}426$ =14.8536 Mpa
19. Umur 18 hari = $(-0{,}0048 \times 18^2) + (0{,}2244 \times 18) + 12{,}426$ =14.91 Mpa
20. Umur 19 hari = $(-0{,}0048 \times 19^2) + (0{,}2244 \times 19) + 12{,}426$ =14.9568 Mpa
21. Umur 20 hari = $(-0{,}0048 \times 20^2) + (0{,}2244 \times 20) + 12{,}426$ =14.994 Mpa
22. Umur 21 hari = $(-0{,}0048 \times 21^2) + (0{,}2244 \times 21) + 12{,}426$ **=15.0216 Mpa**
23. Umur 22 hari = $(-0{,}0048 \times 22^2) + (0{,}2244 \times 22) + 12{,}426$ =15.0396 Mpa
24. Umur 23 hari = $(-0{,}0048 \times 23^2) + (0{,}2244 \times 23) + 12{,}426$ =15.048 Mpa
25. Umur 24 hari = $(-0{,}0048 \times 24^2) + (0{,}2244 \times 24) + 12{,}426$ =15.0468 Mpa
26. Umur 25 hari = $(-0{,}0048 \times 25^2) + (0{,}2244 \times 25) + 12{,}426$ =15.036 Mpa
27. Umur 26 hari = $(-0{,}0048 \times 26^2) + (0{,}2244 \times 26) + 12{,}426$ =15.0156 Mpa
28. Umur 27 hari = $(-0{,}0048 \times 27^2) + (0{,}2244 \times 27) + 12{,}426$ =14.9856 Mpa
29. Umur 28 hari = $(-0{,}0048 \times 28^2) + (0{,}2244 \times 28) + 12{,}426$ **=14.946 Mpa**

Berdasarkan gambar 5.2 dapat dilihat bahwa kuat tekan beton mengalami peningkatan pada umur 0 sampai 22 hari, dan pada umur 23 sampai 28 hari beton mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena proses perawatan beton dengan pemanasan didalam oven terlalu lama akan mengakibatkan terjadinya keretakan keretakan pada beton geopolimer. Dengan adanya keretakan-keretakan pada beton, maka kekuatan beton mengalami penurunan. Sedangkan penelitian serupa yang di lakukan oleh Weiliang dkk (2012), seiring dengan bertambahnya umur maka kekuatan beton geopolimer semakin meningkat.

Dalam penelitian ini, didapat kuat tekan beton optimum yaitu pada variasi umur beton 21 hari dengan nilai kuat tekan rata rata 15,0216 Mpa, dan nilai kuat tekan beton minimum yaitu pada variasi umur beton 3 hari dengan nilai kuat tekan rata rata 13,056 Mpa.

Beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* mempunyai sifat yang berbeda seperti beton berbahan dasar semen. Salah satu hal yang membedakan yaitu kandungan kapur yang ada didalam *fly ash* lebih sedikit jika dibandingkan dengan semen yang biasa digunakan dalam pembangunan. Hal ini mengakibatkan beton tidak cepat mengeras sehingga mengakibatkan kuat tekan beton kecil.

D. Faktor Pengali Terhadap Umur Beton 28 Hari

Kenaikan kuat tekan beton pada umur 28 hari juga dapat diketahui dengan mengetahui faktor pengalinya. Faktor pengali adalah suatu faktor untuk memprediksi kuat tekan beton pada umur tertentu. Dengan demikian banyaknya pemakaian beton di dalam industri konstruksi, maka semakin banyak pula usaha untuk membuatnya semakin canggih dan semakin ekonomis. Salah satu upaya untuk penghematan dalam pembuatan beton dalam jumlah besar ialah dengan perhitungan faktor pengali. Tujuanya adalah untuk memprediksi kuat tekan beton pada umur tertentu agar tidak terjadi kerugian yang cukup besar, apabila dalam pelaksanaan pembuatan beton itu tidak sesuai dengan kuat tekan rencana yang telah di inginkan atau ditetapkan.

Dari hasil pengujian kuat tekan beton didapatkan persentase kenaikan fc' dan faktor pengali, salah satu contoh perhitungan persentase kenaikan fc' pada umur 3 hari dan 28 hari adalah :

$$= \frac{fc'umur\,28 - fc'umur\,3\,hari}{fc'umur\,3\,hari} x100\%$$

$$= \frac{14{,}946 - 13{,}056}{13{,}056} x100\% = 14{,}47\%$$

Kenaikan fc' pada umur 28 hari juga dapat diketahui dengan mencari faktor pengalinya, salah satu contoh perhitungannya sebagai berikut :

$$= \frac{fc'umur\,28}{fc'umur\,3\,hari}$$

$$= \frac{14{,}946}{13{,}056} = 1{,}14$$

Hasil selengkapnya dari perhitungan di atas dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 perbandingan rasio kuat tekan (fc') beton

No	Terhadap Umur	Persentase fc' (%)	Faktor pengali
1	3 hari	14,47	1,14
2	7 hari	8,60	1,08
3	14 hari	2,18	1,02
4	21 hari	-0,50	0,99
5	28 hari	0	1

(*Sumber: Hasil Perhitungan*)

Dari tabel 5.4 dapat dilihat faktor pengali dari fc' pada umur tertentu, misal telah diketahui kuat tekan beton pada umur 3 hari maka dapat diprediksi kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan cara mengalikan kuat tekan beton pada umur 3 hari dengan faktor pengalinya sebesar 1,14.

Penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi umur pada kuat tekan sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh kartini (2009) tentang pengaruh variasi umur beton terhadap nilai kuat tekan beton dengan menggunakan limbah karbit 5% dan *fly ash* 5% sebagai pengganti sebagian semen. Alamsyah (2010) melakukan penelitian tentang pengaruh *fly ash* terhadap kuat tekan beton. Hendra (2013) pengaruh variasi umur terhadap kuat tekan beton geopolimer dengan bahan tambah bubuk lumpur dan kapur lapindo 10% sebagai bahan pengganti sebagian semen. Dalam penelitian ini dilakukan penelitian serupa, namun penelitian ini dengan menggunakan sodium silikat ($NaSiO_3$), natrium hidroksida (NaOH)), dan *fly ash*. Variasi umur yang ditinjau adalah 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.

Berdasarkan hasil data-data mengenai beton yang diperoleh selama penelitian penulis mendapatkan nilai optimum kuat tekan beton pada umur 21 hari sebesar 15,0216 Mpa dan kuat tekan minimum beton pada umur 3 hari sebesar 13,056 Mpa. Kesimpulan dari yang dihasilkan penelitiannya adalah beton mengalami kenaikan kekuatan yang signifikan pada saat umur 3 hari menuju 21 hari.