

Pengaruh Penambahan *Natrium Borax Tetra Hydrate* dan *Diammonium Phosphate* Terhadap Kuat Tekan Geopolimer

Egalita Islami Bilqis^{1*}, Wiwik Dwi Pratiwi², dan Rizal Indrawan³

¹ Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

^{2,3} Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

Email: egalita2610@gmail.com¹, wiwik.pratiwi@ppns.ac.id², rizal11307@ppns.ac.id³

Abstrak

Geopolimer merupakan polimer anorganik padat yang dihasilkan dari reaksi kimia yang disebut geopolimerisasi antara larutan basa dan sumber *aluminosilikat*. Bahan *aluminosilikat* tersusun atas atom silika dan alumina. Untuk mengaktifkan reaksi polimerisasi antara silika (Si) dan alumina (Al) dibutuhkan larutan aktivator. Banyak penelitian yang menggunakan geopolimer karena terkenal dengan sifat tahan api. Dengan bahan tambah *Natrium Borax Tetra Hydrate* dan *Diammonium Phosphate*, kedua bahan tambah ini berpotensi sebagai zat tahan api. Untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan tambah geopolimer dilakukan pengujian tekan pada spesimen sebelum dan setelah dibakar pada temperatur 900 °C selama 1 jam. Pada penelitian ini, menggunakan bahan baku metakaolin dan *silica fume* sebesar 80:20(%) dan larutan aktivator KOH pellet dan water glass yang konstan. Serta memvariasikan zat tambah yaitu *Natrium Borax Tetra Hydrate* sebesar 1%, *Diammonium Phosphate* sebesar 1% dan spesimen tanpa zat tambah. Hasil pengujian tekan, komposisi yang memiliki nilai kuat tekan terbaik sebelum pembakaran yaitu pada penambahan *Diammonium Phosphate* sebesar 1% yaitu 24,4 MPa. Sedangkan pada spesimen setelah pembakaran yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada spesimen tanpa zat tambah yaitu 9,5 MPa.

Kata kunci: Geopolimer; Uji Tekan; *Natrium Borate Tetrahydrate*; *Diammonium Phosphate*; Larutan aktivator

Abstract

Geopolymers are solid inorganic polymers produced from a chemical reaction called geopolymerization between an alkaline solution and an aluminosilicate source. Aluminosilicate materials are composed of silica and alumina atoms. To activate the polymerization reaction between silica (Si) and alumina (Al) an activator solution is needed. Many studies have used geopolymers because they are known for their fire retardant properties. With the added ingredients of Sodium Borax Tetra Hydrate and Diammonium Phosphate, these two added ingredients have the potential to be fire retardants. To determine the effect of the addition of geopolymer additives, pressure testing was carried out on the specimens before and after being burned at 900 oC for 1 hour. In this study, using raw materials metakaolin and silica fume of 80:20 (%) and a constant KOH pellet and water glass activator solution. As well as varying the additives, namely 1% Sodium Borax Tetra Hydrate, 1% Diammonium Phosphate and specimens without additives. The results of the compression test showed that the composition that had the best compressive strength before combustion was the addition of 1% Diammonium Phosphate, which was 24.4 MPa. While the specimens after burning which have the highest compressive strength value are the specimens without additives, namely 9.5 MPa.

Keywords: Geopolymer; Compression Test; *Sodium Borate Tetrahydrate*; *Diammonium Phosphate*; Activator Solution

1. Pendahuluan

Geopolimer merupakan polimer anorganik padat yang dihasilkan dari reaksi kimia yang disebut geopolimerisasi antara larutan basa dan sumber *aluminosilikat*. Bahan *aluminosilikat* tersusun atas atom silika dan alumina. Untuk mengaktifkan reaksi polimerisasi antara silika (Si) dan alumina (Al) dibutuhkan larutan aktivator. Larutan aktivator yang bisa digunakan dalam geopolimerisasi adalah kombinasi natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) dan natrium silikat atau kalium silikat. Bahan sumber geopolimer berbasis alumina-silikat harus kaya akan silikon (Si) dan aluminium (Al), bisa berupa mineral alami seperti kaolin, tanah liat, dll. Sebagai alternatif, bahan produk sampingan seperti abu terbang, asap silika, terak, abu sekam padi, lumpur merah, dll dapat digunakan sebagai bahan sumber. Geopolimer merupakan polimer anorganik padat yang dihasilkan dari reaksi kimia yang disebut geopolimerisasi antara larutan basa dan sumber *aluminosilikat*. Bahan *aluminosilikat* tersusun atas atom silika dan alumina. Untuk mengaktifkan reaksi polimerisasi antara silika

^{1*} Penulis koresponden

(Si) dan alumina (Al) dibutuhkan larutan aktivator. Larutan aktivator yang bisa digunakan dalam geopolimerisasi adalah kombinasi natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) dan natrium silikat atau kalium silikat (Lloyd & Rangan, 2010) (Yong, 2007)

Dalam geopolimer dapat ditambahkan zat tambahan untuk menambah sifat ketahanan terhadap api. Menurut Effend, (2007) bahan kimia yang dapat digunakan sebagai bahan penghambat api antara lain garam *monoammonium* dan *diammonium phosphat, ammonium sulfat, seng khlorida, sodium tetraborat* dan asam borat yang tersusun dalam suatu formula tertentu. Penggunaan borax di Indonesia sering disalah gunakan untuk makanan karena harganya yang murah, padahal borax berbahaya jika dikonsumsi. Fungsi lain dari senyawa boron seperti asam borat dan boraks dikenal sebagai penghambat api untuk produk dan pelapis kayu/selulosa. Dalam beberapa tahun terakhir penghambat api berbasis boron telah menarik banyak perhatian (Shen, 2021). Borax merupakan bahan penghamat api yang mudah didapat, serta aman bagi lingkungan (Arifin, et al., 2021).

Diammonium Phosphate dapat digunakan sebagai penghambat api. Bahan ini menurunkan temperatur pembakaran material, menurunkan tingkat kehilangan massa saat terjadi pembakaran, dan menyebabkan peningkatan produksi residu atau arang (George & Susott, 1971).

Berdasarkan uraian diatas dan penelitian terdahulu *Natrium Borax Tetra Hydrate* dan *Diammonium Phosphate* berpotensi sebagai zat tahan api. Penulis melakukan penelitian memanfaatkan zat tambahan *Natrium Borax Tetra Hydrate* dan *Diammonium Phosphate* pada geopolimer dengan bahan baku metakaolin dan *silica fume* untuk meningkatkan daya tahan geopolimer tahan api. Dengan memvariasikan komposisi *Natrium Borax Tetra Hydrate* dan *Diammonium Phosphate*. Penelitian ini diukur dengan perubahan kuat tekan akibat pemanasan pada 900°C.

2. Metode Penelitian

2.1. Matriks komposisi

Adapun variasi komposisi penelitian sebagai acuan penelitian, bahan Metakaolin dan *Silica fume* konstan yaitu 80:20 (%).

Tabel 1. Komposisi Bahan Baku Penelitian

KODE	Komposisi Bahan Baku (Perbandingan Massa, %)				Komposisi Larutan (%)
	MK	SF	NB	DAP	
MK8SF2	80	20	0	0	100
NB1	79,2	19,8	1	0	100
DAP1	79,2	19,8	0	1	100

Didalam pembuatan geopolimer dibutuhkan larutan aktivator. Larutan terdiri atas campuran dari *Water glass*, KOH pellet dan H₂O (*Aquadest*). Larutan aktivator yang digunakan konstan dengan perbandingan bahan kering dengan larutan aktivator sebesar 1:1.

Tabel 2. Komposisi Larutan yang Digunakan

Komposisi Larutan yang Digunakan (Perbandingan Massa)	
Zat	Persentase (%)
<i>Water Glass</i> / Na ₂ SiO ₃	52,2
KOH Pellet	12,2
H ₂ O	35,9

2.2. Pencampuran Bahan

Pada penelitian ini, setiap kode spesimen dilakukan 3 kali pengulangan. Pencampuran bahan ditakar sesuai kebutuhan sampel uji tekan.

a. Prosedur pembuatan larutan aktivator

Semua bahan larutan ditimbang sesuai dengan kebutuhan. Pertama membuat larutan KOH dengan menuangkan *aquadest* ke dalam KOH pellet. Setelah larutan dingin, *Water glass* dapat ditambahkan ke larutan KOH. Lalu diaduk hingga tercampur sempurna dan disimpan di wadah tertutup sampai 24 jam sebelum digunakan.

b. Prosedur pembuatan pasta geopolimer

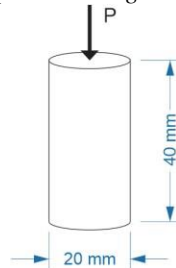
Sebelumnya metakakaolin disiapkan dari kaolin yang berasal dari Belitung dan dikalsinasi pada Temperatur 750°C selama 5 jam. Menimbang larutan sesuai dengan komposisi sesuai pada Tabel

1. Bahan kering dicampur lalu ditambahkan larutan aktivator sedikit demi sedikit, bahan dicampur menggunakan

sampai bahan tercampur dengan sempurna. Pasta geopolimer siap dicetak.

2.3. Pembuatan Sampel Uji Tekan

Geopolimer sampel uji tekan dibuat dan dicetak sesuai dengan ukuran sesuai pada Gambar 1 yaitu diameter 20mm x 40mm. Sampel tersebut nantinya akan dilakukan pengujian tekan pada spesimen sebelum dibakar dan setelah dibakar pada temperatur 900 °C. Pembuatan sampel uji tekan dengan menuang dikit demi sedikit kedalam cetakan uji tekan, lalu ditusuk-tusuk agar setiap sisi cetakan terisi serta diratakan pada permukaan spesimennya. Melepaskan geopolimer setelah spesimen sudah keras, yaitu dalam waktu 24 jam. Spesimen disimpan dan diberi kode spesimen, proses penyimpanan spesimen dibungkus dengan kain basah merupakan proses *curing*.



Gambar 1. Ukuran Spesimen Uji Tekan

Nilai kuat tekan dapat diperoleh dengan rumus :

$$f_c = F/A \quad (1)$$

Dimana :

f_c = Kekuatan tekan (MPa)

F = Gaya pembebanan max (N) A = Luas area (mm²)

2.4. Curing Time

Pada tahap ini dilakukan *curing time* pada spesimen yang telah dicetak. Untuk menjamin agar proses hidrasi dapat berlangsung dengan baik dan proses pengerasan terjadi dengan sempurna, sehingga tidak terjadi retak-retak pada spesimen. *Curing time* pada spesimen selama 7 setelah proses pembuatan spesimen. Spesimen dibungkus dengan kain basah pada saat *curing time*.

2.5. Proses Bakar

Pada tahap ini dilakukan pembakaran untuk mengetahui ketahanan geopolimer setelah dibakar pada temperatur 900°C selama 1 jam. Pada perlakuan temperatur tinggi dilakukan dilaboratorium kimia PPNS. Proses pembakaran spesimen dengan menggunakan *Furnace*.

2.6. Pengujian Tekan

Pada penelitian ini spesimen yang akan diuji tekan untuk mengetahui pengaruh komposisi zat tambahan terhadap kuat tekan pada geopolimer. Pengujian dilakukan pada dua kondisi yaitu :

1. Pengujian tekan dilakukan pada spesimen sebelum dibakar, pengujian ini untuk mengetahui komposisi geopolimer yang memiliki kuat tekan yang terbaik.
2. Sedangkan pengujian tekan dilakukan setelah dibakar, bertujuan untuk mengetahui komposisi geopolimer tahan api yang terbaik.

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Spesimen Setelah Dibakar

Spesimen geopolimer dibakar untuk mengetahui nilai kuat tekan spesimen setekah dibakar pada temperatur 900°C selama satu jam.



Gambar 2. Proses Pembakaran Spesimen

Spesimen setelah diberi perlakuan temperatur tinggi mengalami perubahan bentuk, warna, dan ukuran dikarenakan air yang terkandung pada spesimen menguap. Pada beberapa spesimen ada yang mengalami keretakan. Gambar spesimen tanpa

dan diberi perlakuan temperatur tinggi terlihat pada Gambar 3.



MK8SF2



NB1



DAP1

Gambar 3. Spesimen Sesudah Dibakar

Terlihat pada Gambar 3, spesimen setelah dibakar tanpa tambahan zat (MK8SF2) terdapat beberapa spesimen mengalami keretakan, dan terjadi pula pada spesimen dengan tambahan *Natrium Borax Tetra Hydrate* 1% (NB1). Sedangkan pada spesimen dengan tambahan *Diammonium Phosphate* 1% (DAP1) tidak mengalami keretakan pada permukaan spesimen.

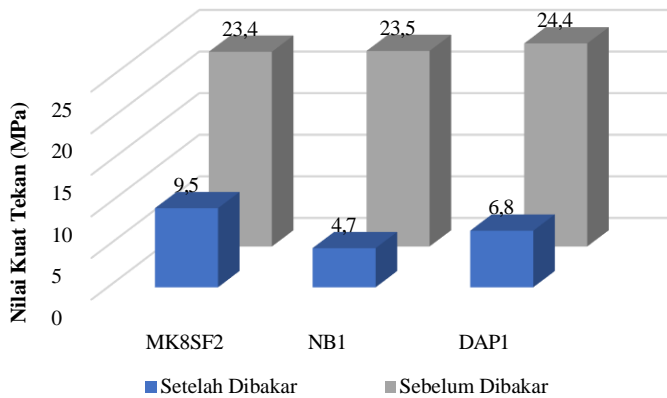
3.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pada pengujian kuat tekan geopolimer ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 20 mm dan tinggi 40 mm pada spesimen tanpa diberi perlakuan temperatur tinggi. Pengujian dilakukan di Laboratorium Beton Departemen Teknik Sipil Kampus ITS Keputih Surabaya dengan menggunakan alat uji tekan *Universal Testing Machine*. Pengujian kuat tekan menurut SNI 1974-2011.



Gambar 4. Pengujian Kuat Tekan

Grafik hasil uji tekan dalam MPa dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Uji Tekan

Dari Gambar 5, diketahui nilai kuat tekan pada spesimen geopolimer pada umur 7 hari. Nilai kuat tekan pada spesimen sebelum dibakar, spesimen tanpa ditambahkan zat tambah memiliki nilai terendah yaitu 23,4 MPa. Nilai kuat tekan tertinggi pada spesimen sebelum dibakar pada tambahan *Diammonium Phosphate* 1% (DAP1) dengan kenaikan nilai kuat tekan sebesar 4,3% yaitu 24,4 MPa. Sedangkan pada spesimen setelah dibakar nilai kuat tekan mengalami penurunan dari pada spesimen sebelum dibakar.

Pada spesimen setelah dibakar pada temperatur 900°C selama 1 jam, spesimen dengan tambahan zat memiliki nilai kuat tekan lebih rendah dari MK8SF2, yaitu nilai kuat tekan MK8SF2 sebesar 9,5 MPa. Sedangkan pada NB1 dan DAP1 mengalami penurunan yaitu sebesar 4,7 MPa dan 6,8 MPa.

4. Kesimpulan

Spesimen sebelum dilakukan pembakaran pada temperatur 900°C selama 1 jam memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar daripada spesimen setelah dilakukan pembakaran. Pada spesimen sebelum pembakaran nilai kuat tekan tertinggi pada tambahan *Diammonium Phosphate* 1% yaitu 24,4 MPa, sedangkan tanpa zat tambahan sebesar 23,4 MPa. Maka dapat dikatakan semakin tinggi nilai kuat tekan maka ketahanan spesimen terhadap kuat tekan geopolimer juga semakin tinggi. Sedangkan pada spesimen setelah pembakaran spesimen yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada spesimen tanpa zat tambah yaitu 23,4 MPa. Dimana semakin tinggi nilai kuat tekan setelah pembakaran maka ketahanan terhadap api juga semakin tinggi.

Daftar Pustaka

- Arifin, Z., Dayadi, I., Budiarmo, E., Budi, A. S., Erwin, Husien, N., . . . Renaldy, C. (2021). Ketahanan Api Kayu Sengon yang Diawetkan Dengan Metode Perendaman Dingin dan Bahan Pengawet Boraks. *Laporan Akhir Penelitian*.
- Effend, A. H. (2007). Natrium Silikat Sebagai Bahan Penghambat Api Aman Lingkungan. *Penelitian Jurusan Teknik Lingkungan. Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Departemen Pekerjaan umum, 8, 245-252*.
- George, C., & Susott, R. (1971). Effects of ammonium phosphate and Effects of ammonium phosphate and combustion of cellulose. *Research Paper INT-90. Intermountain Forest and Range Experiment Station: USDA Forest Service*.
- Lloyd, N. A., & Rangan, B. V. (2010). Geopolymer Concrete with Fly Ash. *Second International Conference on Sustainable Constructio Material and Technologies, 3*.
- Shen, K. K. (2021). Boron-Based Flame Retardants in Non-Halogen Based Polymers. En *Non- Halogenated Flame Retardant Handbook, 2nd Edition*. Morgan Alexander B.
- Yong, S. L. (2007). Chemical characterisation of the steel–geopolymeric gel interface. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 302(1-3), 411-423*.

