

**KUAT TEKAN BETON *GEOPOLYMER* OPTIMUM PADA VARIASI
PERBANDINGAN BAHAN PENYUSUN (20:80 s/d 40:60) DAN PADA
VARIASI WAKTU PENCAMPURAN (5 s/d 15 MENIT)**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik
Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

RINA SEPTIA NINGRUM (NIM D100 120 133)

SUHENDRO TRINUGROHO (NIK 732)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**KUAT TEKAN BETON *GEOPOLYMER* OPTIMUM PADA VARIASI
PERBANDINGAN BAHAN PENYUSUN (20:80 s/d 40:60) DAN PADA
VARIASI WAKTU PENCAMPURAN (5 s/d 15 MENIT)**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

RINA SEPTIA NINGRUM

D 100 120 133

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. Suhendro Trinugroho, MT.

NIK. 732

HALAMAN PENGESAHAN

KUAT TEKAN BETON *GEOPOLYMER* OPTIMUM PADA VARIASI PERBANDINGAN BAHAN PENYUSUN (20:80 s/d 40:60) DAN PADA VARIASI WAKTU PENCAMPURAN (5 s/d 15 MENIT)

OLEH

RINA SEPTIA NINGRUM

D 100 120 133

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas ^{teknik}
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari ^{Kami} ^{1. Sept} 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Suhendro Trinugroho, M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Aliem Sudjatmiko, M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Yenny Nurchasannah, S.T., MT.

(Anggota II Dewan Penguji)



(.....)


(.....)


(.....)



Dekan,


Ir. Sri Sunarjono, M.T., PhD.

NIK. 682

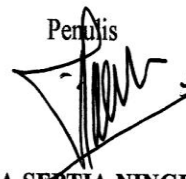
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 2016

Penulis



RINA SEPTIA NINGRUM

D 100 120 133

KUAT TEKAN BETON *GEOPOLYMER* OPTIMUM PADA VARIASI PERBANDINGAN BAHAN PENYUSUN (20:80 s/d 40:60) DAN PADA VARIASI WAKTU PENCAMPURAN (5 s/d 15 MENIT)

Abstrak

Beton merupakan material bangunan yang tersusun dari komposisi utama agregat kasar, agregat halus, air, dan Semen Portland. Akhir-akhir ini beton semakin sering mendapatkan kritik, karena emisi gas rumah kaca(karbondioksida) yang dihasilkan pada proses produksi semen. Dengan pertimbangan tersebut maka dikembangkan bahan pengikat beton baru yang disebut beton *geopolymer*. Salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan beton *geopolymer* adalah abu terbang batu bara (*fly ash*). Dengan memanfaatkan *fly ash* sebagai bahan pengganti dari semen dinilai dapat menjaga lingkungan dan mengurangi biaya konstruksi. Pada penelitian ini benda uji yang digunakan yaitu silinder, dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat beton berumur 28hari. Variasi pada pengujian beton meliputi, (1) Uji kuat tekan beton pada variasi perbandingan bahan penyusun 20% : 80% dan variasi waktu pencampuran 5 s/d 15menit (2) Uji kuat tekan beton pada variasi perbandingan bahan penyusun 25% : 75% dan variasi waktu pencampuran 5 s/d 15menit (3) Uji kuat tekan beton pada variasi perbandingan bahan penyusun 30% : 70% dan variasi waktu pencampuran 5 s/d 15menit (4) Uji kuat tekan beton pada variasi perbandingan bahan penyusun 35% : 75% dan variasi waktu pencampuran 5 s/d 15menit (5) Uji kuat tekan beton pada variasi perbandingan bahan penyusun 40% : 60% dan variasi waktu pencampuran 5 s/d 15menit. Dari pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa waktu pencampuran adukan beton yang paling optimum adalah 7,5menit. Apabila kurang dari 7,5menit mengakibatkan daya ikat binder kurang maskiamal. Dan apabila waktu pencampuran lebih dari 7,5menit mengakibatkan daya lekat binder menurun. Adapun perihal untuk variasi beton terhadap jumlah penggunaan *fly ash*, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kandungan *fly ash* maka terdapat kecenderungan kuat tekan rendah, kemungkinan hal ini disebabkan oleh pengaruh kadar air yang digunakan dalam campuran didapat berdasarkan hitungan berat *fly ash* yang digunakan pada masing-masing variasi. Jadi apabila berat *fly ash* semakin tinggi, maka kebutuhan air juga semakin tinggi dan mengakibatkan terlalu encernya beton segar, sehingga kuat tekan beton menurun.

Kata Kunci: *geopolymer*, *fly ash*, beton, semen portland

Abstract

Concrete is a building material that is composed of the main composition of coarse aggregate, fine aggregate, water, and Portland Cement. Concrete lately more often gets criticism, because of greenhouse gas emissions (carbon dioxide) generated in the cement production process. With these considerations, the development of new concrete binder called *geopolymer* concrete. One of the materials used in the manufacture of *geopolymer* concrete is coal fly ash (*fly ash*). By making use of fly ash as a substitute ingredient of cement is considered to safeguard the environment and reduce the cost of construction. In this study, the test object used is cylindrical, with a diameter of 15 cm and 30 cm high. Tests carried out at the time of compressive strength of concrete was only 28 days. Variations in concrete testing include: (1) Test the strength of concrete on the variability of the material making up 20%: 80% and the variety of mixing time of 5 s / d 15 minutes (2) Test the strength of concrete on the variability of the material making up 25%: 75% and the variety of mixing time of 5 s / d 15 minutes (3) Test the strength of concrete on the variability of the material making up 30%: 70% and the variety of mixing time of 5 s / d 15 minutes (4) Test the strength of concrete on a variation of the building blocks 35 %: 75% and the variety of mixing time 5 s / d 15 minutes (5) Test the strength of concrete in the variation of constituents of 40%: 60% and the variety of mixing time 5 s / d 15 minutes. From the tests it can be concluded that the mixing time of the most optimum concrete mix was 7.5 minutes. If less than 7.5 minutes resulting binder less than the maximum holding capacity. And if the mixing time of more than 7.5 minutes resulting in a decreased adhesion binder. As for the subject to variations in concrete to total use of fly ash, it can be concluded that the higher the content of fly ash there is a tendency compressive strength is low, it's likely due to the influence of moisture content used in the mixture is obtained based on a count of the weight of fly ash used in each variation. So when the weight of the fly ash is higher, then the need for water is also getting higher and result in overly dilute the fresh concrete, so concrete compressive strength decreases.

Keywords: *geopolymer*, *fly ash*, concrete, Portland cement

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material bangunan yang tersusun dari komposisi utama agregat kasar, agregat halus, air, dan Semen Portland. Beton menjadi material yang sangat penting dan banyak digunakan untuk membangun berbagai infrastruktur seperti gedung, jembatan, jalan raya, bendungan, dan sarana prasarana lainnya. Terdapat dua aspek penting yang harus diperhatikan yakni durabilitas (keawetan) material beton itu sendiri dan gangguan lingkungan akibat produksi dari Semen Portland.

Dengan pertimbangan tersebut maka dikembangkan bahan pengikat beton baru yang disebut beton *geopolymer*. Bahan dasar utama yang digunakan untuk pembuatan beton *geopolymer* ini adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silika, alumina, dan kapur. Bahan tersebut tidak dapat mengikat jadi perlu ditambahkan air dan bahan kimia lain yang dapat mengikat yaitu natrium hidroksida dan sodium silikat. Oksida silika pada bahan tersebut akan bereaksi secara kimia dan menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

Berdasarkan pertimbangan diatas, maka dalam penelitian ini untuk membuat beton *geopolymer* digunakan bahan pengikat/pengganti semen adalah *fly ash* dengan tambahan bahan kimia larutan Sodium Silikat (Na_2SiO_3) dan Sodium Hidroksida (NaOH) dengan variasi perbandingan bahan penyusun (20% : 80% sampai 40% : 60%) dan variasi waktu pencampuran (5 sampai 15 menit).

2. METODE

. Metode yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah metode eksperimen laboratorium. Penelitian laboratorium merupakan suatu kegiatan yang berkaitan dengan menguji kebenaran suatu hipotesis guna mencari pengaruh, hubungan ataupun perubahan. Pada penelitian ini pembuatan benda uji dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, penelitian dilakukan dengan cara pengujian benda uji untuk mengetahui kuat tekan beton *geopolymer* optimum pada variasi perbandingan bahan penyusun (20:80 s/d 40:60) dan pada variasi waktu pencampuran (5 s/d 15 menit).

Pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, tahap pertama yang yaitu persiapan. Pada tahapan pertama yaitu mempersiapkan bahan material dan alat-alat yang akan digunakan sebelum melakukan penelitian agar sesuai dengan spesifikasi. Tahapan kedua yaitu melakukan pengujian terhadap bahan material yang akan digunakan guna mengetahui berapa banyak kandungan bahan organik yang terdapat pada pasir yang akan digunakan sebagai campuran adukan mortar. Tahapan yang ketiga yaitu perencanaan campuran (*mix design*) dan pembuatan benda uji, pada tahap ini dirancang perencanaan campuran (*mix design*) dengan perbandingan agregat dan *binder* pada campuran beton adalah 20% : 80%; 25% : 75%; 30% : 70%; 35% : 65%; dan 40% : 60%. Bahan-bahan material yang akan digunakan harus sesuai dengan rancangan campuran beton, pembuatan adukan beton menggunakan alat molen minimixer dengan kapasitas $0,6 \text{ m}^3$ setara dengan pembuatan

benda uji 6 silinder, untuk mendapatkan hasil adukan yang homogen. selanjutnya dilakukan pengujian slump untuk mengetahui tingkat kekentalan adukan beton agar nilai slump yang direncanakan dapat tercapai. Setelah mendapatkan nilai slump kemudian mix design dituangkan ke dalam cetakan, benda uji dicetak menggunakan cetakan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Tahapan yang keempat adalah perawatan beton setelah beton mulai mengeras, perawatannya dengan cara direndam ke dalam air dalam kondisi suhu ruangan selama umur 28 hari. Tahap yang kelima yaitu Pengujian Benda Uji pada tahap ini dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan benda uji berbentuk silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dilakukan pada umur beton 28. Tahap yang keenam adalah Analisis Data yaitu data-data yang telah diperoleh dari hasil kemudian dianalisis dan dihitung. Tahapan yang terakhir yaitu membuat kesimpulan sehingga dari data yang sudah didapat dan dianalisis dapat ditarik kesimpulan sesuai dengan tujuan dari penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil penelitian dan pembahasannya secara lugas. Hasil penelitian dapat berupa data hasil evaluasi metode yang telah digunakan atau data tambahan yang diambil dari metode lain yang dijadikan acuan sebagai pembanding. Pembahasan hasil penelitian dapat berisi ringkasan hasil penelitian secara menyeluruh. Pada bagian tersebut juga dapat ditambahkan perbandingan antara hasil penelitian yang dilakukan dengan hasil penelitian sebelumnya yang telah dijadikan acuan. Tabel dan grafik dapat ditampilkan pada bagian ini dan harus diberi penjelasan/pembahasan secara verbal untuk memperjelas penyajian hasil penelitian. Jika ditemukan kekurangan atau batasan-batasan di dalam hasil penelitian, maka perlu ditambahkan analisisnya. Pada bagian ini juga diijinkan untuk menuliskan pengembangan penelitian ke depan berdasarkan hasil yang telah didapat.

3.1 Pengujian Agregat

Pengujian agregat halus dilakukan untuk mengetahui berat jenis (*specific gravity*), gradasi agregat, kandungan organik dan kandungan lumpur. Hasil yang didapat pada saat penelitian adalah kandungan organik dengan cara pasir didiamkan selama ± 24 jam dengan campuran NaOH sebesar 3% diperoleh hasil pemeriksaan bahan organik berwarna orange (No.2), hal ini menunjukkan bahwa pasir sedikit mengandung zat organik sehingga pasir tidak perlu dicuci (pasir memenuhi persyaratan). Hasil pengujian kandungan lumpur pada pasir diperoleh 1,04%, sedangkan standar SNI untuk kandungan lumpur yaitu maksimal 5% sehingga pasir tersebut dapat digunakan sebagai campuran beton. Dari hasil pengujian penyerapan air pada agregat halus diperoleh nilai penyerapan (*Absorpsi*) sebesar 4,17 % dapat disimpulkan bahwa pasir atau agregat halus dapat dipakai sebagai campuran beton karena sudah memenuhi persyaratan yang sesuai dengan standart SNI dengan persyaratan penyerapan air kurang dari 5%. Hasil pemeriksaan modulus halus butir pada pasir didapatkan nilai sebesar 3,23, pasir tersebut dapat digunakan

sebagai campuran beton karena termasuk dalam pasir halus yang mempunyai persyaratan sesuai dengan standart SNI antara 1,5 – 3,8. Untuk pengujian berat jenis SSD diperoleh hasil 2,86, berat jenis semu diperoleh sebesar 2,74 sedangkan hasil dari berat jenis curah kering adalah 2,46.

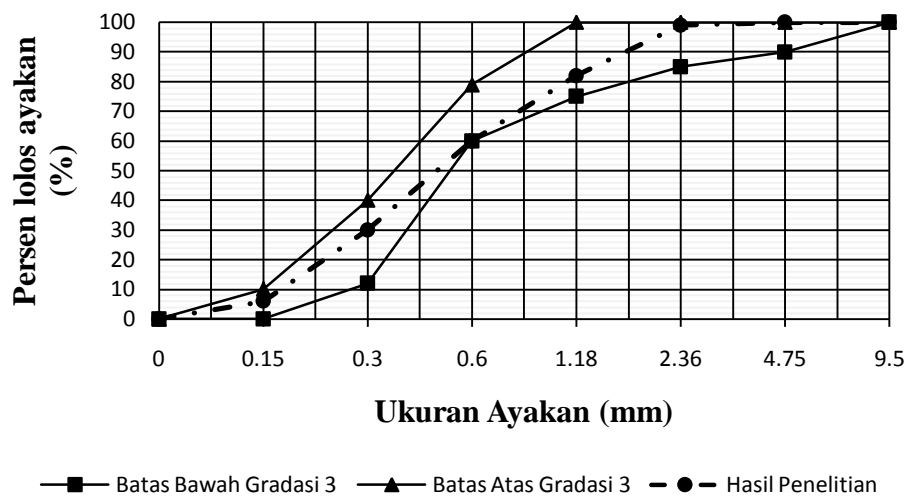
Hasil pengujian gradasi agregat halus sesuai dengan persyaratan dari ASTM C33-97 dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus

Jenis pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Persyaratan	Standar SNI	Keterangan
Kandungan organik	No.2 (Orange)	1 - 5	SNI 03-2816-1992	Memenuhi syarat
Pemeriksaan SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>)	1,47	< 3,8	-	Memenuhi syarat
Berat jenis				
1). Berat jenis bulk	2,46	-	SNI 03-1970-1990	-
2). Berat jenis SSD	2,86	-	SNI 03-1970-1990	-
3). Berat jenis semu	2,74	-	SNI 03-1970-1990	-
<i>Absortion</i> %	4,17%	< 5%	SNI 03-1970-1990	Memenuhi syarat
Kandungan lumpur	1,04%	< 5%	-	Memenuhi syarat
Gradasi pasir	Daerah III	Daerah III	SNI 03-2384-1992	Memenuhi syarat
Modulus halus butir	3,23	1,5-3,8	-	Memenuhi syarat

(Sumber : hasil

pengujian)



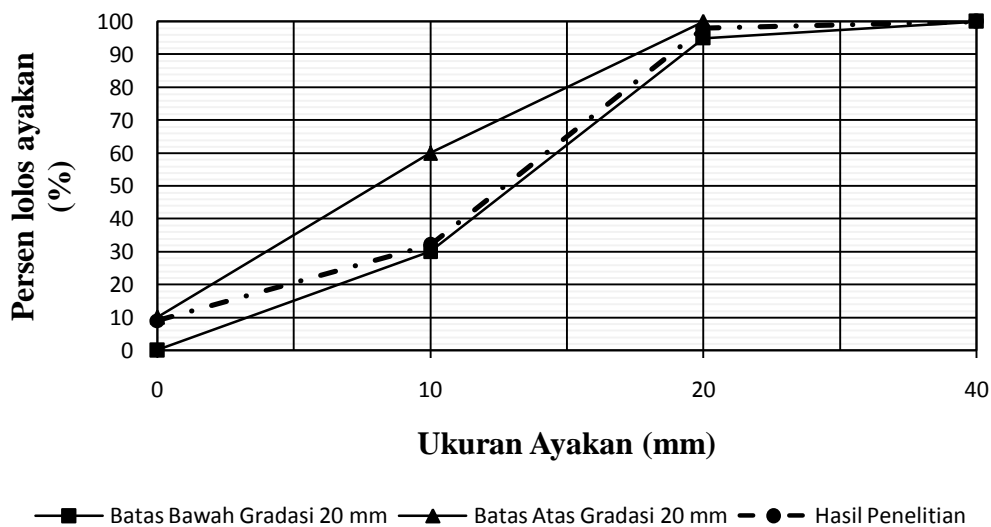
Berdasarkan tabel 1 hasil pengujian gradasi agregat halus dapat digambarkan dengan grafik gradasi sebagai berikut :

Gambar 1. Grafik hubungan antara ukuran ayakan dan persentase lolos kumulatif.

Berdasarkan gambar 1. grafik hubungan antara ukuran ayakan dan persentase lolos kumulatif pada agregat halus termasuk daerah gradasi II. Menurut Mulyono (2006), Agregat halus pada daerah gradasi II termasuk dalam pasir agak kasar.

3.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan agregat kasar yang diambil dari Kali woro, Klaten dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian berat Jenuh Kering (Saturated Surface Dry) didapatkan nilai sebesar 2,39. Pada pengujian berat jenis semu pada agregat kasar dihasilkan 2,48, berat jenis bulk didapatkan nilai 2,33. Dari hasil pengujian Penyerapan air pada agregat kasar yang digunakan sebagai campuran pada adukan beton yaitu 2,51 % sedangkan pengujian modulus halus butir diperoleh 7,37, dapat disimpulkan bahwa agregat kasar dapat digunakan sebagai campuran beton karena sudah memenuhi persyaratan berdasarkan SNI. Hasil pengujian gradasi agregat kasar dapat digambarkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. Grafik hubungan antara ukuran ayakan dan persentase lolos kumulatif.

Gambar diatas diperoleh dari tabel 2. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar dibawah ini

Tabel 2. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar

Jenis pemeriksaan	Hasil pemeriksaan	Persyaratan	Standar SNI	Keterangan
Berat jenis				
1). Berat jenis bulk	2,33	-	SNI 03-1969-1990	-
2). Berat jenis SSD	2,39	-	SNI 03-1969-1990	-
3). Berat jenis semu	2,48	-	SNI 03-1969-1990	-
Absortion%	2,51	< 3%	SNI 03-1969-1990	Memenuhi syarat
Modulus halus butir	7,37	5 - 8	-	Memenuhi syarat

(Sumber : hasil pengujian)

Dari gambar 2 grafik hubungan antara ukuran ayakan dan persentase lolos kumulatif pada agregat kasar masuk pada batas gradasi agregat untuk besar butir maksimum 20 mm (Mulyono, 2004).

3.3 Pengujian Fly Ash

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PT. Jaya Ready Mix Sukoharjo yang berasal dari sisa pembakaran batu bara dari pembakaran batu bara di PLTU Jepara. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur kimia yang terdapat di dalam *fly ash*. Pada penelitian ini data hasil pengujian *fly ash* sudah tersedia dan diperoleh dari PT. Jaya Ready Mix Sukoharjo yang telah dilakukan oleh Sucofindo. Hasil pengujian yang telah didapat dapat dilihat pada Tabel V.3

Tabel V.3. Hasil Pengujian Kandungan Kimia *Fly Ash*

No	Komposisi Kimia	Persentase (%)
1	SiO ₂	45,27
2	Al ₂ O ₃	20,07
3	Fe ₂ O ₃	10,59
4	TiO ₂	0,82
5	CaO	13,32
6	MgO	2,83
7	K ₂ O	1,59
8	Na ₂ O	0,98
9	P ₂ O ₅	0,41
10	SO ₃	1,00
11	MnO ₂	0,07

(Sumber: hasil pengujian *fly ash* PT. Jaya Ready Mix oleh Sucofindo)

Dari data hasil pengujian kandungan kimia *fly ash* pada Tabel V.3. didapatkan data yang didominasi oleh unsur silika-besi- dan alumina. Dari kadar (SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃) diperoleh sebesar 75,93%. Sedangkan batas (SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃) kelas C minimal 50 % dan kelas F(SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃) minimal 70%. Dapat disimpulkan bahwa *fly ash* dari PT. Jaya Ready Mix masuk pada kelas F(ACI Manual of Concrete Practice 1993Part 1 226.3R-3).

3.4 Perencanaan Adukan Beton

Dalam penelitian ini *mix design* (perencanaan campuran) mengacu pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Ginanjar Bagus Prasetyo (2015). Kebutuhan bahan didapat menurut perbandingan massa benda uji (lihat Lampiran 8). Hasil perencanaan campuran adukan dapat dilihat pada Tabel V.4.

Tabel 4. Proporsi campuran adukan beton untuk setiap variasi *fly ash* per 1 m³

Percobaan	Pasir	Kerikil	Air	Fly Ash	Na ₂ SiO ₃	NaOH
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
1	3,730	7,461	0,518	2,070	0,519	0,208
2	3,497	6,994	0,647	2,588	0,649	0,260
3	3,264	6,528	0,779	3,105	0,781	0,312
4	3,031	6,062	0,906	3,623	0,908	0,363
5	2,800	5,600	1,035	4,140	1,040	0,416
Jumlah	16,32	32,65	3,88	15,53	3,90	1,56

Percobaan	Pasir	Kerikil	Air	Fly Ash	Na ₂ SiO ₃	NaOH
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
1	55,950	111,915	7,763	31,053	7,788	3,119
2	52,458	104,915	9,704	38,818	9,735	3,894
3	48,960	97,920	11,679	46,580	11,715	4,686
4	45,465	90,930	13,588	54,351	13,613	5,445
5	42,000	84,000	15,527	62,103	15,593	6,237
Jumlah	244,83	489,68	58,26	232,90	58,44	23,38

(Sumber : hasil pengujian)

Dari Tabel V.4. diperoleh data hasil perencanaan campuran adukan beton *geopolymer* untuk setiap sampel, dalam penelitian ini penggunaan kebutuhan air yang digunakan dalam pencampuran dilapangan mungkin berbeda dengan perhitungan penggunaan kebutuhan air dalam perencanaan awal campuran adukan beton *geopolymer*. Hal tersebut bisa saja terjadi karena tingkat kesulitan dalam proses pencampuran adukan beton *geopolymer* dan pengaruh kondisi real dilaboratorium fakultas Teknik Sipil UMS. Maka dalam perhitungan campuran adukan setiap sampel beton dilaboratorium, kebutuhan air bisa dikurangi 10% atau ditambahkan 10% dari perencanaan awal campuran adukan beton *geopolymer*.

3.5 Hasil Pengujian *Slump*

Penelitian ini nilai *slump* diperlukan untuk mengetahui tingkat kinerja beton dari masing-masing variasi kadar *fly ash* pada campuran beton.

Tabel V.5. Hasil pengujian nilai *slump*.

Binder : Agregat Waktu	Nilai <i>Slump</i> (cm)				
	20 : 80	25 : 75	30 : 70	35 : 75	40: 60
5	22,9	14,5	10,2	16,7	17,6
7,5	13,4	9	5,4	11	13,6
10	15	10,1	7	13,8	14,1
12,5	25,7	14	13,9	16	22,4
15	25,2	18,9	14,6	17,8	25

(Sumber : hasil pengujian)

Dari Tabel V.5. menunjukkan bahwa kandungan *fly ash* semakin tinggi maka nilai *slump* juga semakin tinggi, hal ini disebabkan karena pengaruh kadar air yang digunakan dalam campuran ini didapat berdasarkan berat *fly ash* yang digunakan oleh masing masing variasi. Jadi apabila berat *fly ash* semakin tinggi, maka kebutuhan air juga semakin tinggi dan mengakibatkan nilai *slump* juga semakin tinggi.

3.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat uji kuat tekan beton *compress testing mechine*. Pelaksanaan pengujian ini dilakukan setelah mengukur dimensi benda uji untuk mengetahui luas bidang beton yang tertekan.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Besarnya nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

dengan :

f_c = kuat tekan beton yang dihasilkan benda uji (MPa)

P = beban maksimum (kg)

A = luas permukaan benda uji (cm²)

Tabel V.6.Data hasil pengujian kuat tekan beton *geopolymer* 20 : 80

Variasi waktu (menit)	Berat kg	Hasil pengujian kN	P max kg	A (cm)	f'c (MPa)	f'c rata-rata (MPa)
5	11,550	43	4300	176,625	2,435	2,793
5	11,635	55	5500	176,625	3,114	
5	11,53	50	5000	176,625	2,831	
7,5	10,95	77	7700	176,625	4,360	4,482
7,5	11,77	74,5	7450	176,625	4,218	
7,5	11,745	86	8600	176,625	4,869	
10	10,945	71	7100	176,625	4,020	3,822
10	11,425	74,5	7450	176,625	4,218	
10	11,545	57	5700	176,625	3,227	
12,5	11,155	68,5	6850	176,625	3,878	3,718
12,5	11,135	65	6500	176,625	3,680	
12,5	11,435	63,5	6350	176,625	3,595	
15	11,72	60	6000	176,625	3,397	3,303
15	11,395	56,5	5650	176,625	3,199	
15	11,185	58,5	5850	176,625	3,312	

(Sumber : hasil pengujian)

Tabel V.7.Data hasil pengujian kuat tekan beton *geopolymer* 25 : 75

Variasi waktu (menit)	Berat kg	Hasil pengujian kN	P max kg	A (cm)	f'c (MPa)	f'c rata-rata (MPa)
5	11,657	63	6300	176,625	3,567	3,661
5	11,575	65	6500	176,625	3,680	
5	10,95	66	6600	176,625	3,737	
7,5	11,125	145	14500	176,625	8,209	9,191
7,5	10,645	225	22500	176,625	12,739	
7,5	10,785	117	11700	176,625	6,624	
10	10,66	145	14500	176,625	8,209	7,700
10	11,146	125	12500	176,625	7,077	
10	11,325	138	13800	176,625	7,813	
12,5	11,595	84	8400	176,625	4,756	4,360
12,5	11,145	79	7900	176,625	4,473	
12,5	11,435	68	6800	176,625	3,850	
15	10,53	80	8000	176,625	4,529	3,812
15	11,234	65	6500	176,625	3,680	
15	11,185	57	5700	176,625	3,227	

(Sumber : hasil pengujian)

Tabel V.8.Data hasil pengujian kuat tekan beton *geopolymer 30 : 70*

Variasi waktu (menit)	Berat kg	Hasil pengujian kN	P max kg	A (cm)	f _c (MPa)	f _c rata-rata (MPa)
5	10,475	115	11500	176,625	6,511	5,001
5	11,260	80	8000	176,625	4,529	
5	11,145	70	7000	176,625	3,963	
7,5	11,610	140	14000	176,625	7,926	16,608
7,5	10,890	300	30000	176,625	16,985	
7,5	11,300	440	44000	176,625	24,912	
10	11,036	285	28500	176,625	16,136	12,456
10	10,700	285	28500	176,625	16,136	
10	11,650	90	9000	176,625	5,096	
12,5	11,015	110	11000	176,625	6,228	8,870
12,5	10,875	140	14000	176,625	7,926	
12,5	11,216	220	22000	176,625	12,456	
15	10,150	120	12000	176,625	6,794	5,850
15	11,254	100	10000	176,625	5,662	
15	10,387	90	9000	176,625	5,096	

(Sumber : hasil pengujian)

Tabel V.9.Data hasil pengujian kuat tekan beton *geopolymer 35 : 75*

Variasi waktu (menit)	Berat kg	Hasil pengujian kN	P max kg	A (cm)	f _c (MPa)	f _c rata-rata (MPa)
5	10,825	55	5500	176,625	3,114	2,878
5	10,715	51,5	5150	176,625	2,916	
5	10,925	46	4600	176,625	2,604	
7,5	10,830	106	10600	176,625	6,001	6,285
7,5	10,650	123	12300	176,625	6,964	
7,5	10,440	104	10400	176,625	5,888	
10	10,690	156	15600	176,625	8,832	8,059
10	10,390	126	12600	176,625	7,134	
10	10,990	145	14500	176,625	8,209	
12,5	10,570	73	7300	176,625	4,133	4,076
12,5	10,790	65	6500	176,625	3,680	
12,5	10,680	78	7800	176,625	4,416	
15	10,400	63	6300	176,625	3,567	3,454
15	10,380	58	5800	176,625	3,284	
15	10,543	62	6200	176,625	3,510	

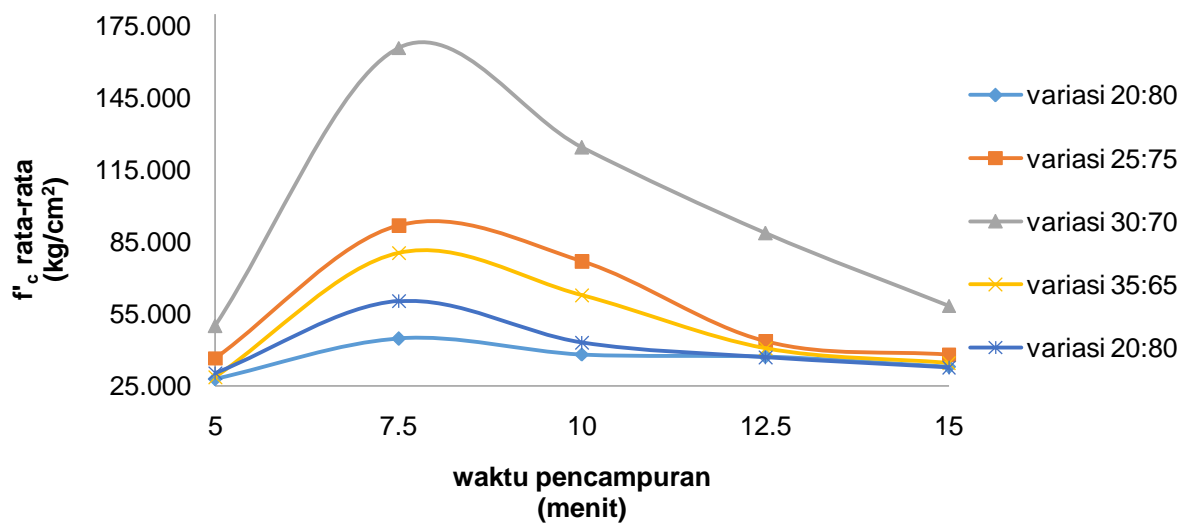
(Sumber : hasil pengujian)

Tabel V.10.Data hasil pengujian kuat tekan beton *geopolymer* 40 : 60

Variasi waktu (menit)	Berat kg	Hasil pengujian kN	P max kg	A (cm)	f _c (MPa)	f _c rata- rata (MPa)
5	10,990	55	5500	176,625	3,114	3,048
5	10,430	52,5	5250	176,625	2,972	
5	10,910	54	5400	176,625	3,057	
7,5	10,250	87	8700	176,625	4,926	6,039
7,5	10,695	107	10700	176,625	6,058	
7,5	10,350	126	12600	176,625	7,134	
10	10,580	90	9000	176,625	5,096	4,322
10	10,095	71	7100	176,625	4,020	
10	10,510	68	6800	176,625	3,850	
12,5	10,360	68	6800	176,625	3,850	3,708
12,5	10,620	65	6500	176,625	3,680	
12,5	10,665	63,5	6350	176,625	3,595	
15	10,548	63	6300	176,625	3,567	3,265
15	10,720	54	5400	176,625	3,057	
15	9,905	56	5600	176,625	3,171	

(Sumber : hasil pengujian)

Hubungan antara kuat tekan rata-rata beton *geopolymer* dengan waktu pencampuran



Gambar V.4. Hubungan antara Perbandingan antara Kuat tekan rata-rata beton *geopolymer* dengan waktu pencampuran

Dari data yang diperoleh pada Tabel V.6, Tabel V.7, Tabel V.8, Tabel V.9,dan Tabel V.10 maka dapat dilihat lamanya waktu pencampuran adukan beton terhadap kuat tekan beton *geopolymer*. Pada penelitian ini menggunakan 5 variasi waktu dalam pencampuran adukan beton yaitu 5 menit; 7,5 menit; 10 menit; 12,5 menit; dan 15 menit. Pada beton *geopolymer* 20 : 80 kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan variasi waktu campuran = 7,5 menit. Pada beton *geopolymer* 25 : 75 kuat

tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan variasi waktu campuran = 7,5 menit. Pada beton *geopolymer* 30 : 70 kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan variasi waktu campuran = 7,5 menit. Pada beton *geopolymer* 35 : 75 kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan variasi waktu campuran = 7,5 menit. Dan pada beton *geopolymer* 40 : 60 kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan variasi waktu campuran = 7,5 menit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu pencampuran adukan beton yang paling optimum adalah 7,5 menit. Apabila kurang dari 7,5 menit mengakibatkan daya ikat binder kurang maksimal. Dan apabila waktu pencampuran lebih dari 7,5 menit mengakibatkan daya lekat binder menurun. Hal ini mengakibatkan kuat tekan beton *geopolymer* pada saat pengujian menurun. Adapun perihal untuk variasi beton terhadap jumlah penggunaan *fly ash*, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kandungan *fly ash* maka terdapat kecenderungan kuat tekan semakin rendah, kemungkinan hal disebabkan oleh pengaruh kadar air yang digunakan dalam campuran ini didapat berdasarkan berat *fly ash* yang digunakan pada masing masing variasi. Jadi apabila berat *fly ash* semakin tinggi, maka kebutuhan air juga semakin tinggi dan mengakibatkan terlalu encernya beton segar, sehingga kuat tekan beton menurun

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan pada BAB V, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan tertinggi beton *geopolymer* adalah 16,648 MPa, pada variasi waktu pencampuran 7,5 menit untuk beton *geopolymer* dengan variasi bahan penyusun 30%:70%.
2. Dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pencampuran beton *geopolymer* yang paling maksimal adalah selama 7.5 menit.
3. Nilai slump yang didapatkan pada saat pengujian terlihat pada Tabel V.5. Maka slump yang sesuai dengan spesifikasi pada Tabel V.6 adalah slump dengan nilai 5,4 dan 7 yang dapat digunakan sebagai alternative pengganti untuk perbaikan atau perawatan. Karena apabila digunakan pada pekerjaan struktur dapat mengakibatkan korosi terhadap tulangan yang dipakai. Hal ini karena sifat beton *Geopolymer* yang dalam pembuatan campurannya menggunakan bahan tambah berupa Na_2SiO_3 dan NaOH .
4. Beton *geopolymer* dapat dijadikan alternative pengganti beton normal, akan tetapi kurang efisien dalam hal pekerjaan dan biaya, dan kurang baik untuk beton bertulang karena bahan kimia yang dipakai memiliki sifat korosi yang dapat merusak besi tulangan. Oleh karena itu beton *geopolymer* lebih cocok untuk perbaikan atau perawatan saja.

Dalam pembuatan beton *geopolymer* ini *setting time* yang terjadi sangat cepat. Maka perlu dibutuhka zat *additive* untuk menghambat terjadinya pengikatan awal. Untuk penelitian berikutnya

direkomendasikan untuk melakukan *curing* suhu ruangan dengan benda uji ditutup plastik agar mengurangi penguapan. Proses adukan beton *geopolymer* dianjurkan pada suhu dibawah 20°C untuk memperlambat *setting time* pada pengikatan awal sehingga beton mudah diaduk atau meningkatkan *workability*. Selama pelaksanaan pekerjaan pembuatan beton *geopolymer* ini, sebaiknya menggunakan perlengkapan pelindung seperti masker dan sarung tangan karena *fly ash* dan zat kimia yang digunakan sangat berbahaya bagi tubuh manusia.

PERSANTUNAN

Ucapan terimakasih disampaikan kepada laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta yang ikut membantu menyelesaikan pembuatan benda uji dan pengujian dalam penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 232.2R-03. 2003. *Use of Fly Ash in Concrete*. Dilaporkan oleh ACI Committee 232. American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.
- ACI 363 R-92. 1993. *State-of-the-Art Report of High Strength Concrete*. ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, Materials and General properties of concrete.
- ASTM C618-03. 2003. *Standard Specification for ' Calcinated Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete*. ASTM International, US.
- Davidovits, J., 1999. *Chemistry of Geopolymer System, Terminology*. Paper presented at the Geopolymer '99 International Conference, Saint-Quentin, France.
- Ekaputri, J. J, Triwulan dan Damayanti O., 2007. *Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Jawa Power Paiton sebagai Material Alternatif*, Jurnal PONDASI, vol 13 no 2 hal. 124-134.
- Ginanjar Bagus Prasetyo (2015) *Tinjauan kuat tekan beton geopolymer dengan flay ash sebagai bahan pengganti semen* .Laporan tugas akhir Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Manuahe Riger, 2014. *Kuat tekan beton geopolymer berbahan dasar abu terbang (fly ash)*. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Penerbit Badan Standarisasi Nasional.
- Sutanto, E., & Hartono, B., 2005. *Penelitian beton geopolymer dengan fly ash untuk beton struktural*. TA No : 15111415/SIP/2005. Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Tjokrodinuljo, K., 1992. *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

- Hardjito, D. and Rangan, B. V., 2005. *Development and properties of low-calcium Fly Ash-based geopolymer Concrete*, Research Report GC 1 Faculty of Engineering Curtin University of Technology Perth, Australia.
- Heri Kasyanto., 2012 . *Tinjauan kuat tekan geopolymer berbahan dasar fly ash dengan aktvator sodium hidroksida dan sodium silikat*, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung SNI 03-2491-2002. “*Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*”. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 15-2049-2004.*Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional(BSN).
- Solikin, Mochamad dkk. 2014. *Pengaruh Perbedaan Sumber Fly Ash Terhadap Karakteristik Mekanik High Volume Fly Ash Concrete yang Dibuak Menggunakan Semen PPC*.Surakarta Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Solikin, Mochamad. 2012. *Upaya Meningkatkan Performa High Volume Fly Ash Concrete Sebagai Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan: Sebuah Kajian Literatur*. Surakarta : Simposium Nasional RAPI XI FT UMS.
- Suarnita, I Wayan.2011. Kuat Tekan Beton dengan Aditif Fly Ash Ex. PLTU Mpanau Tavaeli. Palu : Universitas Tadulako.
- Sumajouw Marthin D. J dan Windah, Reky S. (2014). *Pengaruh Pemanfaatan Abu terbang (fly ash) dari PLTU II Sulawesi Utara sebagai substitusi parsial terhadap kuat tekan beton*”.Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Subakti,Aman. (1995). *Teknologi Beton dalam Praktek*.Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Syaka, Dewi. (2013). *Pembuatan beton normal dengan fly ash menggunakan mix desain yang dimodifikas*.Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Jember.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Biro Penerbit KMTS FT UGM