

PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER MOLARITAS RENDAH DAN TINGGI PADA PERAWATAN SUHU RUANG

Dewi Sulistyorini¹, Dimas Langga Chandra Galuh², Salsa Ayu Nabila³, Puspita Nur Ardiyanti⁴, Muhammad Rudi Erwanto⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Jl. Miliran No 16. Muja Muju, Yogyakarta

Email: ¹dewi.sulistyorini@ustjogja.ac.id, ²dimas.galuh@ustjogja.ac.id, ³salsaayunabila02@gmail.com,
⁴puspitanra4@gmail.com, ⁵muhhammadrudierwanto99@gmail.com

ABSTRAK

Beton merupakan material konstruksi yang banyak digunakan, dimana dalam pembuatannya memerlukan semen yang proses produksinya menghasilkan karbondioksida (CO₂) sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan. Beton geopolimer merupakan inovasi pembuatan beton tanpa semen atau *zero cement*, melainkan menggunakan material yang mengandung silika dan alumina ditambah alkali aktivator sebagai bahan perekat. Fly ash salah satu jenis material limbah hasil pembakaran batu bara pada PLTU yang mengandung silika dan alumina yang dapat dimanfaatkan pada pembuatan beton geopolimer. Penelitian ini untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton geopolimer yang menggunakan sodium hidroksida (NaOH) molaritas rendah 2M, 3M, 4M dan molaritas tinggi 8M, 9M, 10M. Benda uji berupa silinder 15 cm x 30 cm sebanyak 36 silinder. Material terdiri dari fly ash tipe F, agregat kasar dari merapi, agregat halus dari merapi dan alkali aktivator dari sodium hidroksida (NaOH) dan sodium sulfat (Na₂SiO₃) dengan perbandingan 1:1. Metode perawatan pada suhu ruang selama 14 dan 28 hari. Hasil kuat tekan pada perawatan 14 hari untuk beton geopolimer molaritas rendah 2M, 3M, 4M sebesar 10,21 MPa, 11,08 MPa, 14,2 MPa dan molaritas tinggi 8M, 9M, 10M berturut-turut adalah 22,93 MPa, 23,67 MPa, 25,62 MPa. Sedangkan hasil kuat tekan pada perawatan 28 hari untuk beton geopolimer molaritas rendah sebesar 16,83 MPa, 21,92 MPa, 21,73 MPa dan molaritas tinggi 33,11 MPa, 31,16 MPa, 34,31MPa. Berdasar hasil tersebut kuat tekan beton geopolimer molaritas tinggi mempunyai kuat tekan lebih tinggi rata-rata 56% dibanding molaritas rendah pada perawatan 14 hari dan 41% pada perawatan 28 hari.

Kata kunci: Alkali aktivator, Beton Geopolimer, Kuat Tekan, Molaritas

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material yang sering digunakan dalam industri konstruksi. Ada banyak perbaikan yang dilakukan terhadap kekuatan, fungsi, umur, manfaat, dan biaya beton dalam konstruksi bangunan. Menurut temuan penelitian, industri semen dan industri bahan bangunan berbasis semen di seluruh dunia menyumbang sekitar 8-10% dari total emisi CO₂ dunia. Bahan perekat alternatif yang menggunakan lebih sedikit energi dan lebih baik bagi lingkungan diperlukan untuk menggantikan semen karena besarnya energi dan sumber daya yang dibutuhkan serta kontribusi signifikan industri semen terhadap emisi karbon dioksida global. Material alami yang diutamakan sebagai pengganti semen ini adalah material yang memiliki kandungan oksida silika dan alumina tinggi (Davidovits, 2002).

Berdasarkan temuan penelitian yang telah dilakukan selama ini, pengembangan beton dengan menggunakan beton geopolimer menunjukkan bahwa beton geopolimer memiliki sifat teknis seperti kekuatan dan daya tahan yang tinggi. Beton ini ramah lingkungan dan hemat energi. Beton geopolimer adalah beton yang dibuat tanpa menggunakan semen. *Fly ash* merupakan salah satu bahan yang digunakan sebagai pengganti semen, dan mengandung senyawa yang sama dengan semen. Karena nilai Si (silika) dan Al (aluminium) yang sangat tinggi, *fly ash* dipilih. Solusinya membutuhkan penambahan sodium silikat (Na₂SiO₃) dan sodium hidroksida (NaOH) untuk mengaktifkan aluminium dan silika abu terbang (Lloyd, 2010). Geopolimer merupakan produk beton yang diperoleh dari reaksi polimerisasi dari bahan yang mengandung aluminium dan silikat. Fungsi silikat dan aluminium proses polimerisasi sangat penting, karena semakin besar perbandingan silikat dengan aluminium (Si/Al) maka polimer semakin kuat (geopolymer.org).

Beton geopolymer sebagai material berkarbon rendah dan konsumsi energi lebih rendah serta sebagai alternatif beton yang lebih baik dibandingkan dengan beton semen. Geopolimer berbasis batu mencapai 59% kebutuhan

Corresponding Author

E-mail Address : dewi.sulistyorini@ustjogja.ac.id

energi, sedangkan geopolimer berbasis slag mencapai pengurangan 43% dalam kebutuhan energi dibandingkan beton konvensional (Thamilselvi, P.,2017).

Komposisi alkali activator yang terdiri dari sodium silikat dan sodium hidroksida berpengaruh pada kuat tekan beton geopolimer. Rasio sodium silikat terhadap sodium hidroksida (SS/SH) yang semakin tinggi akan meningkatkan kekentalan alkali activator sehingga agak sulit dalam pencampuran dengan material lain. Beton geopolimer yang diteliti oleh Ilyas tahun 2022 menggunakan sodium hidroksida 10M dan variasi SS/SH 1,5 sampai 3,5 diperoleh kuat tekan paling rendah 3,4 MPa dan paling tinggi 10,13 MPa.

Menurut Romadhon,dkk (2022) hubungan antara kuat tekan dan rasio alkali activator/fly ash (alkali activator/binder) ditulis AL/BI mempunyai korelasi yang tinggi sebagai dasar pengembangan desain campuran beton. Studi mengenai beton geopolimer menggunakan *fly ash* dengan variasi molaritas NaOH telah dilakukan. Molaritas larutan NaOH yang digunakan 10M, 12M dan 14M. Kuat tekan beton dengan nilai rata-rata paling tinggi diperoleh dari beton molaritas 14 M umur 56 hari dengan nilai kuat tekan rata-rata 32,88 MPa (Bayu Syafputra., dkk., 2020).

Penelitian Sulistyorini tahun 2023 bahwa kuat tekan beton geopolimer molaritas NaOH 2M, 3M, dan 4M pada SS/SH sebesar 1,5 pada umur 28 hari kuat tekan yang dihasilkan melebihi kuat tekan rencana pada molaritas 3M dan 4M. Beton geopolimer molaritas tinggi, akan menambah penggunaan alkali activator, tentu akan menambah biaya pembelian zat kimia tersebut. Sehingga perlu diberikan alternatif penggunaan molaritas rendah agar mengurangi penggunaan zat kimia namun masih bisa mencapai kuat tekan yang direncanakan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kuat tekan beton geopolimer yang menggunakan molaritas rendah dan molaritas tinggi dengan menggunakan komposisi dan jenis material yang sama.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium. Bahan yang digunakan seperti pada Gambar 1 terdiri dari agregat halus ukuran maksimum 4,75 mm, agregat kasar ukuran maksimum 25 mm, fly ash tipe F, sodium hidroksida (NaOH) atau SH, sodium silikat (Na_2SiO_3) atau SS dan aquades. Benda uji berupa silinder beton ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, sebanyak 4 variasi dengan jumlah benda uji 36 seperti pada Tabel 1 berikut. Beton geopolimer molaritas rendah terdiri dari 2M, 3M,4M sedangkan molaritas tinggi terdiri dari 8M, 9M dan 10M, perbandingan sodium silikat terhadap sodium hidroksida (SS/SH) sebesar 1. Umur beton yang diamati selama 14 dan 28 hari yang dirawat pada suhu ruang. Metode perawatan dengan meletakkan benda uji di ruang tertutup, kemudian ditutup dengan palstik terlihat pada Gambar 2. Mix desain menggunakan prosedur beton normal SNI 7656:2012, mix desain untuk 1 silinder seperti pada Tabel 2. Pengujian kuat tekan menggunakan *universal testing machine* yang dilengkapi extensometer untuk mengetahui penurunan silinder saat ditekan.



Gambar 1. Material Beton Geopolimer

Tabel 1. Jumlah Benda Uji

<i>Kode Benda Uji</i>	<i>Molaritas</i>	<i>SS/SH</i>	<i>Jumlah Benda Uji</i>	
			<i>14 Hari</i>	<i>28 hari</i>
BG-2M	2M	1	3	3
BG-3M	3M		3	3
BG-4M	4M		3	3
BG-8M	8M		3	3
BG-9M	9M		3	3
BG-10M	10 M		3	3

Tabel 2. Mix Desain untuk 1 silinder

<i>NaOH (kg)</i>	<i>Na₂SiO₃ (kg)</i>	<i>Fly Ash (kg)</i>	<i>Agregat Halus (kg)</i>	<i>Agregat Kasar (kg)</i>
0,72	0,72	1,94	3,9	6,28

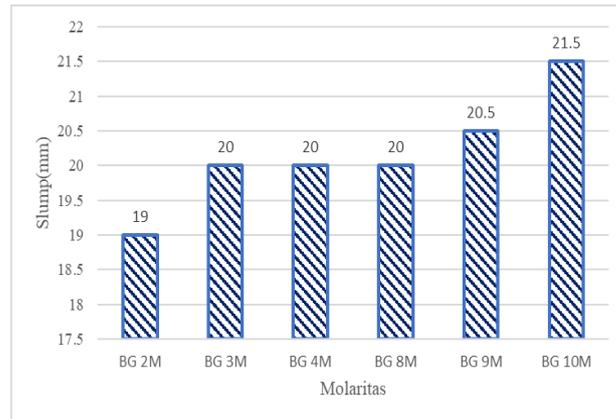


Gambar 2. Metode Perawatan Beton Geopolimer

Proses pembuatan beton geopolimer dimulai dengan persiapan material fly ash, agregat dan alkali aktivator (NaOH dan Na₂SiO₃). Alkali aktivator disiapkan 30 menit sebelum pecampuran material. Material kering (fly ash, agregat halus dan agregat kasar) dicampur terlebih dahulu kemudian ditambahkan alkali aktivator, pengadukan seluruh material sekitar 8 menit. Beton geopolimer yang sudah diaduk selanjutnya dituang dalam cetakan silinder dalam 3 lapis dan dipadatkan dengan 25 tusukan setiap lapis. Cetakan silinder dibuka setelah 24 jam dan silinder ditutup dengan plastik sebagai perawatan seperti pada Gambar 2.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji slump beton geopolimer diperoleh hasil slump terendah pada beton geopolimer molaritas 2M sebesar 19 mm, slump tertinggi pada molaritas 10M yaitu 21,5 mm, namun secara keseluruhan hasil slump tidak jauh berbeda antara beton geopolimer molaritas rendah dengan molaritas tinggi seperti terlihat pada Gambar 3 berikut ini, sehingga beton geopolimer pada penelitian ini memiliki *workability* yang hampir sama.

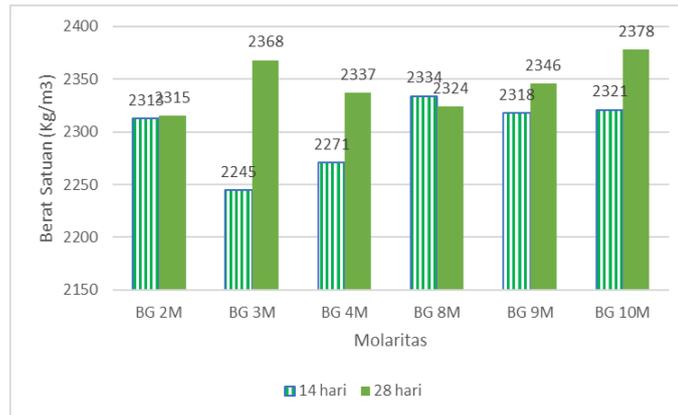


Gambar 3. Hasil Uji Slump

Hasil uji beton geopolimer yang meliputi berat satuan, kuat tekan dan modulus elastisitas seperti pada Tabel 3 berikut. Berat satuan beton geopolimer pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasar pada hasil penelitian terlihat bahwa terjadi penambahan berat satuan pada umur beton 28 hari dibandingkan umur 14 hari, namun pada beton geopolimer molaritas 8M terjadi penurunan berat pada umur 28 hari. Hasil berat satuan tertinggi pada beton geopolimer 10M umur 28 hari sebesar 2378 kg/m³. Pada umur beton 14 hari terlihat berat satuan beton geopolimer molaritas rendah lebih kecil daripada molaritas tinggi. Berat satuan pada umur 28 hari antara molaritas rendah dengan molaritas tinggi hampir sama berada di bawah 2400 kg/m³.

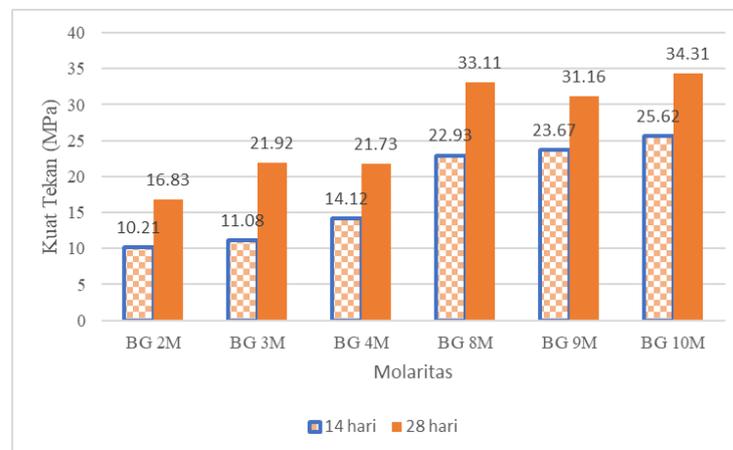
Tabel 3. Hasil Uji Beton Geopolimer

Benda Uji	Umur (Hari)	Berat Satuan (Kg/m ³)	Kuat Tekan (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
BG-2M	14	2313	10,21	2635
	28	2315	16,83	4939
BG-3M	14	2245	11,08	2464
	28	2368	21,92	3100
BG-4M	14	2271	14,12	3202
	28	2337	21,73	4287
BG-8M	14	2334	22,93	3587
	28	2324	33,11	3373
BG-9M	14	2318	23,67	5073
	28	2346	31,16	32,42
BG-10M	14	2321	25,62	4552
	28	2378	34,31	4529



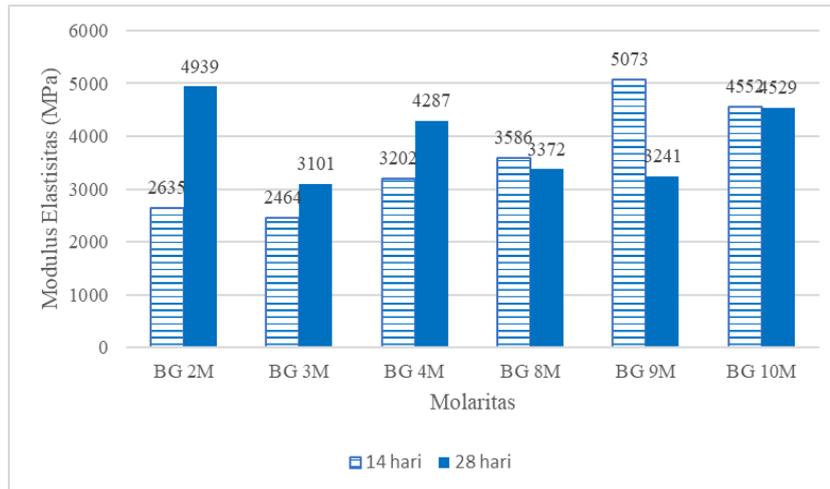
Gambar 4. Hasil Uji Berat Satuan

Hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 5 berikut. Berdasar pada hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer pada umur 14 hari kuat tekan tertinggi pada molaritas 10 M yang sudah melebihi kuat tekan rencana 25 MPa, sedangkan untuk molaritas rendah masih berada dibawah kuat tekan rencana. Hasil uji kuat tekan umur 28 hari pada beton geopolimer molaritas tinggi sudah melebihi kuat tekan rencana atau terjadi kenaikan kuat tekan rata-rata 31,4% dari kuat tekan rencana. Pada beton geopolimer molaritas rendah umur 28 hari kuat tekan baru mencapai 88,77% dari kuat tekan rencana.



Gambar 5. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer

Hasil uji modulus elastisitas beton geopolimer menunjukkan modulus elastisitas tertinggi pada beton geopolimer molaritas 9M umur 14 hari sebesar 5073 MPa. Modulus elastisitas beton geopolimer molaritas rendah umur 14 hari menunjukkan hasil rebih rendah daripada molaritas tinggi, hal ini karena ikatan antar agregat pada molaritas rendah kurang bagus. Modulus elastisitas untuk seluruh variasi dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Hasil Modulus Elastisitas Beton Geopolimer

4. KESIMPULAN

Berdasar pada hasil penelitin dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil uji slump pada beton geopolimer molaritas rendah hampir sama dengan slump pada beton geopolimer molaritas tinggi yaitu antara 19 mm sampai 21,5 mm.
2. Berat satuan umur 14 hari beton geopolimer molaritas rendah lebih kecil daripada beton geopolimer molaritas tinggi, namun pada umur 28 hari berat satuan hampir sama.
3. Kuat tekan beton geopolimer molaritas tinggi lebih besar dari beton geopolimer molaritas rendah pada umur 14 dan 28 hari. Kuat tekan beton geopolimer molaritas tinggi pada umur 28 hari sudah melebihi kuat tekan rencana 25 MPa.
4. Modulus elastisitas beton geopolimer molaritas rendah pada umur 14 hari lebih kecil dari beton geopolimer molaritas tinggi. Namun pada umur 28 hari modulus elastisitas beton geopolimer molaritas rendah lebih besar dari beton geopolimer molaritas tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Program Studi Teknik Sipil dan Fakultas Teknik Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa yang telah membantu fasilitas demi kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Davidovits, J. (2002). 30 Years of Successes and Failures in Geopolymer Application. Market Trends and Potential Breakthroughs. *Geopolymer Conference*
- Ilyas, Y.A., Yanti, G., Putri, L.D., (2022). “Studi Beton Geopolimer dengan Bahan Dasar Fly Ash terhadap Kuat Tekan Beton”. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil*, Volume 05 Nomor 02 September 2022, 83- 92
- Lloyd, N. A., & Rangan, B. V. (2010). “Geopolymer Concrete with Fly Ash”. *Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, Ancona, Italy*
- Nawy,E.,G. “Beton Bertulang, Suatu Pendekatan Dasar”. , PT.Erasco, (1990)
- Thamilselvi, P., Siva, S., Oyejobi, D., (2017), “Geopolymer Concrete : Overview”, *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, Volume 8, Issue 6, November - December 2017
- Romadhon, E.S., Antonius.,Sumirin.,(2022), “Design Low Alkali Activator Geopolymer Concrete Mixture”, *ASTONJADRO.*, Volume 11, Issue 3, October 2022, pp.627-638
- Sulistiyorini, D., Galuh, D.L.C., Prayogi, Y.O., Ardiyansyah, M.T., Hakim, A.R,” Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Geopolimer Molaritas Rendah Dengan Variasi Alkali Aktivator 1,5 dan 2,5”. *Bangun Rekaprima*, Vol. 09 No.1 April 2023, 106-114

SNI 7656:2012, “Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa”. Badan Standarisasi Nasional 2012

Syafputra, B., & Euis, K. (2020). Pengaruh Variasi Molaritas Pada Kuat Tekan Beton Geopolymer Fly Ash Dengan Agregat Halus Pasir Kuarsa. *Jurnal Ilmiah SANTIKA Volume 10, No. 1*.

[https://www.geopolymer.org/formulaire/ Download articles – Geopolymer Institute](https://www.geopolymer.org/formulaire/Download%20articles%20-%20Geopolymer%20Institute)