

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

# REKATS



# UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 10 - 15	SURABAYA 2018	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	---------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

## TIM EJOURNAL

### **Ketua Penyunting:**

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

### **Penyunting:**

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

### **Mitra bestari:**

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

### **Penyunting Pelaksana:**

1. Gde Agus Yudha Prawira A, S.T., M.T.
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

### **Redaksi:**

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

**Website:** [tekniksipilunesa.org](http://tekniksipilunesa.org)

**Email:** [REKATS](mailto:REKATS)

## DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL..... i

DAFTAR ISI..... ii

- Vol. 01 Nomor 01/rekat/18 (2018)

PENGARUH PERSENTASE COAKAN PADA DENAH BANGUNAN STRUKTUR *FLATSLAB*  
TERHADAP GAYA GESER DAN SIMPANGAN

*Wahyu Putra Anggara, Bambang Sabariman, ..... 01 – 09*

PENGARUH SUBSTITUSI FLY ASH DENGAN LIMBAH MARMER TERHADAP KUAT TEKAN DAN  
POROSITAS BETON GEOPOLIMER PADA NaOH 15M

*Binti Nur Fitriahsari-Arie Wardhono, ..... 10 – 15*



UNESA

Universitas Negeri Surabaya

## PENGARUH SUBSTITUSI FLY ASH DENGAN LIMBAH MARMER TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON GEOPOLIMER PADA NaOH 15M

Binti Nur Fitriahsari

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Binti.n.ftriahsari@gmail.com

### Abstrak

Belakangan ini, isu pemanasan global menjadi perhatian di dunia. Hal ini berdampak pada tuntutan akan *green building* terutama pada *green material construction*. Salah satu alternatif guna mengatasi dampak negatif dari produksi Semen Portland (PC) adalah menggunakan beton geopolimer. Beberapa peneliti menyebutkan bahwa beton geopolimer berpotensi menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik dengan adanya kandungan CaO pada *fly ash* dan dengan cara meningkatkan konsentrasi larutan NaOH. Limbah marmer memiliki kandungan CaO tinggi sebesar 98,63%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi *fly ash* dengan limbah marmer pada NaOH 15M terhadap kuat tekan dan porositas beton geopolimer. Pengujian dilakukan pada silinder dia. 10cm dan tinggi 20cm dengan variasi persentase substitusi sebesar 10%, 30% dan 50%. Larutan alkali aktifator menggunakan molaritas 15M dan perbandingan SS/SH (Sodium Silikat : Sodium Hidroksida) 1 : 1,5. Beton diuji pada umur 7 dan 28 hari dengan masing-masing 3 benda uji. Metode pembuatan dan pengujian berstandar pada SNI serta mix design mengacu pada Nart and Sharker. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan dan porositas yang maksimal terjadi pada substitusi 10%. Hasil kuat tekan beton geopolimer pada umur 28 hari dengan substitusi sebesar 0%, 10%, 30% dan 50% berturut-turut adalah 23.01 MPa, 31.83 MPa, 27.86 MPa, 19.72 MPa, dan porositas beton geopolimer sebesar 3.2%, 2.4%, 5.1%, dan 6.7%.

**Kata Kunci:** beton geopolimer, limbah marmer, *fly ash*, kuat tekan, porositas, aktifator.

### Abstract

*In recent years, issues of global warming is a concern in the world. This has an impact on the demand for green building mainly in green construction materials. One alternative to overcome the negative impact of the production of Portland cement (PC) is using geopolymer concrete. Some researchers say that the geopolymer concrete could potentially result in better mechanical properties by addition to the content of CaO in the fly ash and by increasing the concentration of NaOH solution. A marble waste production has a high CaO content of 98.63%. This study was aimed to determine the effect of substituting fly ash with marble waste in NaOH 15M of compressive strength and porosity geopolymer concrete. Tests carried out on cylinders dim. 10cm and 20cm high with a substitution percentage variation that is used by 10%, 30% and 50%. Alkaline activator solution using 15M molarity ratio SS / SH (Sodium Silicate: Sodium Hydroxide) 1: 1.5. Test carried of Specimen at the age of 7 and 28 days with each of the three test specimens. Methods of making and testing standards of the SNI and mix design refers Nart and Sharker. The results showed that the compressive strength and porosity m occurs at 10% substitution. The results of compressive strength of geopolymer concrete at 28 days with the substitution of 0%, 10%, 30% and 50% respectively is 23.01 MPa, 31.83 MPa, 27.86 MPa, 19.72 MPa, and the porosity of the geopolymer concrete at 3.2%, 2.4%, 5.1%, and 6.7% .*

**Keywords:** geopolymer concrete, marble waste, fly ash, compressive strength, porosity, activator.

### PENDAHULUAN

Belakangan ini, isu ramah lingkungan menjadi perhatian di dunia. Hal ini berdampak pada tuntutan akan *green building* yang mengharuskan pelaku dalam pengembangan pembangunan untuk tidak hanya menerapkan *green construction* tetapi juga *green material construction* pada konstruksi.

Di Indonesia sendiri, beton masih banyak diminati sebagai bahan baku pada konstruksi karena memiliki sifat yang mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Meningkatnya permintaan kebutuhan akan beton juga berdampak pada meningkatnya produksi Semen Portland. Secara keseluruhan, produksi semen dunia memberikan kontribusi 1,6 ton juta ton karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) atau sekitar 7% dari pelepasan CO<sub>2</sub> ke atmosfer (Metha, 2001; Malhotra, 1999; 2002)

Salah satu alternatif guna mengatasi kondisi tersebut, adalah dengan menggunakan beton geopolimer sebagai pengganti beton. Beton geopolimer merupakan perkembangan dari teknologi beton ramah lingkungan yang tidak menggunakan Semen Portland (PC) sebagai bahan pembentuk beton melainkan menggunakan bahan yang mengandung silica dan alumina dengan cairan alkalin untuk dijadikan sebagai bahan pengikat. Beton geopolimer berpotensi menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik dengan cara meningkatkan konsentrasi larutan NaOH. Beberapa peneliti juga telah melakukan rekayasa material demi memperbaiki sifat mekanik beton geopolimer. Salah satunya dengan menambahkan bahan yang mengandung CaO pada beton geopolimer. Johannes dan Surya (2007) menyebutkan kuat tekan beton geopolimer yang lebih besar dengan menggunakan fly ash tipe C dibanding tipe F.

Menurut hasil pengujian pada Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang (2015) kandungan CaO juga terdapat pada limbah marmer dengan prosentase 98,63 %. Limbah marmer merupakan buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi industri marmer. Marmer memiliki kandungan unsur utama CaO yang tinggi dikarenakan marmer merupakan metamorfosa batu gamping yang mengalami kenaikan temperatur dan tekanan dari gaya endogen. Penelitian tentang pemanfaatan limbah marmer dalam dunia konstruksi terutama pada beton sudah banyak dilakukan dan terbukti dapat menambah kuat tekan beton konvensional.

Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh substitusi fly ash dengan limbah marmer dan penggunaan konsentrasi larutan NaOH diatas 12,5 M terhadap sifat mekanik beton geopolimer. Mengingat marmer memiliki karakteristik kandungan Cao seperti kapur. Selain itu marmer juga memiliki keunggulan pada kuat tekan dan geser yang cukup tinggi, hal ini diharapkan dapat membentuk ikatan polimer sehingga memperbaiki kuat tekan dan porositas beton geopolimer.

## METODE

1. Bahan
  - a. Limbah marmer : PT. IMIT (Industri Marmer Indonesia Tulungagung)
  - b. Agregat halus : Pasir Lumajang
  - c. Agregat kasar : Mojokerto
  - d. Fly Ash : PLTU Paiton
  - e. Air : Air bersih laboratorium



Gambar 1. Limbah Marmer dan fly ash

2. Alat uji tekan menggunakan Hidraulic Universal Testing Machine WE-600B, 360V.



Gambar 2. Mesin kuat tekan

## Alur Penelitian



Gambar 3. Metode Penelitian

1. Persiapan Alat dan bahan
  - a. Penimbangan bahan dan persiapan bahan
  - b. Pembuatan Larutan Sodium hidroksida.
    - i. Untuk 15M, siapkan 1 liter aquades, timbang 300 gram NaOH dengan perhitungan rumus sebagai berikut :
 
$$n \text{ mol} = V \times M \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Massa NaOH} = n \text{ mol} \times M_r \dots\dots\dots(2)$$
 Dimana :
      - n : Jumlah mol dalam larutan ( mol )
      - M : Molaritas ( mol / liter )

V : Volume ( liter )  
 Mr : Massa molekul relative(gram/mol)

- ii. Larutkan NaOH dengan aquades, tutup dengan wrap biarkan panasnya reda kemudian simpan di tempat dengan suhu normal. Larutan hidroksida siap digunakan setelah mengalami penyimpanan selama 24 jam.
2. Pengujian material
- a. Pengujian agregat, meliputi :

Tabel 1. Standarisasi pada pengujian agregat

Analisa	SNI	ASTM
Berat Jenis	03-1970-1990	C 128 - 01
Penyerapan Air	03-1970-1990	C 117 - 03
Analisa Ayakan	03-1968-1990	C 136 - 01
Berat Volume	03-4804-1998	29/C 29M 1997
Kadar Lumpur	03-4141-1996	C 117 - 03

- b. Pengujian kandungan kimia limbah marmer
  - c. Pengujian kandungan kimia fly ash
3. Mix Design  
 Perhitungan *mix design* dibuat berdasarkan pada penelitian Nath & Sarker (2014)

Tabel 2. Mix Design

Kode	Agegat Kasar	Agregat Halus	Fly Ash	Limbah Marmer	Aktivator	
					S. Silikat	S. Hidrok
OPC	K-225					
Mix 0	3,0225	1,628	1,000	0,000	0,240	0,160
Mix 1	3,0225	1,628	0,900	0,100	0,240	0,160
Mix 2	3,0225	1,628	0,700	0,300	0,240	0,160
Mix 3	3,0225	1,628	0,500	0,500	0,240	0,160

Tabel 3. Jumlah sample penelitian

Kode	Spesifikasi	Umur Pengujian (hari)		Uji Kuat Tekan	Uji Porositas
		7	28		
OPC	beton PC	3	3	6	6
Mix 0	Subs. LM 0%	3	3	6	6
Mix 1	Subs. LM 10%	3	3	6	6
Mix 2	Subs. LM 30%	3	3	6	6
Mix 3	Subs. LM 50%	3	3	6	6
Total Benda Uji				30	30

4. Pembuatan Benda Uji  
 Berikut ini adalah langkah pembuatan adonan beton untuk silinder;
- a. Siapkan alat dan bahan
  - b. Bahan Fly ash + pasir + dan limbah marmer di aduk dalam mixer sampai homogen. Masukkan krikil dan agregat ke dalam molen, sampai tercampur
  - c. Tuang larutan activator, kemudian mixer.
  - d. Lakukan slump test sesuai dengan SNI 1972:2008.
  - e. Cetak dalam molding. Penuangan adukan beton ke dalam cetakan harus lapis demi lapis dengan ketentuan tiap lapis 1/3 dari tinggi molding harus di rojok dan pukuk pukuk dengan palu bada bagian sisi molding .

f. Setelah dipadatkan permukaan harus diratakan dengan alat roskam sampai rata dengan sisi atas cetakan dan tidak terjadi penyimpangan lebih dari 3,2 mm. Lepas molding setelah berumur 1 hari dan beri tanda.

- 5. Perawatan Benda Uji (*curing*)  
 Benda uji yang sudah dilepas dari cetakan, diletakkan di ruangan dengan suhu normal sampai waktu pengujian tiba.
- 6. Pengujian Benda Uji

Tabel 4. Standarisasi pengujian

Pengujian	Standart Pengujian
Vikat	SNI 03-6825-2002
Kuat Tekan	SNI 03-1974-1990
Porositas	SNI 03-6433-2000

7. Pengolahan Data
- a. Hasil penelitian uji Kuat tekan dihitung dalam:  
 $F_c' = P/A$ .....(3)  
 dimana,  $f_c'$  = kuat tekan (N/mm<sup>2</sup>)  
 P = beban (N)  
 A = luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)
  - b. Hasil penelitian porositas di hitung dalam :  
 $n = \frac{C - A}{C - D} \times 100\%$  .....(4)  
 Dimana, n : Porositas benda uji (%)  
 A : Berat kering oven benda uji ( kg);  
 C : Berat beton jenuh air (kg)  
 D : Berat beton dalam air (kg).

8. Kesimpulan dan Saran  
 Penulisan laporan disertai hasil pengujian sehingga memunculkan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN Pengujian Material

Tabel 5. Hasil uji flouresensi sinar-X (XRF) abu terbang ,  
 Limbah Mamer dan Pasir Lumajang

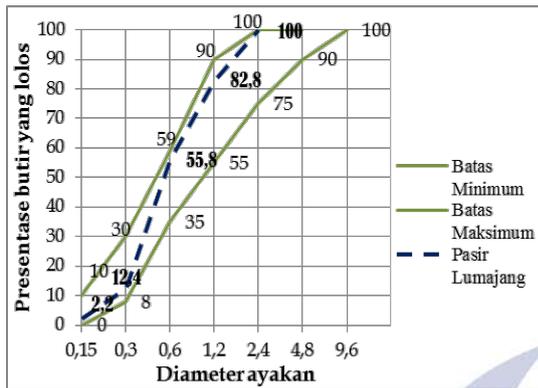
OKSIDA	Fe	Ca	Si	Al	Cu	Mo	Yb	K
fly ash	54,62	18,3	13,4	4,9	0,09	2,5	-	1,4
limbah marmer	0,46	98,52	-	-	0,05	0,28	0,68	-
pasir lumajang	44,1	19,7	19,4	6,9	0,37	-	-	2,04

Dari tabel 4, jenis fly ash yang di gunakan dalam penelitian ini masuk dalam kelas C karena memiliki Ca > 10%. Hasil pengujian gradasi dapat disimpulkan bahwa gradasi pasir Lumajang termasuk dalam zona 2.

Tabel 6. Hasil analisa ayakan Pasir lumajang

Aayakan No	Tertinggal		Kumulatif	
	Gram	%	Tertinggal	Losos
4	0	0	0	100
8	0	0	0	100
16	86	17,2	17,2	82,8
30	135	27	44,2	55,8
50	217	43,4	87,6	12,4
100	51	10,2	97,8	2,2
Pan	11	2,2	0	0
Jumlah	500	100	246,8	

nilai FM (Fineness Modulus) pada pasir Lumajang adalah  $246,8 : 100 = 2,47$ . FM untuk pasir berkisar antara 2.3 – 3.1, dimana jika FM makin besar, maka pasir tersebut semakin kasar



Gambar 4. Gradasi Pasir Lumajang

Tabel 7. Hasil uji Sifat fisik pasir lumajang

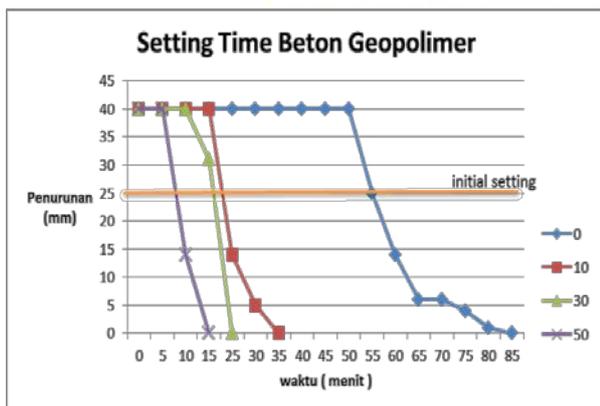
Analisa	Pasir Lumajang	SNI	ASTM
Berat Jenis (gram/cm <sup>3</sup> )	2,635	≥ 2,5	2,4 - 2,7
Penyerapan Air (%)	4,17	< 5	1 - 4
Analisa Ayakan ( Zona 2 menurut SNI )			
Berat Volume (gram/cm <sup>3</sup> )	1,76	1,5 - 2,0	1,25
Kadar Lumpur (%)	4,17	< 5	< 5

### Setting Time

Hasil pengujian vikat bahwa beton geopolimer substitusi *fly ash* dengan limbah marmer memiliki jangka waktu yang sangat pendek.

Tabel 8. Hasil pengujian setting time awal dan akhir beton geopolimer

Variasi	Waktu ikat awal	Waktu ikat akhir
Subtitusi 0%	55 menit	83 menit
Subtitusi 10%	25 menit	33 menit
Subtitusi 30%	19 menit	23 menit
Subtitusi 50%	10 menit	13 menit



Gambar 5. Grafik Setting-Time Beton Geopolimer

dilihat dari grafik penurunannya cenderung tajam. Kondisi ini di sebabkan kandungan Ca yang tinggi akan berpengaruh pada waktu pengerasan pada beton geopolimer, karena semakin banyak substitusi yang dilakukan maka semakin banyak pula tingkat kelarutan dari CaO dan akan menghasilkan panas yang berpengaruh pada penguapan air (H<sub>2</sub>O) sehingga beton geopolimer memiliki sifat cepat mengeras.

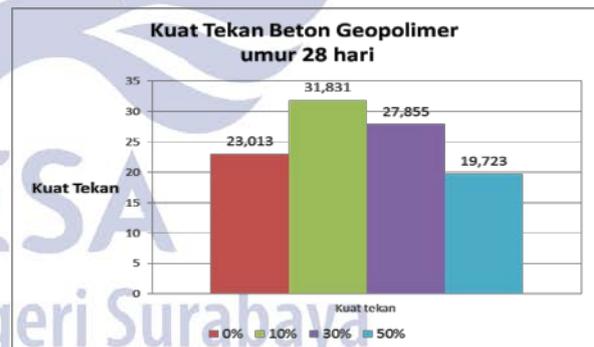
### Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan beton silinder dapat digunakan sebagai penentuan kualitas beton tersebut. SNI 2-1971 menyebutkan bahwa pada umur beton 28 hari kekuatan beton mencapai 100%. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f<sub>c</sub>) pada saat regangan ±0,002 yang dicapai benda uji umur 28 hari (Dipohusodo, 1994). Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada umur 28 hari, menunjukkan bahwa peningkatan kuat tekan yang signifikan terjadi pada substitusi 10%.

Proses kimia pembentukan kapur menurut **Tjokrodinuljo, 1992 dalam Fathani, 1998** dapat ditulis sebagai berikut :



Kandungan CaO yang tinggi pada limbah marmer, ketika dengan air (H<sub>2</sub>O) akan menghasilkan kalsium hidroksida Ca(OH)<sub>2</sub> dan mengeluarkan kalor, kalsium hidroksida Ca(OH)<sub>2</sub> ini akan mengikat karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) akan menghasilkan terbentuknya struktur CaCO<sub>3</sub> yang bersifat keras dan tidak larut dalam air sehingga meningkatkan sifat mekanik dan mikrostruktur.



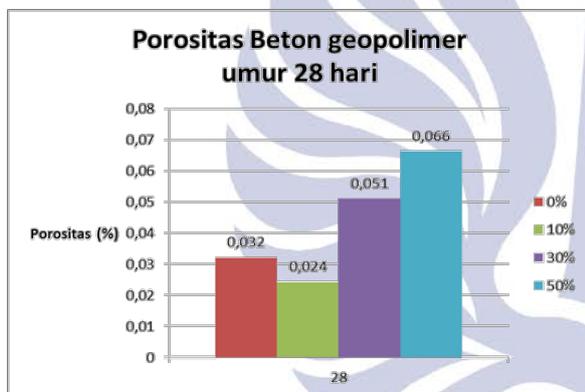
Gambar 6. Kuat Tekan Beton Geopolimer umur 28 hari

Namun penambahan substitusi lebih dari 10% akan menurunkan nilai kuat tekan pada beton. Hal ini bisa disebabkan berkurangnya kandungan senyawa Si dan Al pada fly ash karena digantikan oleh Ca pada limbah marmer sehingga ikatan geopolimer berkurang. Kandungan Fe yang tinggi pada fly ash juga berpengaruh pada kuat tekan, menurut **Hary Olya Ardiansyah**, adanya rekasi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terhadap udara membentuk Fe(OH)<sub>2</sub> menghasilkan gelembung udara dalam pengadukan adonan. Jika pengerasan semakin cepat, maka gelembung udara tidak memiliki kesempatan untuk keluar yang

nantinya berakibat pada terperangkapnya udara dalam beton sehingga beton cenderung berongga dan memiliki kuat tekan rendah.

### Porositas

Pengujian porositas dilakukan untuk membantu mengetahui besar pori pada beton geopolimer. Beton yang baik adalah beton yang memiliki porositas rendah. Porositas yang rendah menunjukkan bahwa beton tersebut memiliki kepadatan yang sangat baik dan akan bersifat kedap air. Porositas yang rendah beton akan cenderung kedap terhadap senyawa kimia (asam, basa, normal) yang terkandung dalam air sehingga akan menghambat adanya reaksi antara komponen beton dengan fluida atau serangan lingkungan yang nantinya juga berdampak pada durabilitas beton tersebut. Nilai porositas terendah terjadi pada substitusi 10% porositas dan akan meningkat jika substitusi ditambahkan. Hal ini berhubungan juga dengan nilai setting time, semakin pendek nilai setting time nya maka semakin besar pula porositasnya



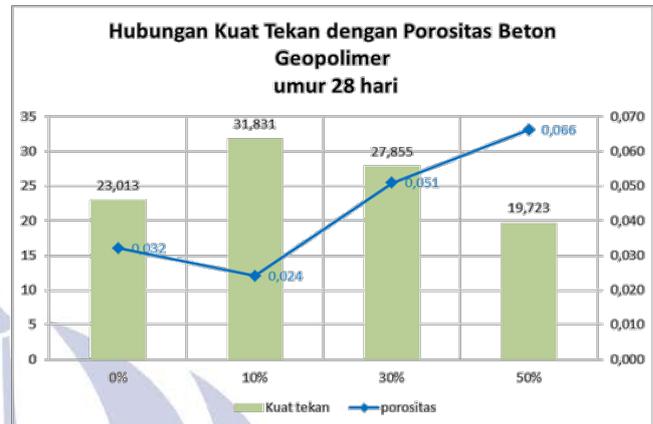
Gambar 7. Porositas Beton Geopolimer umur 28 hari

### Hubungan Kuat Tekan dengan Porositas Beton Geopolimer

Peningkatan persentase porositas memiliki keterkaitan terhadap penurunan kuat tekan maupun kuat tarik beton karena porositas beton menggambarkan kepadatan konstruksi beton. **Retno Anggraini (2008)**, meningkatnya nilai porositas menunjukkan bahwa beton memiliki pori yang cukup besar akibat terjadinya penguapan air dan pemuai material pengisi beton, ini merupakan salah satu penyebab turunya kualitas beton dalam memikul beban, khususnya kemampuan beton dalam memikul beban tekan.

Nilai kuat tekan beton geopolimer berbanding terbalik dengan porositas. Semakin kecil porositas menunjukkan bahwa beton memiliki kepadatan yang tinggi sehingga beton dapat menerima beban yang lebih besar. Limbah marmer yang bereaksi dengan H<sub>2</sub>O akan menggumpal dan mengeras nantinya akan mengisi pori-

pori yang lebih kecil dari material lainnya sehingga beton lebih padat. Namun kepadatan maximum hanya pada substitusi 10%, jika di lakukan substitusi lebih dari 10% porositas beton akan mengalami peningkatan.



Gambar 8. Hubungan kuat tekan dan porositas beton Geopolimer umur 28 hari

### PENUTUP

#### Simpulan

Kesimpulan berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan adalah sebagai berikut;

1. Di tinjau dari kuat tekan, disimpulkan bahwa substitusi limbah marmer terhadap fly ash dapat menambah kuat tekan beton karena adanya reaksi kimia antara Ca dengan H<sub>2</sub>O menghasilkan CaCO<sub>3</sub> yang bersifat keras. Namun semakin tinggi presentase substitusi limbah marmer terhadap fly ash maka kuat tekan beton akan semakin menurun. Jika di tinjau dari porositasnya, bahwa substitusi limbah marmer terhadap fly ash dapat memperkecil porositasnya namun semakin tinggi presentase substitusi limbah marmer terhadap fly ash maka justru akan memperbesar porositasnya.
2. Komposisi yang paling maximal substitusi limbah marmer terhadap fly ash pada beton geopolimer ditinjau dari kuat tekan dan porositas nya adalah 10%, karena dari hasil penelitian dengan substitusi 10% mempunyai kuat tekan yang tinggi sebesar 31,83MPa dengan porositas yang rendah sebesar 0,024% di umur 28 hari\

#### Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan persentase substitusi antara 5-15%, karena dari hasil penelitian yang telah dilakukan campuran yang paling optimum adalah penggunaan substitusi fly ash 10% dengan limbah marmer.
2. Dapat dikembangkan lagi penelitian tentang beton geopolimer dengan substitusi limbah marmer pada

pengandaian setting-time untuk mendapatkan kuat tekan yang lebih maximal dengan porositas rendah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Davidovits, J., 1999. *Chemistry of Geopolymer System, Terminology*. Paper presented at the Geopolymer '99 International conference, Saint-Quentin, France.
- Istiqomah, Shanti Kurnia. 2013. *Pengaruh Limbah Marmer Sebagai Bahan Pengisi Pada Beton (175S)*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7) Universitas Sebelas Maret (UNS).
- Manuahe, Riger. Sumajouw, Marthin D.J. Windah, Reky S. 2014. "Kuat tekan beton geopolymer berbahan dasar abu terbang (*fly ash*)". *Jurnal Sipil Statik Vol. 2 No. 6*. hal. 277-282.
- Nart, P, and PK Sharker.2014."Effect of GGBFS on setting, workability and early strength properties of fly ash geopolymer concrete cured in ambient condition". *Jurnal Construction and Building Materials 66 (2014)*. Hal 163-171.
- Olya Adriansyah,Hary,2012. *Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Penambahan Silica Fume Terhadap Karbonisasi dan Kekuatan Pasta Geopolimer*. Depok: Thesis Universitas Indonesia.
- Pujianto, As'at., Anzila NA, & Martyana,Hendra. 2013. *Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Bahan Utama Bubuk Lumpur Lapindo dan Kapur (155M)*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7) Universitas Sebelas Maret (UNS).
- Risnareni , Puput ., Triwulan &Januarti Jaya Ekaputri. 2014. *Pengaruh Molaritas Aktifator Alkalin Terhadap Kuat Mekanik Beton Geopolimer Dengan Tras Sebagai Pengisi*. Seminar Nasional X – 2014 Teknik Sipil ITS Surabaya Inovasi Struktur dalam Menunjang Konektivitas Pulau di Indonesia.
- Wardhono et al. 2015. " Flexural Strenght Of Low Calcium Class F Fly Ash-Based Geopolymer Concrete In Long Term Performance". *Jurnal Procedia Engineering*. Hal : 650-656
- Wardhono, Arie, David W. Law, Tom. C.K Molyneaux. 2012. " Strenght Of Alkali Activated Slag And Fly Ash-Based Geopolimer Mortar". *Jurnal researchgate*.
- Wardhono, Arie.2015. "*The Durability Of Fly Ash Geopolymer And Alkali-Activated Slag Concretes*". Melbourne : RMIT University.