



PENGARUH JUMLAH PASTA TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER

Rachmansyah¹, Bethalia Adventi Auditia¹, Harianto Hardjasaputra²

¹Universitas Kristen Krida Wacana, ²Universitas Pembangunan Jaya

Surrel : rachmansyah@ukrida.ac.id

Disetujui : 01 Juni 2021

ABSTRAK

Beton adalah material bangunan yang sering digunakan dalam pekerjaan sipil. Beton terbentuk dari ikatan antara pasta dengan agregat yang setelah mengering akan menghasilkan suatu massa yang padat. Pasta yang terdiri dari campuran air dengan semen mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan beton. Pada perancangan beton semen, nilai rasio air-semen yang kecil akan menghasilkan nilai kuat tekan yang tinggi. Jumlah pasta pada beton, akan di pengaruhi seberapa besar rasio air-semen nya, semakin kecil rasio air-semen akan meningkatkan jumlah pasta yang secara tidak langsung akan meningkatkan pula nilai kuat tekan pada beton. Pada beton geopolimer, pasta geopolimer terdiri campuran material alumina-silikat dengan larutan alkali yang fungsi nya sama dengan pasta pada beton semen. Apabila dilihat dari fungsi pasta geopolimer hampir sama dengan pasta pada beton semen, dapat diperkirakan bahwa pasta geopolimer dapat meningkatkan kuat tekan pada beton. Tujuan pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jumlah pasta geopolimer terhadap kuat tekan beton geopolimer, dengan NaOH molaritas 6 dan dirawat pada oven selama 24 jam dengan suhu 60-70 °C. Variasi jumlah pasta yang akan diteliti dari 500 - 700 kg/m³ dengan kelipatan 50 kg/m³. Kuat tekan terkecil sebesar 23,90 MPa pada pasta 500 kg/m³ dan kuat tekan terbesar 47,50 MPa pada pasta 700 kg/m³. Dari hasil kuat tekan yang didapatkan, semakin banyaknya pasta pada beton geopolimer akan meningkatkan pula nilai kuat tekan beton. Setiap penambahan jumlah pasta sebesar 50 kg/m³, dapat meningkatkan kuat tekan beton 10 - 30 %.

Kata Kunci : Beton Geopolimer, Kuat Tekan, dan Pasta Geopolimer,

ABSTRACT

Concrete is a building material that is often used in civil works. Concrete is formed from the bond between the paste and the aggregate which after drying will produce solid mass. Pastes consisting mixture of water and cement have an effect on the compressive strength of concrete. In the design of cement concrete, a small value of the water-cement ratio will result in a high compressive strength value. The amount of paste in concrete, will be influenced by how much the water-cement ratio is, the smaller the water-cement ratio will increase the amount of paste which will indirectly increase the compressive strength of the concrete. In geopolimer concrete, geopolimer paste consists of a mixture of alumina-silicate material with an alkaline solution whose function is the same as paste in cement concrete. When viewed from the function of geopolimer paste, which is almost the same as paste in cement concrete, it can be estimated that geopolimer paste can increase the compressive strength of concrete. The purpose of this study was to determine how much influence the amount of geopolimer paste had on the compressive strength of geopolimer concrete, with 6 molarity NaOH and treated in an oven for 24 hours at a temperature of 60-70 °C. The variation in the amount of pasta to be studied is from 500-700 kg/m³ with multiples of 50 kg/m³. The smallest compressive strength is 23.90 MPa at 500 kg/m³ paste and the largest compressive strength is 47.50 MPa at 700 kg/m³ paste. From the results of the compressive strength obtained, the more paste on the geopolimer concrete will also increase the value of the compressive strength of the concrete. Each addition of 50 kg/m³ of paste can increase the compressive strength of concrete by 10-30%.

Keywords: Geopolymer Paste, Geopolymer Concrete, Compressive Strength

1. Pendahuluan

Pasta pada beton semen terdiri dari campuran semen dengan air. Pasta ini berfungsi untuk mengikat agregat yang terdapat pada beton dan juga sebagai material utama yang sangat mempengaruhi kekuatan pada beton. Pada perancangan beton semen jumlah pasta akan dipengaruhi oleh jumlah air yang digunakan dan nilai rasio air-semen (w/c), nilai rasio w/c yang kecil akan menghasilkan kebutuhan semen yang tinggi dengan jumlah air yang sama. Dengan meningkatnya semen, akan meningkatkan pula jumlah pasta pada beton. Dari hubungan antara rasio w/c terhadap kekuatan beton, semakin kecil w/c atau semakin besar kebutuhan semen akan meningkatkan kekuatan pada beton.

Dari beberapa hasil penelitian beton geopolimer yang sudah ada dan banyak diteliti, kekuatan beton geopolimer dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain mutu atau jenis abu terbang molaritas Natrium Hidroksida (NaOH), rasio antara Natrium Silikat (Na_2SiO_3), rasio antara material aluminasilikat dengan larutan alkali dan metode perawatan. Belum terdapat atau masih sedikit peneliti melakukan atau menganalisa, apakah pengaruh jumlah pasta dapat meningkatkan mutu beton geopolimer. Dikarenakan juga masih belum terdapatnya standar perancangan beton geopolimer yang baku, maka pengaruh jumlah pasta tidak dapat dianalisa seperti pada perancangan beton semen.

Apabila dilihat dari fungsi pasta geopolimer hampir sama dengan pasta pada beton semen, dapat diperkirakan bahwa pasta geopolimer dapat meningkatkan kekuatan pada beton, tetapi untuk meyakinkan harus dilakukan pembuktian secara eksperimental. Oleh karena itu diperlukan penelitian yang dapat membuktikan apakah pasta beton geopolimer juga memiliki sifat yang sama dengan pasta beton semen yaitu meningkatkan kekuatan beton seiring dengan meningkatnya jumlah pasta.

Tujuan pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jumlah pasta geopolimer terhadap kuat tekan beton geopolimer. Selain juga, hasil dari penelitian ini dapat membantu dalam perancangan beton geopolimer untuk mengetahui kebutuhan pasta geopolimer pada mutu tertentu atau ditargetkan.

1. Kajian Pustaka

1.1. Rancangan Beton Semen

Kekuatan beton semen sangat dipengaruhi oleh rasio air-semen, semakin kecil nilai rasio air-

semen akan semakin tinggi pula nilai kekuatan beton yang dapat dilihat pada tabel 1. Dengan mengecilkan rasio air-semen, akan meningkatkan kebutuhan semen pada kondisi kebutuhan air yang tetap dan akan meningkatkan pula jumlah pasta pada beton. Seiringnya dengan peningkatan jumlah pasta, akan juga meningkatkan nilai kekuatan pada beton yang dapat dilihat pada tabel 2.

Diharapkan hubungan antara jumlah pasta dengan kekuatan beton pada beton semen ditemukan kesamaan pada beton geopolimer yaitu meningkatnya pasta geopolimer akan meningkatkan pula nilai kekuatan beton geopolimer.

Tabel 1. Hubungan antara Rasio Air-Semen (w/c) dengan Kekuatan Beton (SNI 7656:2012, 2012)

Kekuatan Beton umur 28 hari (MPa)	Rasio Air-Semen (beton tanpa tambahan udara)
40	0,42
35	0,47
30	0,54
25	0,61
20	0,69
15	0,79

Tabel 2. Perkiraan Jumlah Pasta dan Kekuatan Beton dengan Kebutuhan Air Tetap dan Rasio Air-Semen Beragam

Air (kg/m^3)	Rasio Air-Semen	Semen (kg/m^3)	Total Pasta	Kekuatan (MPa)
190	0,42	452,38	642,38	40
190	0,47	404,26	594,26	35
190	0,54	351,85	541,85	30
190	0,61	311,48	501,48	25
190	0,69	275,36	465,36	20
190	0,79	240,51	430,51	15

1.2. Beton Geopolimer

Teknologi beton geopolimer pertama kali dikenalkan oleh profesor Joseph Davidovits, beton geopolimer ini adalah beton yang berbahan dasar agregat yang diikat oleh pasta yang merupakan campuran mineral alumina-silikat dengan larutan alkali/aktivator (Davidovits, 2008). Material alumina-silikat yang umum digunakan adalah mineral yang banyak terkandung senyawa alumina dan silikat yang terdapat pada mineral alami seperti kaolin, tanah liat, mika, andalusit dan sebagainya. Alternatif lain yang dapat digunakan sebagai material alumina-silikat adalah produk samping atau limbah industri seperti abu terbang, bubuk silika, abu sekam pagi, lumpur merah dan sebagainya.

Sedangkan larutan alkali yang umum digunakan adalah pencampuran antara Natrium Hidroksida dengan Natrium Silikat.

Mutu atau kekuatan pada beton geopolimer dipengaruhi oleh beberapa hal. Tipe abu terbang jenis F sangat baik digunakan dalam pembuatan beton geopolimer dikarenakan kandungan alumina-silikatnya cukup tinggi yaitu diatas 70% dan memiliki kandungan CaO yang rendah (Hardjito & Rangan, 2005). Molaritas NaOH akan mempengaruhi kekuatan beton geopolimer, semakin tinggi molaritas pada larutan NaOH akan meningkatkan kekuatan beton. Tetapi tingginya molaritas NaOH akan berpengaruh pada menurunkan tingkat kemudahan kerja (Hardjasaputra et al., 2019). Dalam pembuatan larutan NaOH dengan molaritas tertentu, NaOH pallet (99%) akan dicampurkan dengan air untuk mencapai molaritas yang di inginkan. Seperti pada penelitian ini, molaritas yang digunakan adalah Molaritas 6. Untuk membuat 1 kg NaOH molaritas 6 dibutuhkan NaOH pallet seberat 200 gram dan air 800 gram (Rajamane et al., 2014). Metode atau cara perawatan juga akan mempengaruhi kekuatan dari beton geopolimer. Semakin tinggi suhu curing akan meningkatkan kuat tekan beton, curing pada suhu 90 °C menghasilkan kuat tekan 70 MPa dan pada suhu 30 °C menghasilkan 30 MPa (Hardjito & Rangan, 2005).

2. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Krida Wacana. Penelitian dibagi menjadi 4 tahap antara lain persiapan dan pengujian material, perancangan campuran beton, pembuatan dan perawatan benda uji, pengujian kuat tekan dan analisis data.

2.1. Persiapan dan Pengujian Material

Sebelum melakukan pengecoran, material atau bahan yang digunakan harus disiapkan dan di uji untuk memastikan material sesuai dengan syarat yang sudah ditentukan. Material yang digunakan antara lain abu terbang / fly ash, agregat kasar, agregat halus dan larutan alkali yang terdiri dari campuran NaOH dan Na₂SiO₃.

Pengujian yang dilakukan terdiri dari pengujian analisa saringan, berat jenis, kadar lumpur/organik dan abrasi untuk agregat halus dan kasar. Pada abu terbang dilakukan pengujian berat jenis, X-Ray Fluorescence (XRF)

dan Scanning Electron Microscope (SEM). Sedangkan untuk larutan natrium silikat dilakukan pengujian kandungan kimia.

2.2. Perancangan Campuran Beton

Dikarenakan belum terdapatnya perancangan campuran beton geopolimer yang baku atau standar, oleh karena itu perancangan campuran pada penelitian ini mengacu pada Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Massa dan Beton Berat (SNI 7656:2012, 2012) dengan beberapa ketentuan:

- Kebutuhan semen diganti dengan berat abu terbang;
- Kebutuhan air diganti dengan larutan alkali;
- Pemilihan slump sebesar 150-175 mm;
- Rasio larutan alkali dengan pasta adalah 0,3;
- Rasio NaOH dengan Na₂SiO₃ adalah 1 : 3;
- Rasio abu terbang dengan pasta adalah 0,7;
- Penentuan pasta dengan kadar 500 - 700 kg/m³ dengan interval 50 kg/m³.

2.3. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji beton geopolimer dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 1 dibawah ini.

Tabel 1. Proses Pembuatan Beton Geopolimer

Proses	Waktu (menit)	Kegiatan
(a)	3	Mencampurkan larutan NaOH dengan Na ₂ SiO ₃ menjadi larutan alkali
(b)	7	Membuat pasta geopolimer dengan mencampurkan abu terbang dengan larutan alkali
(c)	1	Mencampurkan agregat kasar dengan agregat halus
(d)	7	Mencampurkan pasta geopolimer dengan agregat
(e)	-	Pengujian slump
(f)	-	Pencetakan campuran beton ke cetakan silinder
(g)	-	Setelah 24 jam, cetakan dibuka
(h)	-	Benda uji di rawat dengan mengoven beton geopolimer selama 24 jam dengan suhu 60-70 °C



proses (a)

proses (b)



proses (c)



proses (d)



proses (e)



proses (f)



proses (g)



proses (h)

Gambar 1. Proses Pembuatan Beton Geopolimer

2.4. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian benda uji dilakukan pada umur 28 hari dengan mengacu pada metode Cara uji

kuat tekan beton dengan benda uji silinder (SNI 1974:2011, 2011). Sebelum diuji, benda uji ditimbang dan permukaan benda uji diratakan dengan *capping* belerang, agar beban dapat merata ke permukaan beton. Benda uji yang sudah diratakan diletakkan di tengah landasan pada mesin uji kuat tekan dan benda uji siap diuji

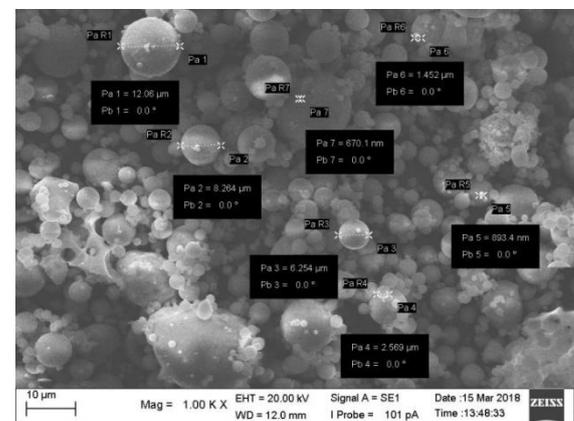
3. Material/Bahan

3.1. Abu Terbang

Abu terbang yang digunakan dalam pembuatan beton geopolimer bersumber dari limbah abu terbang PLTU Suralaya, Merak, Banten yang memiliki berat jenis 2,6. Hasil pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang dapat dilihat pada tabel 2 menunjukkan persentase kandungan senyawa pada abu terbang. Abu terbang dapat dikategorikan tipe F berdasarkan ASTM C618, dikarenakan total senyawa SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃ melebihi 70% yaitu 75,15%. Sedangkan dari hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang dapat dilihat pada gambar 2 menunjukkan butiran abu terbang berbentuk bulat tidak beraturan dengan ukuran butiran di antara 12,06 mikron sampai 0,60 mikron.

Tabel 2. Kandungan Senyawa Abu Terbang

Nama Senyawa	%	Senyawa	%
SiO ₂	37,385	BaO	0,349
Fe ₂ O ₃	25,223	SrO	0,275
CaO	14,084	Na ₂ O	0,173
Al ₂ O ₃	12,543	ZrO ₂	0,144
K ₂ O	3,474	ZnO	0,121
TiO ₂	2,757	Cl	0,048
P ₂ O ₅	1,638	Rb ₂ O	0,045
MgO	0,855	Br	0,016
SO ₃	0,853	Y ₂ O ₃	0,015



Gambar 2. Hasil Pengujian SEM

3.2. Agregat

Agregat kasar yang digunakan merupakan batu pecah dengan ukuran lolos saringan 1.5"

dan tertahan saringan no.4 bergradasi baik dengan berat jenis SSD 2,59, kadar lumpur 0,23% dan nilai abrasi 27,01%. Sedangkan untuk agregat halus menggunakan pasir alam (pasir Bangka) dengan ukuran lolos saringan no.4 bergradasi baik berjenis pasir sedang (gradasi 2) dengan berat jenis SSD 2,54, dan kandungan organik no.11.

3.3. Larutan Aktivator/Alkali

Larutan aktivator atau alkali pada pembuatan beton geopolimer terdiri dari kombinasi 2 larutan yaitu natrium hidroksida (NaOH) dalam bentuk pallet yang dilarutkan dengan air agar mendapatkan molaritas 6 dan natrium silikat (Na₂SiO₃) bentuk gel dengan jenis BE52 yang memiliki kandungan Na₂O dan SiO₂ sebesar 52,79%.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Rancangan Campuran Beton Geopolimer

Hasil rancangan campuran beton geopolimer dapat dilihat pada tabel 3, rancangan ini mengacu pada SNI 7656:2012 yang dilakukan beberapa modifikasi dari hasil rancangan campuran beton semen. Rancangan beton geopolimer dengan berbagai variasi jumlah pasta diharapkan mencapai mutu 20 - 40 MPa.

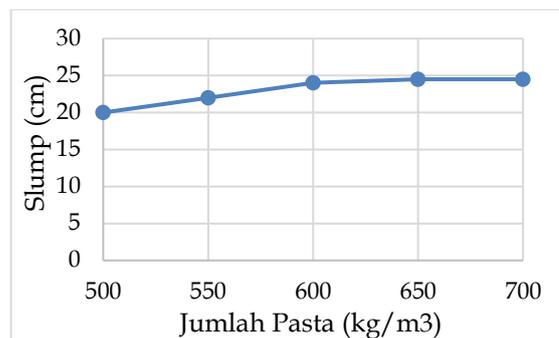
Tabel 3. Hasil Rancangan Campuran Beton Geopolimer (kg/m³)

Material	Jumlah Pasta				
	500	550	600	650	700
Abu terbang	350	385	420	455	490
Agregat kasar	1040	1040	1040	1040	1040
Agregat halus	931	872	813	754	695
NaOH (6M)	37	41	45	48	52
Na ₂ SiO ₃	112	123	135	146	157
Berat Total	2471	2462	2453	2444	2436

4.2. Nilai Slump

Saat pengecoran, dilakukan pengujian *slump* untuk mengetahui tingkat kemudahan kerja pada pembuatan beton geopolimer. Dari hasil pengujian slump dapat dilihat pada gambar 3, didapat nilai slump diantara 20,0 - 24,5 cm, dengan semakin banyak jumlah pasta akan meningkatkan pula nilai slump. Nilai slump yang didapat menunjukkan tingkat kemudahan kerja pada beton geopolimer sangat tinggi dan dapat dicetak tanpa dilakukan pengetaran dan

nilai ini cukup tinggi dibandingkan dengan nilai slump beton semen pada umumnya.



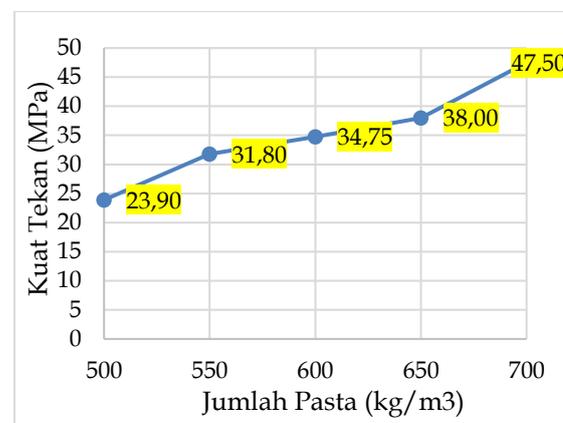
Gambar 3. Hasil Pengujian Slump

4.3. Kuat Tekan Beton Geopolimer

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari dengan mengacu pada SNI 1974:2011. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 4.

Tabel 4. Hasil Kuat Tekan Beton Geopolimer (MPa)

Benda Uji	Jumlah Pasta				
	500	550	600	650	700
1	27,50	28,50	29,50	36,00	45,00
2	20,30	35,10	40,00	40,00	50,00
Rata-rata	23,90	31,80	34,75	38,00	47,50



Gambar 4. Hubungan Jumlah Pasta dengan Kuat Tekan Beton Geopolimer

Hasil terkecil pada pengujian kuat tekan pada beton geopolimer terdapat pada jumlah pasta 500 kg/m³ dengan kuat tekan sebesar 23,90 MPa. Sedangkan untuk hasil terbesar terdapat pada jumlah pasta 750 kg/m³ dengan kuat tekan sebesar 47,50 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa jumlah pasta akan mempengaruhi kuat tekan beton geopolimer, semakin banyak jumlah pasta yang digunakan pada pembuatan beton geopolimer, maka nilai kuat tekan yang dihasilkan semakin meningkat pula. Hubungan jumlah pasta dengan kuat

tekan beton geopolimer ini pun terjadi pula pada beton semen.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai pengaruh jumlah pasta terhadap kuat tekan beton geopolimer, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Rancangan campuran beton geopolimer dapat menggunakan rancangan beton semen tetapi dengan beberapa modifikasi;
- Nilai slump yang didapatkan pada pembuatan beton geopolimer tergolong tinggi dibandingkan dengan beton semen;
- Dengan nilai slump yang tinggi, pemadatan beton geopolimer dapat dilakukan tanpa harus di getarkan;
- Semakin banyaknya pasta pada beton geopolimer akan meningkatkan pula nilai kuat tekan beton;
- Setiap penambahan jumlah pasta sebesar 50 kg/m³, dapat meningkatkan kuat tekan beton 10 - 30 %.

Daftar Pustaka

- Davidovits, J. (2008). *Geopolymer Chemistry & Applications*. Institut Geopolymere. www.geopolymer.org
- Hardjasaputra, H., Cornelia, M., Gunawan, Y., Surjaputra, I. V., Lie, H. A., Rachmansyah, & Pranata Ng, G. (2019). Study of mechanical properties of fly ash-based geopolymer concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 615(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/615/1/012009>
- Hardjito, D., & Rangan, B. (2005). Development and properties of low-calcium fly ash-based geopolymer concrete. In *Research report GC 1*. <https://doi.org/10.1186/s12893-015-0014-4>
- Rajamane, N. P., Jeyalaskhmi, N., & Nataraja, M. C. (2014). Quantities of Sodium Hydroxide Solids and Water to Prepare Sodium Hydroxide Solution of Given Molarity for Geopolymer Concrete Mixes. *ICI Technical Paper*.
- SNI 1974:2011. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- SNI 7656:2012. (2012). *Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.