

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun

Pemeriksaan bahan susun beton yang dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, telah mendapatkan hasil sebagai berikut

4.1.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Agregat Halus (Pasir)

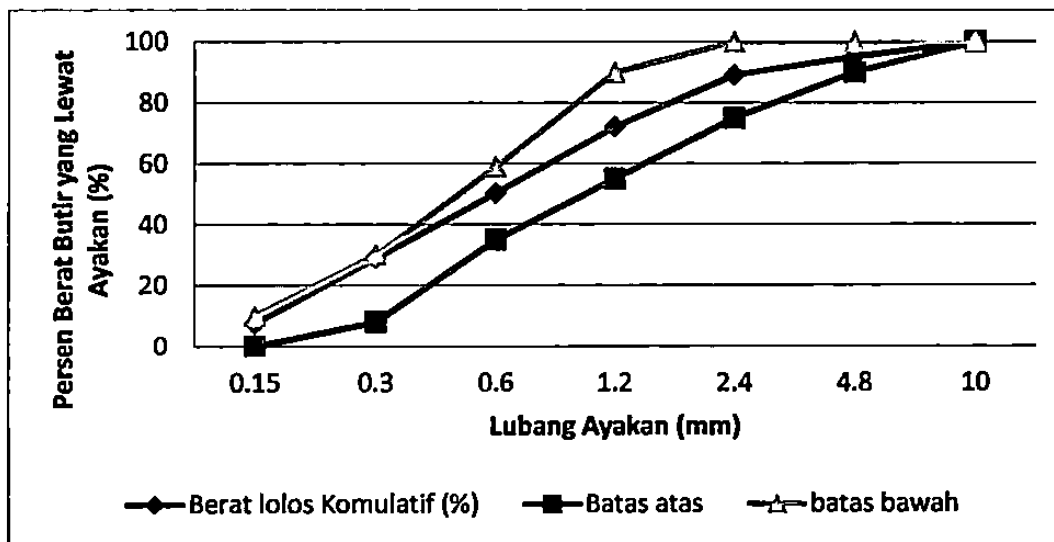
4.1.1.1 Gradasi Agregat Halus (Pasir)

Gradasi adalah distribusi ukuran butiran dari suatu agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran butir yang sama (seragam) maka volume porinya besar dan kemampatannya rendah. Sebaliknya, apabila ukuran butirnya bervariasi maka volume porinya rendah dan kemampatannya tinggi. Gradasi agregat halus dinyatakan dengan nilai persentase banyaknya agregat halus yang tertinggal atau melewati suatu susunan ayakan tertentu.

Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus (pasir) digambarkan pada gambar 4.1. Gradasi yang digunakan adalah daerah gradasi no. 2, yaitu pasir agak kasar dengan modulus halus butir sebesar 3,285. Langkah menentukan kelas gradasi agregat halus dengan menggunakan spesifikasi SNI : 03-1968-1990. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Lolos Komulatif (%)	Batas Atas	Batas Bawah
0.15	10.6	0	10
0.3	36.5	8	30
0.6	53.5	35	59
1.2	78.9	55	90
2.4	93.7	75	100
4.8	98.3	90	100
10	100	100	100



Gambar 4.1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir

4.1.1.2 Kadar Air Pasir

Kadar air rata-rata yang didapat dari hasil pemeriksaan sebesar 3,11%. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

4.1.1.3 Berat Jenis Dan Penyerapan Air Pasir

Dari hasil pemeriksaan, berat jenis pasir jenuh kering muka didapat sebesar 2,17. Penyerapan air dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering muka adalah 3,95%. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.1.1.4 Berat Satuan Agregat Halus

Berat satuan pasir *SSD* didapat sebesar 1,72 gram/cm³. Berat satuan ini berfungsi untuk mengindikasikan apakah agregat tersebut porous atau mampat. Semakin besar berat satuan maka semakin mampat agregat tersebut. Hal ini akan berpengaruh juga nantinya pada proses pengerjaan beton bila dalam jumlah besar, dan juga berpengaruh pada kuat tekan beton, dimana apabila agregatnya *porous* maka biasa terjadi penurunan kuat tekan pada beton. Analisis dari pemeriksaan

• Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4

4.1.1.5 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 9,1%, lebih besar dari batas yang ditetapkan untuk beton normal sebesar 5% sehingga pasir harus dicuci dulu sebelum digunakan. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

4.1.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Agregat Kasar (Split)

4.1.2.1 Kadar Air Agregat Kasar

Kadar air rata-rata yang didapat dari hasil pemeriksaan sebesar 1,115%. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

4.1.2.2 Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Berat jenis batu pecah jenuh kering muka adalah 2,58 sehingga batu ini tergolong agregat normal yaitu antara 2,5 sampai 2,7 (Tjokrodinuljo, 2007). Penyerapan air dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering muka adalah 0,24 %. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7.

4.1.2.3 Keausan Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8. Keausan batu pecah sebesar 47,78% yang dapat digunakan untuk pembuatan beton dengan kelas mutu I didapat dari Tabel 2.2. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8.

4.1.2.4 Berat Satuan Agregat Kasar

Berat satuan batu pecah adalah 1,46 gram/cm³. Berat satuan ini berfungsi untuk mengindikasikan apakah agregat tersebut *porous* atau mampat. Semakin besar berat satuan maka semakin mampat agregat tersebut. Selain itu untuk agregat kasar, berat satuan digunakan untuk mengidentifikasi jenis batuan dan kelasnya. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8.

4.1.2.5 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 1,4%, hasil pengujian kadar lumpur ini lebih besar dari batas yang ditetapkan yaitu 1%. Sehingga sebelum dijadikan campuran untuk beton, agregat ini perlu dicuci terlebih dahulu. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 10.

4.2 Hasil Perancangan Campuran Bahan Susun Beton (Mix Design)

Dalam perancangan campuran bahan-bahan susun beton (*mix design*) ini digunakan SK SNI 03-2834-2002 (Tjokrodinuljo, 2007). Data hasil perancangan campuran beton dapat dilihat dalam Tabel 4.2 dan 4.3. *Mix Design* selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 13.

Tabel 4.2 Kebutuhan bahan susun untuk tiap 1 m³ adukan beton normal

Agregat Halus (kg)	Agregat kasar (Kg)	Semen (Kg)	Air (Liter)
718,45	914,40	512,25	204,9,

Sumber : Hasil Penelitian, 2014

Tabel 4.3 Kebutuhan bahan susun untuk tiap 1 m³ adukan beton *geopolimer*.

Variasi Kadar Alkali Aktivator dengan <i>Fly ash</i> + air (%)	Agregat halus (Kg)	Agregat kasar (Kg)	Alkali Aktivator (Kg)	<i>Fly Ash</i> (Kg)	Air (Liter)
18 : 82	718,5	914,4	129,09	514,55	73,51
21 : 79	718,5	914,4	150,60	495,73	70,82
24 : 76	718,5	914,4	172,12	476,90	68,13
27 : 73	718,5	914,4	139,63	458,08	65,44
30 : 70	718,5	914,4	215,14	439,26	62,75

Tabel 4.4 Kebutuhan bahan susun beton untuk berbagai variasi Kadar Alkali Aktivator dengan *Fly ash* + air tiap 4 benda uji

Variasi Kadar Alkali Aktivator dengan <i>Fly ash</i> + air (%)	Agregat halus (Kg)	Agregat kasar (Kg)	Alkali Aktivator 1 : 3		<i>Fly ash</i> + air 7 : 1	
			NaOH (Kg)	SiO ₂ (Kg)	<i>Fly Ash</i> (Kg)	Air (Liter)
18 : 82	2,381	3,031	0,107	0,321	1,705	0,224
21 : 79	2,381	3,031	0,125	0,374	1,643	0,235
24 : 76	2,381	3,031	0,143	0,428	1,581	0,226
27 : 73	2,381	3,031	0,160	0,481	1,518	0,217
30 : 70	2,381	3,031	0,178	0,534	1.456	0,208

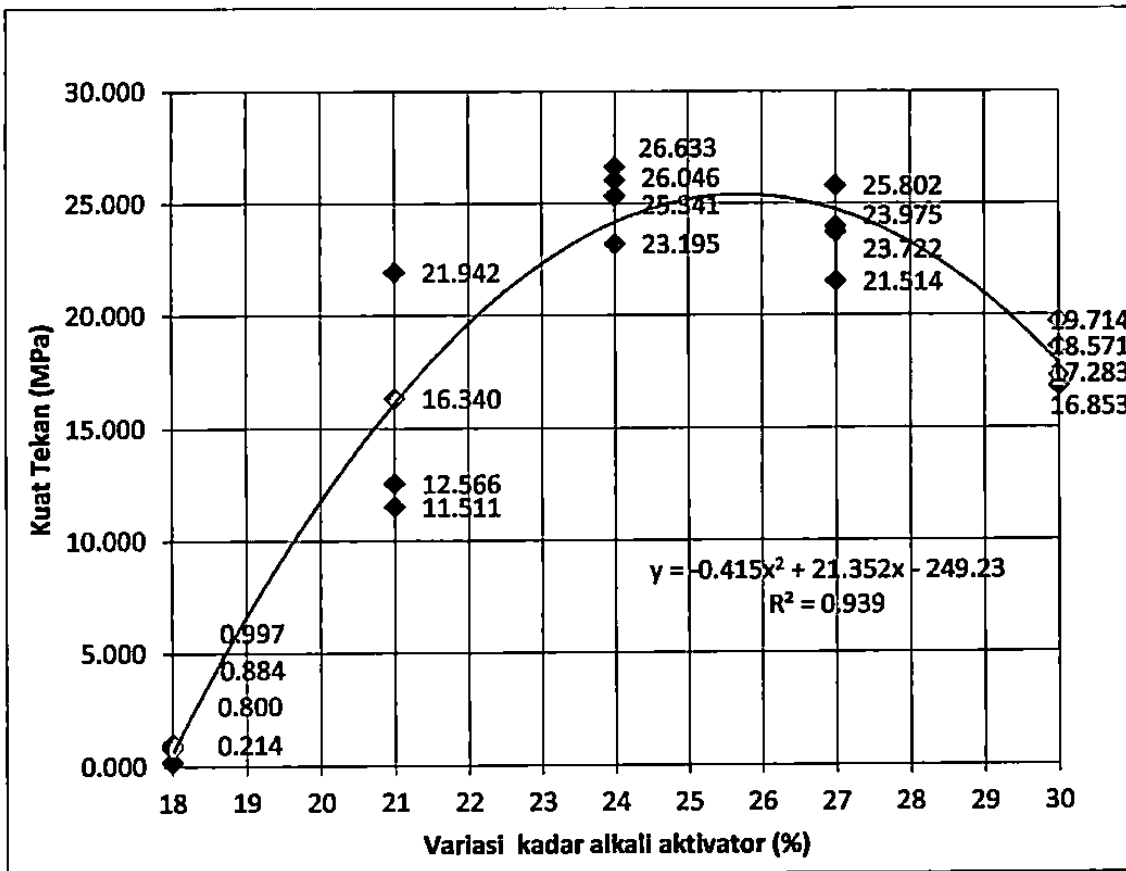
Sumber : Hasil Penelitian, 2014

4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.3 atau Gambar 4.5. Hasil uji kuat tekan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 12.

Tabel 4.5 Hasil uji kuat tekan beton perbandingan variasi kadar alkali aktivator dengan *Fly ash* + air

Variasi Kadar Alkali Aktivator dengan <i>Fly ash</i> + air (%)	Kuat tekan beton pada umur 1 hari (MPa)				
	Sampel I	Sampel II	Sampel III	Sampel IV	Rata-rata
18 : 82	0,844	0,997	0,214	0,800	0,724
21 : 79	11,511	16,340	12,566	21,942	15,940
24 : 76	26,663	23,195	25,341	26,046	25,304
27 : 73	23,975	23,722	25,802	21,514	23,754
30 : 70	16,583	18,571	19,714	17,283	18,105



Gambar 4.2. Hubungan kuat tekan baton dengan variasi kadar alkali aktivator dengan *fly ash* + air

Dari Gambar 4.2 untuk mencari nilai optimum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = -0,415x^2 + 21,35x - 247,6$ didapat nilai kuat tekan sebagai berikut :

1. Untuk variasi 18% : 82% = $(-0,415 \times 18^2) + (21,35 \times 18) - 249,2 = 0,640$ Mpa
2. Untuk variasi 19% : 81% = $(-0,415 \times 19^2) + (21,35 \times 19) - 249,2 = 6,635$ Mpa
3. Untuk variasi 20% : 80% = $(-0,415 \times 20^2) + (21,35 \times 20) - 249,2 = 11,800$ Mpa
4. Untuk variasi 21% : 79% = $(-0,415 \times 21^2) + (21,35 \times 21) - 249,2 = 16,135$ Mpa
5. Untuk variasi 22% : 78% = $(-0,415 \times 22^2) + (21,35 \times 22) - 249,2 = 19,640$ Mpa
6. Untuk variasi 23% : 77% = $(-0,415 \times 23^2) + (21,35 \times 23) - 249,2 = 22,315$ Mpa
7. Untuk variasi 24% : 76% = $(-0,415 \times 24^2) + (21,35 \times 24) - 249,2 = 24,160$ Mpa
8. Untuk variasi 25% : 75% = $(-0,415 \times 25^2) + (21,35 \times 25) - 249,2 = 25,175$ Mpa
9. Untuk variasi 26% : 74% = $(-0,415 \times 26^2) + (21,35 \times 26) - 249,2 = 25,360$ Mpa
10. Untuk variasi 27% : 73% = $(-0,415 \times 27^2) + (21,35 \times 27) - 249,2 = 24,715$ Mpa

12. Untuk variasi 29% : 71% = $(-0,415 \times 29^2) + (21,35 \times 29) - 249,2 = 20,935$ Mpa

13. Untuk variasi 30% : 70% = $(-0,415 \times 30^2) + (21,35 \times 30) - 249,2 = 17,800$ Mpa

Dari hasil perhitungan diatas menunjukkan nilai kuat tekan maksimum yaitu sebesar 25,360 Mpa terjadi pada variasi optimum 26% : 74% beton *geoplimer* pada umur 1 hari. Hasil ini jauh lebih kecil dibandingkan hasil kuat tekan pada beton geopolimer yang telah di patenkan dengan nomer paten US20120152153 dalam (Rashif, 2014) yaitu sebesar 48.263 MPa pada umur 1 hari. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu perbedaan metode pembuatan, perbedaan *prekursor*, perbedaan antara agregat, perbedaan kualitas bahan kimia (alkali aktivator), pemadatan, dan perawatan. Perbedaan suhu antar negara mempengaruhi kualitas agregat halus maupun kasar.

Dari Gambar 4.2 juga dapat dilihat bahwa penggunaan variasi perbandingan kadar alkali aktivator dengan *Fly Ash* + air dari 18% : 82% sampai 26% : 74% mengalami kenaikan kuat tekan beton *geopolimer* yang signifikan, namun pada variasi kadar 26% : 74% sampai 30% : 70% terjadi penurunan kuat tekan beton. Perbandingan kadar alkali aktivator dengan *Fly Ash* + air memberikan pengaruh sifat dari kuat tekan beton *geopolimer*. Kenaikan variasi kadar alkali aktivator sampai batas jumlah tertentu mengakibatkan peningkatan kuat tekan pada beton *geopolimer*. Perbandingan pada kadar alkali aktivator yang sangat rendah sedangkan kadar *fly ash* yang tinggi akan memperlemah kuat tekan beton geopolimer, karena kecilnya komponen alkali aktivator yang berperan untuk proses polimerisasi dengan *prekursor (Fly Ash)* untuk membentuk ikatan dalam beton geopolimer, menyebabkan proses *polimerisasi* tidak sempurna. *Fly ash* menggumpal dan tidak tercampur rata dengan alkali aktivator pada saat proses pembuatan pasta, sehingga kelecakkan semakin kecil menyebabkan proses pengadukan dan pemadatan menjadi sulit dan terjadi segregasi yang mengakibatkan mengurangi daya ikat antar susunan beton menjadi kurang padat (keropos) dan berongga sehingga mengurangi kuat tekan beton tersebut. Akan tetapi, kadar alkali aktivator yang tinggi sedangkan kadar *fly ash* yang kecil juga dapat memperlemah kuat tekan beton *geopolimer*. Hal ini disebabkan karena

peningkatan kadar alkali aktivator menyebabkan adanya proses polimerisasi yang cepat sedangkan kadar *fly ash* + air yang semakin rendah menyebabkan berkurang pula unsur Si dan Al yang dapat direaksikan alkali aktivator untuk membentuk jaringan tiga dimensi pada proses polimerisasi, sehingga dapat mengurangi daya ikat pasta *geopolimer* mengikat susunan agregat pada beton *geopolimer* yang mengakibatkan menurunnya kuat tekan beton. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa semakin tinggi kadar alkali aktivator dan semakin kecilnya kadar *fly ash* + air kuat tekan yang dihasilkan meningkat sampai mencapai optimum, dan setelah itu turun ketika perbandingan kadar alkali aktivator semakin meningkat dan kadar *fly ash* + air semakin menurun.

Proses pemadatan yang tidak sempurna mengakibatkan beton jadi berongga yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Proses perawatan yang berbeda dengan beton normal yaitu dengan dipanaskan pada suhu tertentu. Proses pemanasan tersebut mempengaruhi kuat tekan beton karena untuk membantu proses polimerisasi ikatan kimia yang ada pada beton *geopolimer* tersebut. Pada penelitian ini suhu yang digunakan 60°C selama 24 jam sehingga beton *geopolimer* pada bagian dalam belum sepenuhnya mengering. Hal ini mengakibatkan kurangnya ikatan antar agregat sehingga dapat menurunkan kuat tekan beton.

Alkali aktivator mempunyai pengaruh penting pada kuat tekan beton *geopolimer*, dengan meninjau dari fungsi alkali aktivator itu sendiri, alkali aktivator yang digunakan dalam penelitian ini yaitu natrium hidroksida (soda api) dan Sodium silikat (*waterglass*). Natrium hidroksida tergolong pada jenis aktivator, sedangkan Sodium silikat tergolong pada alkali. *Fly ash* sendiri merupakan salah satu *prekursor* dari beton *geopolimer* yang bersifat *pozzolan* yang kaya akan Al dan Si, yang bilamana 2 unsur ini merupakan unsur yang jika disatukan dengan kadar yang tepat akan menjadi sinkron atau saling berhubungan, dengan kata lain, saling menutupi kekurangan fungsi masing-masing, sehingga menghasilkan suatu ikatan yang kuat untuk dibandingkan dengan material *bindar*