

PEMBUATAN BETON POROUS DENGAN MATERIAL GEOPOLIMER

USE OF GEOPOLYMER IN POROUS CONCRETE

Rofikatul Karimah¹, Akbar Prasajo²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil-Fakultas Teknik-Universitas Muhammadiyah Malang

Jl. Raya Tlogomas No. 246, Malang

email: rofikatulkarimah@gmail.com

Abstract

The increase of land that was impenetrable by water, which associated by increased settlements building, could causes the time for water infiltration become much shorter. The excess water will form surface runoff, as the surrounding land cannot absorb it all, even flood might happen when a heavy rainfall occurs. Therefore, it is important to build a sustainable drainage for settlements and porous concrete could be the choice. Porous concrete can be applicable for non-structural construction: parking area, sidewalk, pavement, and so on. Recent development that offer a great result is by incorporate fly ash as partial replacement for Portland cement using inorganic polymerization (geopolymer). This porous concrete with geopolymer material can be used as permeable structure and is expected to become alternative concrete material for non-structural element. This experimental study focuses on finding the optimum mix design that incorporating geopolymer material for concrete cylinder with 7,5 cm in diameter and 15 cm in height. The cement has been replaced by geopolymer material accordingly in the range of 10%, 15%, 20%, 25% and 30%. The experimental result shows that the optimum geopolymer replacement was 29%, specimen with this concrete mix has compressive strength and porosity of 11 N/m² and 14% respectively. However, future study using admixture is needed to achieve desired compressive strength, permeability and workability of the porous concrete with geopolymer materials.

Keywords: Porous; Non-structural Concrete; Fly Ash.

Abstrak

Meningkatnya luas daerah yang tertutup oleh perkerasan akibat pembangunan permukiman, seperti di daerah perkotaan, dapat mengakibatkan waktu berkumpulnya air menjadi jauh lebih pendek. Berkurangnya kesempatan air hujan berinfiltrasi ke dalam tanah akan menyebabkan terbentuknya limpasan permukaan atau bahkan banjir. Dalam upaya mengantisipasi hal tersebut, maka diperlukan penerapan mengenai drainase permukiman yang berwawasan lingkungan, seperti pembuatan perkerasan beton porous, sebatas untuk konstruksi non-struktural seperti parkir kendaraan, trotoar, lapangan, dan lain sebagainya. Perkembangan muktahir yang menjanjikan saat ini adalah penggunaan abu terbang sebagai pengganti sebagian semen Portland lewat proses yang disebut polimerisasi anorganik (*geopolimer*). Diharapkan dari pembuatan beton porous dengan material geopolimer ini, selain dapat menyerap air dengan cepat, juga dapat digunakan sebagai beton non-struktural. Metode penelitian ini bersifat eksperimen dengan mencari *mix design geopolimer* yang paling tepat dari benda uji silinder diameter ukuran 7,5 cm dan tinggi 15 cm. Penelitian menggunakan campuran bahan pengganti semen Portland menggunakan material geopolimer pada benda uji silinder dan dibuat variasi prosentase 10%, 15%, 20%, 25% dan 30%. Berdasarkan hasil uji diperoleh variasi campuran geopolimer optimum pada 29% dengan kuat tekan beton 11 N/mm² dan porositas beton 14%. Perlu ditemukan bahan tambah (*Admixture*) untuk mendapatkan kuat tekan, daya serap air, dan workability yang diinginkan pada pembuatan beton *porous* dengan material *geopolimer*.

Kata kunci: Beton Porous; Non Struktural; Abu Terbang.

PENDAHULUAN

Pengembangan permukiman di perkotaan mengakibatkan makin berkurangnya daerah resapan air hujan karena

meningkatnya luas daerah yang ditutupi oleh perkerasan dan mengakibatkan waktu berkumpulnya air jauh lebih pendek, sehingga akumulasi air hujan yang terkumpul

melampaui kapasitas drainase yang ada. Hal ini sering ditunjukkan dengan terjadinya air yang meluap dari saluran drainase baik di perkotaan, maupun di permukiman secara khusus. Upaya mengurangi limpasan permukaan air hujan dan menambah infiltrasi ke dalam tanah adalah pembuatan beton lulus air (*porous concrete*).

Berbagai penelitian dan percobaan di bidang beton porous dilakukan sebagai upaya mengurangi limpasan permukaan air hujan dan menambah infiltrasi ke dalam tanah. Beton lulus air (*porous concrete*) adalah suatu elemen bahan bangunan yang dibuat dari campuran agregat kasar, semen hidrolis atau sejenisnya, air dan sedikit agregat halus membiarkan air hujan untuk menembus mendasari lahan. Tujuan dari beton lulus air (*porous concrete*) untuk mengalirkan air hujan dipermukaan ke lapisan dibawahnya melalui celah-celah beton, mengurangi kecepatan erosi tanah, khususnya pada tanah yang miring dan menghambat penguapan air tanah dibawahnya, sehingga dapat menjaga kelembaban dan keseimbangan air tanah.

Pemanfaatan material geopolimer yang digunakan sebagai beton porous dalam penelitian ini untuk menghasilkan beton yang ramah lingkungan karena pada proses pembuatan beton geopolimer tidak terlalu memerlukan energi, seperti halnya proses pembuatan klinker semen portland yang memerlukan suhu hingga 1450 derajat Celsius. Pemanasan lebih kurang 60 derajat Celsius selama satu hari penuh sudah dapat dihasilkan beton geopolimer. Oleh karena itu, pembuatan beton geopolimer mampu menurunkan emisi gas rumah kaca yang diakibatkan oleh proses produksi semen hingga tersisa 20%.

Penelitian ini dilakukan untuk mencari nilai kuat tekan beton dan porositatis beton yang menggunakan material geopolimer.

Beton geopolimer terdiri atas agregat, waterglass, air, *fly ash*, *gypsum*, dan NaOH. Bahan dasar pengikat yang digunakan dalam pembuatan beton lulus air adalah abu terbang (*fly ash*). Abu terbang tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen portland. Tetapi dengan adanya air dan ukuran partikel yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan

mengikat. Karenanya, penambahan atau penggantian dengan abu terbang dibandingkan semen portland memiliki keunggulan lebih kuat, lebih tahan cuaca, lebih ringan, harganya relatif murah, dan berpotensi menambah keawetan beton tersebut.

Menurut Agusandra (2013) Hasil dari kuat tekan beton geopolimer dengan fly ash sebagai bahan pengganti semen, didapatkan nilai kuat tekan beton tertinggi beton *geopolymer* 141.037 kg/cm², pada perbandingan rasio aktivator Na₂SiO₃ : NaOH = 5 : 2 .

Sanggpramana (2011) dalam penelitian pembuatan beton *geopolymer* dengan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen, diperoleh grafik hubungan antara kuat tekan beton *geopolymer* terhadap perbandingan aktivator. Untuk beton *geopolymer* 70 : 30, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan perbandingan Na₂SiO₃:NaOH = 5:2 sebesar 141,037 kg/cm².

Geopolimer merupakan material ramah lingkungan yang biasa dikembangkan sebagai alternatif pengganti beton semen di masa mendatang. Bahan dasar utama pembuatan beton geopolimer adalah bahan yang banyak mengandung silikon dan aluminium. Unsur-unsur ini, diantaranya banyak terdapat pada material buangan hasil sampingan industri, seperti abu terbang (*fly ash*) sisa pembakaran batu bara. Material geopolimer ini jika digabungkan dengan agregat batuan batuan akan menghasilkan beton geopolimer tanpa perlu semen lagi. Sintesa geopolimer aluminosilikat membutuhkan dua konstituen utama dalam reaksi pencampuran, yaitu: (1) Prekursor yang kaya akan kandungan Al dan Si bentuknya dapat berupa tanah liat, slag, silica fume, fly ash dan (2) larutan alkali silikat activator yang digunakan bisa berupa larutan NaOH atau larutan KOH dan larutan sodium silikat atau potassium silikat.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang yang dimulai dari pemeriksaan material, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan pengujian benda uji.

Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan campuran bahan pengganti semen menggunakan material geopolimer pada benda uji silinder ukuran diameter 7,5 cm dan tinggi 15 cm dan dibuat variasi prosentase sebanyak 10%, 15%, 20%, 25% dan 30%. Jumlah benda uji yang di

digunakan dalam penelitian ini adalah 30 buah. di bagi menjadi 15 buah benda uji digunakan uji kuat tekan dan 15 benda uji digunakan untuk uji porousitas. Dengan jumlah yang sama dibuatlah benda uji beton dengan material semen sebagai perbandingan.

Tabel 1. Properti Benda Uji beton polymer

	Benda Uji Silinder Ø 7,5 x 15 cm				Beton	
					Kuat Tekan	Porousitas
Beton dengan material Geopolimer	Kerikil 90 %	Geopolimer 10 %			3	3
	7.276 kg	<i>Fly Ash</i>	0.460 kg	6%		
		NaOH	0.060 kg	1%		
		Waterglass	0.189 kg	2%		
		Air	0.020 kg	0%		
		Gypsum	0.067 kg	1%		
	Kerikil 85 %	Geopolimer 15 %			3	3
	7.276 kg	<i>Fly Ash</i>	0.694 kg	8%		
		NaOH	0.078 kg	1%		
		Waterglass	0.309 kg	4%		
		Air	0.035 kg	0%		
		Gypsum	0.127 kg	1%		
	Kerikil 80 %	Geopolimer 20 %			3	3
	7.040 kg	<i>Fly Ash</i>	0.894 kg	10%		
		NaOH	0.089 kg	1%		
		Waterglass	0.523 kg	6%		
		Air	0.052 kg	1%		
		Gypsum	0.190 kg	2%		
	Kerikil 75 %	Geopolimer 25 %			3	3
	6.804 kg	<i>Fly Ash</i>	1.160 kg	13%		
	NaOH	0.119 kg	1%			
	Waterglass	0.618 kg	7%			
	Air	0.070 kg	1%			
	Gypsum	0.253 kg	3%			
Kerikil 70 %	Geopolimer 30 %			3	3	
6.568 kg	<i>Fly Ash</i>	1.450 kg	16%			
	NaOH	0.149 kg	2%			
	Waterglass	0.772 kg	8%			
	Air	0.087 kg	1%			
	Gypsum	0.317 kg	3%			
Jumlah					30	

HASIL DAN PEMBAHASAN

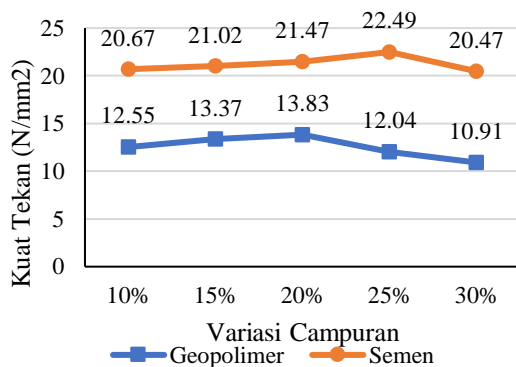
Kuat Tekan Beton

Ada beberapa variasi campuran yang digunakan dalam penelitian ini. Setiap variasi

menghasilkan kuat tekan beton yang berbeda. Hasil Pengujian kuat tekan beton tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi Campuran	Benda Uji	Luasan (mm ²)	Berat (kg)	Kuat Tekan			Kuat tekan rata-rata (N/mm ²)	Konversi	Kuat Tekan (N/mm ²)	
				KN	N	N/mm ²				
Geopolimer	10%	A	4415.625	1.055	58.7	58700	13.29	13.31	0.943	12.55
		B	4415.625	1.050	60.2	60200	13.63			
		C	4415.625	1.072	57.4	57400	13.00			
	15%	A	4415.625	1.088	63.5	63500	14.38	14.18	0.943	13.37
		B	4415.625	1.095	55.7	55700	12.61			
		C	4415.625	1.100	68.6	68600	15.54			
	20%	A	4415.625	1.177	68.1	68100	15.42	14.67	0.943	13.83
		B	4415.625	1.143	65.3	65300	14.79			
		C	4415.625	1.185	60.9	60900	13.79			
	25%	A	4415.625	1.191	52.5	52500	11.89	12.77	0.943	12.04
		B	4415.625	1.187	57.7	57700	13.07			
		C	4415.625	1.165	58.9	58900	13.34			
30%	A	4415.625	1.365	50.4	50400	11.41	11.56	0.943	10.91	
	B	4415.625	1.412	54.3	54300	12.30				
	C	4415.625	1.405	48.5	48500	10.98				
Semen	10%	A	4415.625	1.134	95.4	95400	21.61	21.91	0.943	20.67
		B	4415.625	1.150	98.4	98400	22.28			
		C	4415.625	1.147	96.5	96500	21.85			
	15%	A	4415.625	1.285	89.6	89600	20.29	22.29	0.943	21.02
		B	4415.625	1.290	98.4	98400	22.28			
		C	4415.625	1.297	107.3	107300	24.30			
	20%	A	4415.625	1.360	94.4	94400	21.38	22.77	0.943	21.47
		B	4415.625	1.354	97.7	97700	22.13			
		C	4415.625	1.375	109.5	109500	24.80			
	25%	A	4415.625	1.400	108.4	108400	24.55	23.85	0.943	22.49
		B	4415.625	1.435	105.5	105500	23.89			
		C	4415.625	1.413	102.1	102100	23.12			
30%	A	4415.625	1.500	96.2	96200	21.79	21.70	0.943	20.47	
	B	4415.625	1.625	98.8	98800	22.38				
	C	4415.625	1.515	92.5	92500	20.95				



Gambar 1. Grafik Perbandingan Kuat Tekan

Dari pembacaan grafik kuat tekan, yaitu pada gambar 1, data prosentase pengganti material semen menggunakan material Geopolimer teroptimal pada prosentase 20% dengan kuat tekan hancur = 13.83 (N/mm²), sedangkan pada variasi penambahan 25% dan

30% mengalami penurunan kuat tekan menjadi 12.04 (N/mm²) dan 10.91 (N/mm²). Akan tetapi, kenaikan justru terlihat pada variasi material semen teroptimal pada prosentase 25%, dimana kuat tekan hancur = 22.49 (N/mm²). Kuat tekan beton dengan material geopolimer lebih kecil di bandingkan material semen diakibatkan terbentuknya sebruk warna putih pada pembuatan beton geopolimer akan menyebabkan turunnya kuat tekan beton. Hal ini disebabkan karena konsentrasi waterglass (Na₂SiO₃) pada pembuatan beton yang tinggi menyebabkan Natrium yang berada dalam waterglass (Na₂SiO₃) bereaksi dengan CO₂ di udara menghasilkan Natrium karbonat (sebuk putih).

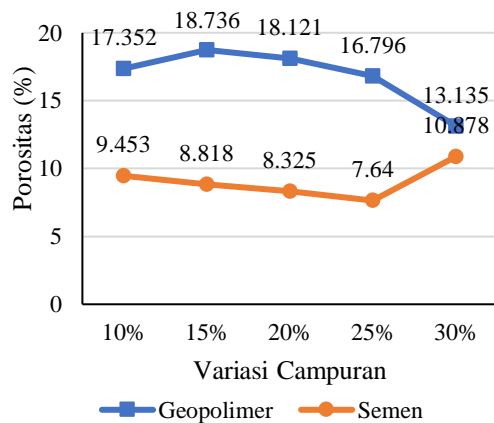
Porousitas Beton

Nilai porousitas beton disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Porousitas Beton

Variasi Campuran	Benda Uji	Berat Kering Oven (gr)	Berat Beton dalam Air (gr)	Berat Beton Kondisi SSD (gr)	Porositas (%)	Porositas Rata-rata	
Geopolimer	10%	A	1191	716	1251	11.215	17.352
		B	1187	725	1302	19.931	
		C	1165	730	1280	20.909	
	15%	A	1088	667	1157	14.082	18.736
		B	1095	660	1210	20.909	
		C	1100	673	1215	21.218	
	20%	A	1177	706	1247	12.939	18.121
		B	1143	715	1258	21.179	
		C	1185	732	1300	20.246	
	25%	A	1191	716	1265	13.479	16.796
		B	1187	725	1275	16.000	
		C	1165	730	1280	20.909	
	30%	A	1365	795	1413	7.767	13.135
		B	1412	803	1527	15.884	
		C	1405	790	1520	15.753	
Semen	10%	A	1134	705	1186	10.811	9.453
		B	1150	712	1199	10.062	
		C	1147	665	1186	7.486	
	15%	A	1500	892	1562	9.254	8.818
		B	1625	968	1685	8.368	
		C	1515	875	1577	8.832	
	20%	A	1400	842	1452	8.525	8.325
		B	1435	823	1480	6.849	
		C	1413	801	1478	9.601	
	25%	A	1360	805	1398	6.408	7.640
		B	1354	845	1403	8.781	
		C	1375	814	1422	7.730	
	30%	A	1285	785	1350	11.504	10.878
		B	1290	791	1370	13.817	
		C	1297	714	1343	7.313	

Dari hasil perhitungan di dapatkan grafik seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Porositas

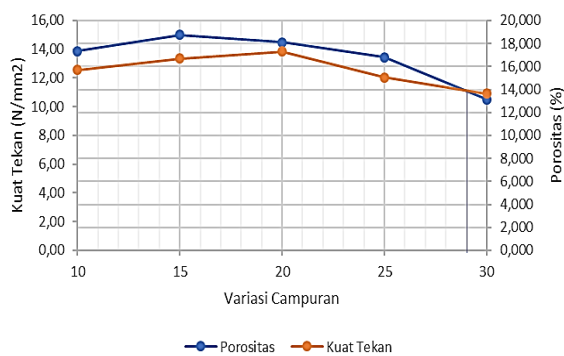
Pada penelitian uji porositas ini diketahui bahwa penggunaan bahan material geopolimer dengan variasi 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% memberikan kenaikan porositas masing-masing sebesar 17.352%, 18,736%, 18.121% kemudian turun hingga 13.135%, pengujian tersebut cocok dengan judul yang menunjukkan bahwa beton bersifat porous.

Sedangkan dari pembacaan grafik porositas dengan material geopolimer, yaitu pada gambar 2, dapat dilihat kenaikan yang signifikan ditunjukkan pada material geopolimer variasi campuran 15%, sedangkan yang menggunakan material semen dapat ditarik kesimpulan pembacaan hasil porositas yang konstan.

Dari hasil penelitian uji porosititas yang telah dilakukan bahwa adanya penggunaan semen dapat mengurangi nilai porosititas pada beton. Beton akan menjadi kedap air, karena penyerapan air tergantung pada pori-agregat pengisinya.

Penentuan Kadar Optimum Geopolimer

Berdasarkan grafik hubungan variasi campuran geopolimer dengan porosititas dan kuat tekan beton, diperoleh variasi campuran geopolimer optimum pada 29%, dengan kuat tekan beton 11 N/mm² dan porosititas beton 14%, seperti yang terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Penentuan variasi campuran geopolimer

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil kuat tekan beton geopolimer tertinggi pada prosentase variasi 20% dengan kuat tekan hancur = 13.83 (N/mm²), dan hasil porosititas tertinggi pada prosentase variasi 15% dengan nilai porosititas sebesar 18.736%. Di dapat variasi campuran geopolimer optimum pada 29%, dimana diperoleh nilai kuat tekan beton 11 N/mm² dan porosititas beton 14%.

Saran

1. Perlu ditemukan metode atau cara yang cocok untuk mengurangi kehilangan air selama proses curing, agar terjadi proses polimerisasi yang sempurna.
2. Perlu ditemukan bahan tambah (Admixture) untuk mendapatkan kuat tekan, daya serap air, dan workability yang diinginkan pada pembuatan beton beton dengan material geopolimer.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusandra, A. (2013). *Beton Polimer*. <http://senyum-itu.blogspot.co.id/2013/11/beton-polimer.html>. Diakses pada tanggal 11 Februari 2017.
- Anonim. (2011). *Repot On Pervious Concrete*. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA. ASTM Designation. C 39–94. 2005. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*. SNI – 03-6825-2002.
- Departemen Of Transportation. (2010). *Geopolymer Concrete*. Concrete Pavement Technology program.
- Davidovits, J. (2008). *Geopolymer : Chemistry and Applications*. Perancis: Geopolymer Institute.
- Sanggapramana. (2011). *Beton Geopolimer*. <https://sanggapramana.wordpress.com/2011/02/15/beton-geopolimer/>. Diakses pada 20 Februari 2017.
- Priyadarshana, T. Jayathunga, T., Dissanayake, R. *Pervious Concrete – A Sustainable Choice In Civil Engineering And Construction*. Sri Lanka.
- Yusuf. L. (2006). Materi Kuliah Metode Konstruksi. "Construction Method Rigid Pavement".