

KOMPOSISI CAMPURAN DAN METODE PEMBUATAN MORTAR METAKAOLIN GEOPOLIMER

Yosia Wurangian¹⁾, Steve Supit²⁾, Febriane Makalew³⁾, dan Deyke Mandang⁴⁾

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Jl. Raya Politeknik Kel. Buha,
Manado, 95252

E-mail: stevewmsupit@gmail.com

Abstract

The use of structural repair materials in Indonesia generally still applies the conventional method, that is by using the Portland cement as the main ingredient in the mixture of repair materials. Therefore, this study investigates the composition and methodology in making geopolymer mixture by using metakaolin as the main ingredient of the mixture. The mixture of 100% metakaolin and 95% metakaolin + 5% cement (hybrid) were used. The mixture proportions and method of making metakaolin geopolymer was evaluated based on the compressive strength values at 3, 7 and 28 days. Based on the results of the study, the composition of the metakaolin geopolymer mixture with the right manufacturing method can produce a higher compressive strength value than normal mortal, especially at an early age so that it has the potential to be used as an alternative material to repair damaged concrete.

Key Words: *Compressive Strength, Mortar, Geopolymer, Metakaolin*

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi adalah rangkaian kegiatan yang berkaitan dengan upaya pembangunan suatu bangunan atau fasilitas fisik lainnya dan umumnya mencakup pekerjaan pokok dalam bidang ilmu teknik sipil juga melibatkan disiplin ilmu lain seperti teknik mesin dan teknik elektro. Biasanya suatu bangunan direncanakan dapat berfungsi selama masa layanan/operasional tertentu. Ada berbagai aspek yang berpengaruh dalam memberikan dampak kerusakan pada elemen struktur beton suatu bangunan, yaitu faktor bencana alam seperti gempa bumi, banjir dan faktor lainnya seperti lingkungan korosif, perbedaan temperatur, kelembapan yang tinggi dapat mempercepat proses retak pada beton (Ariyanto, 2020). Dalam mengatasi kerusakan struktur maupun non-struktural dari suatu elemen bangunan diperlukan material perbaikan yang memiliki kualitas yang baik serta ramah lingkungan.

Di Indonesia sendiri, penggunaan material perbaikan struktur bangunan pada umumnya masih menggunakan metode konvensional yaitu dengan menggunakan semen

portland sebagai bahan utama dari campuran material perbaikan. Aplikasi penggunaan material semen *portland* sebagai bahan utama material perbaikan struktur bangunan masih memiliki beberapa kekurangan seperti dari segi mutu yang dihasilkan dan faktor pencemaran lingkungan pada saat proses produksi semen. Proses kegiatan industri semen *portland* menyebabkan pencemaran lingkungan berupa debu yang dihasilkan pada waktu pengadaan bahan baku, debu selama proses pembakaran, dan debu yang dihasilkan selama pengangkutan bahan baku ke pabrik serta bahan jadi ke luar pabrik, termasuk pengantongannya. Limbah debu yang dihasilkan oleh pabrik semen juga mengakibatkan terganggunya kesehatan warga sekitar pabrik (Faturrahmi, 2018). Oleh karena itu, bentuk usaha dalam memaksimalkan dan mengembangkan material perbaikan yang menghasilkan mutu lebih baik dari pada material semen *portland* dan untuk mereduksi penggunaan hingga mengganti penggunaan semen *portland*, dapat dilakukan melalui pemanfaatan geopolimer sebagai material perbaikan.

Dalam perkembangan material konstruksi, bahan geopolimer jenis baru yang mulai dikembangkan geopolimer dikenal dengan geopolimer *hybrid*, yaitu mengkombinasikan geopolimer dengan bahan lain yang mengandung OPC (*Ordinary Portland Cement*) atau PCC (*Portland Composite Cement*) untuk membantu proses perawatan yang dapat dilakukan pada suhu ruangan dan tidak harus melakukan perawatan pada suhu tinggi. Geopolimer *hybrid* dibuat dengan proporsi campuran gabungan yang pas antara semen *portland* dan material yang memiliki kandungan silika dan alumina yang tinggi. Terjadi peningkatan kekuatan dan pengurangan porositas geopolimer yang dicampur dengan PCC pada perawatan suhu ruangan. Hal tersebut membuktikan bahwa penggunaan PCC membantu ikatan polimerisasi yang lebih cepat sehingga meningkatkan kekuatan pada perawatan suhu ruangan (Wijaya et al., 2019).

Salah satu material yang dapat digunakan sebagai bahan dasar geopolimer *hybrid* yaitu kaolin. Reaktivitas kaolin dalam keadaan alaminya rendah, sehingga perlu diubah menjadi reaktif dengan cara memanaskannya secara konstan pada suhu 800°C selama 6 jam. Pada suhu ini terjadi *dehidroksilasi* (dehidrasi) yang terbentuk dari proses *endotermis*, sehingga menghasilkan metakaolin (Wibowo et al., 2018). Berdasarkan data Dinas ESDM Provinsi Sulawesi Utara tahun 2017 Kaolin di Sulawesi Utara sendiri terbagi pada beberapa daerah yaitu, Minahasa dengan indikasi yang teridentifikasi

sebanyak 1 juta ton, Bolmong, Minahasa Selatan, Bitung dan Sitaro. Pemanfaatan kaolin yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Desa Toraget, Kecamatan Langowan, Kabupaten Minahasa.

Berdasarkan beberapa hal diatas, penelitian ini bermaksud untuk membahas komposisi dan metode pembuatan campuran metakaolin geopolimer *hybrid* berdasarkan kekuatan tekannya sehingga dapat memberikan gambaran metode pelaksanaannya jika diaplikasikan di lapangan sebagai material perbaikan.

METODE PENELITIAN

Tahapan pertama adalah mencari menghitung komposisi campuran dan metode pembuatan mortar metakaolin geopolimer *hybrid*. Data komposisi campuran yang diperoleh yaitu campuran mortar konvensional sebagai pembanding, komposisi 100% metakaolin dan komposisi campuran gabungan 95% metakaolin dengan 5% semen.

Material yang digunakan dalam penelitian adalah kaolin dari Desa Toraget Kec. Langowan Kab. Minahasa yang diubah menjadi metakaolin melalui proses kalsinasi selama 6 jam pada suhu 800°C. Sebelum melewati proses pembakaran kaolin terlebih dahulu dihaluskan dalam mesin penggiling. Setelah kaolin menjadi halus lolos ayakan no. 200, proses berikutnya adalah pembakaran kaolin selama 6 jam dengan suhu 800°C sebagaimana terlihat pada Gambar 1. Selain itu, semen yang digunakan adalah *Portland Composite Cement* (PCC) merek Tonasa. Pasir yang digunakan berasal dari Amurang Kabupaten Minahasa Selatan yang lolos saringan 5mm. NaOH dan Na₂SiO₃ digunakan sebagai alkalin aktivator pada campuran mortar geopolimer dengan konsentrasi molaritas NaOH 10 M dan rasio NaOH: Na₂SiO₃ = 1:2. *Superplasticizer* tipe Sika *Viscocrete-10* digunakan pada campuran geopolimer untuk mendapatkan campuran yang *workable*.



Gambar 1. Proses pembakaran kaolin

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap kuat tekan mortar geopolimer pada umur 3, 7 dan 28 hari dan diuji mengikuti standar dari SNI 03-6825-2002 dan ASTM C 109 “*Standard Test for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. Or [50-mm] Cube Specimens)*”. Perhitungan kuat tekan mortar menggunakan persamaan berikut ini:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} f'c &= \text{Kuat tekan (MPa)} \\ P &= \text{Beban tekan (N)} \\ A &= \text{Luas penampang benda uji (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Campuran Mortar

Berdasarkan analisa perencanaan komposisi campuran, diperoleh komposisi campuran normal dan geopolimer metakakaolin *hybrid* adalah sebagai berikut:

1. Mortar konvensional (mortar normal)

Mortar konvensional merupakan mortar yang menggunakan 100% semen Portland sebagai bahan utama dan menggunakan faktor air semen 0,5 serta rasio perbandingan semen dengan pasir yaitu 1:2. Sampel mortar normal ini dalam penelitian berfungsi sebagai kontrol serta pembanding dari mortar metakaolin geopolimer *hybrid*.

2. Mortar geopolimer (Metakaolin 100%)

Pada sampel mortar geopolimer ini menggunakan komposisi 100% metakaolin sebagai bahan pengikat utama dengan rasio perbandingan antara metakaolin dengan pasir yaitu 1:2, rasio perbandingan alkaline aktivator 66,67% Na_2SiO_3 dan 33,33% NaOH dari jumlah air pada benda uji, bahan tambah kimia *Superplasticizer* tipe Sika *Viscocrete-10* sebanyak 1% dari berat binder dan faktor air semen 0,8.

3. Mortar metakaolin geopolimer *hybrid* (Metakaolin 95% + 5% semen)

Mortar metakaolin geopolimer *hybrid* adalah campuran gabungan antara metakaolin dan semen. Komposisi yang dipakai pada mortar metakaolin geopolimer *hybrid* ini adalah 95% metakaolin + 5% semen dengan rasio

perbandingan antara metakaolin + semen dengan pasir yaitu 1:2, rasio perbandingan alkaline aktivator 66,67% Na_2SiO_3 dan 33,33% NaOH dari jumlah air pada benda uji, bahan tambah kimia *Superplasticizer* tipe *Sika Viscocrete-10* sebanyak 1% dari berat binder dan faktor air semen 0,8. Tujuan dari campuran gabungan antara metakaolin dengan semen yaitu untuk meningkatkan kekuatan dan proses perawatannya bisa dilakukan pada suhu ruangan.

Metode Pembuatan Mortar Metakaolin Geopolimer *Hybrid*

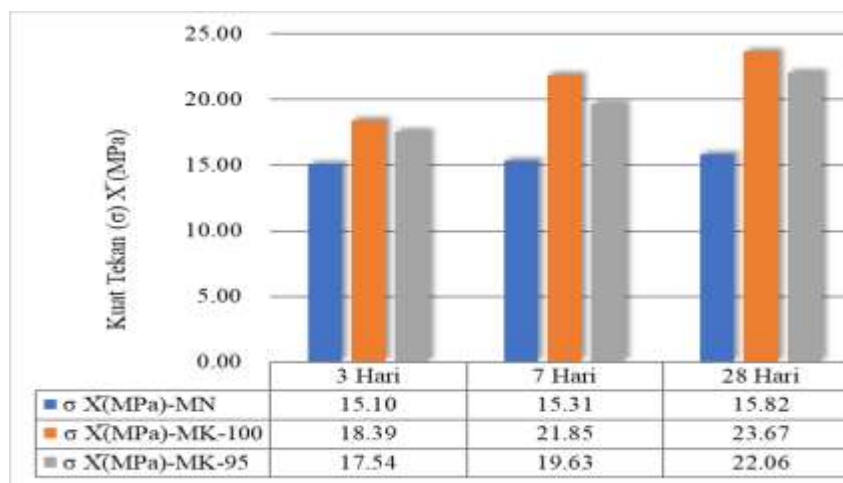
Berdasarkan hasil penelitian dalam pembuatan mortar geopolimer *hybrid*, diperoleh langkah-langkah pembuatan sebagai berikut:

1. Siapkan material yang akan digunakan dalam pembuatan adukan mortar kemudian timbang dan ukur sesuai dengan kebutuhan *mix design*.
2. Atur cetakan yang akan digunakan dengan mengoleskan pelumas berupa minyak/oli agar campuran mortar yang dimasukkan ke dalam cetakan tidak menempel dan mempermudah saat sampel akan dikeluarkan dari cetakan.
3. Setting alat mixer yang akan digunakan.
4. Gabungkan kedua alkaline aktivator NaOH dan Na_2SiO_3 yang telah diukur hingga tercampur merata
5. Setelah persiapan alat dan bahan selesai, masukkan binder ke dalam wadah pengaduk kemudian tambahkan alalin aktivator. Lalu campurkan dengan alat mixer hingga menjadi pasta.
6. Masukkan pasir secara perlahan - lahan ke dalam wadah pengaduk sambil alat mixer tetap menyala dan aduk sampai tercampur dengan baik antara pasta dan pasir.
7. Setelah pasta dan pasir hampir tercampur dengan baik, masukkan superplasticizer.
8. Masukkan mortar yang telah tercampur rata secara bertahap menjadi 2 lapisan dalam cetakan dan lakukan proses pemadatan pada setiap lapisan dengan cara menumbuk dengan penumbuk besi dan getarkan cetakan. Lakukan proses pemadatan hingga mortar terpadatkan dengan baik dalam cetakan dan ratakan permukaan sampel.

9. Setelah selesai mencetak mortar, bersihkan semua alat yang digunakan dan rapikan kembali ke tempat penyimpanan alat.

Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan pada mortar dilakukan pada umur benda uji 3, 7 dan 28 hari dengan menggunakan masing-masing 6 sampel pada setiap umur benda uji. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan dari sampel komposisi campuran mortar normal, mortar metakaolin 100% dan mortar metakaolin 95% + 5% semen. Dari hasil pengujian kuat tekan diperoleh nilai kuat tekan mortar geopolimer lebih tinggi dibandingkan mortar konvensional. Sampel metakaolin 100% memiliki nilai kuat tekan yang paling tinggi dibandingkan dengan mortar normal dan mortar metakaolin 95% + 5% semen dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik perbandingan nilai kuat tekan antara mortar normal dengan mortar geopolimer

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa tidak terjadi peningkatan kuat tekan secara signifikan dari umur 3 hari sampai umur 28 hari dan peningkatan kuat tekan mortar normal cenderung stabil dari umur 3 hari sampai dengan benda uji berumur 28 hari. Hal ini disebabkan karena proses perawatan benda uji hanya pada suhu udara. Untuk mortar geopolimer mengalami peningkatan kuat tekan yang cukup signifikan pada umur 3 hari sampai umur 28 hari. Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa sampel metakaolin 100% memiliki nilai kuat tekan yang paling tinggi, namun pada umur 28 hari sampel metakaolin

100% mengalami penurunan peningkatan kuat tekan dan sampel metakaolin 95% + 5% semen masih terus mengalami peningkatan kuat tekannya pada umur 28 hari. Peningkatan kuat tekan metakaolin 100% yang paling maksimal terjadi pada benda uji berumur 7 hari, sedangkan untuk metakaolin 95% + 5% semen terjadi peningkatan kuat tekan yang maksimal pada benda uji berumur 28 hari. Dengan proses perawatan yang sama yaitu pada suhu ruangan, mortar geopolimer memiliki nilai kuat tekan dan peningkatan kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan mortar normal.

Berdasarkan hasil penelitian dan komposisi campuran mortar geopolimer hybrid dengan bahan dasar metakaolin, potensi pemanfaatan material ini sebagai material ramah lingkungan pengganti semen sangatlah besar untuk digunakan sebagai material perbaikan kerusakan non struktural. Namun penelitian lanjutan berkaitan dengan peningkatan *workability* dan interaksi kimia yang terjadi didalamnya termasuk perilaku viskositas material ini masih perlu dilakukan (Abulensia et al., 2021).

SIMPULAN

Komposisi yang dipakai pada mortar metakaolin geopolimer *hybrid* ini adalah 95% metakaolin + 5% semen dengan rasio perbandingan antara metakaolin + semen dengan pasir yaitu 1:2, rasio perbandingan alkaline aktivator 66,67% Na_2SiO_3 dan 33,33% NaOH dari jumlah air pada benda uji, bahan tambah kimia *Superplasticizer* tipe *Sika Viscocrete-10* sebanyak 1% dari berat binder dan faktor air semen 0,8. Berdasarkan dari hasil pengujian kuat tekan dan analisa data diperoleh bahwa nilai kuat tekan mortar geopolimer 27,65% lebih tinggi dibandingkan dengan mortar konvensional dan nilai kuat tekan yang paling tinggi adalah komposisi campuran mortar metakaolin 100%. Dari komposisi dan uji kuat tekan yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan metakaolin 100% dan 95% metakaolin + 5% semen (*hybrid geopolimer*) dengan alkaline activator berpotensi untuk dapat diaplikasikan sebagai campuran mortar untuk perbaikan kerusakan non struktural bangunan tanpa melalui perawatan khusus. Walaupun demikian perlu dilakukan pengujian lanjutan berkaitan dengan aplikasi material pada kondisi lingkungan yang sebenarnya untuk mengetahui lebih detail karakteristik mortar geopolimer hybrid berbahan dasar metakaolin ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Manado sebagai lembaga pemberi dana penelitian melalui skema Penelitian Unggulan Prodi Tahun 2022 untuk Prodi Konstruksi Bangunan Gedung dengan nomor SK. 362/PL12/KP/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Abulencia, A.A, Villoria, M, Libre, Quiatchon, P, Dollente, I, Guades, E, Promentilla, A, Garciano, L, Guades, E, Promentilla, M, Garciano, L, and Ongpeng, J. (2021). Geopolymers as Sustainable Material for Strengthening and Restoring Unreinforced Masonry Structures: A Review. *Buildings*, 11, 532. <https://doi.org/10.3390/buildings11110532>
- Ariyanto, A, S. (2020). Analisis Jenis Kerusakan pada Bangunan Gedung Bertingkat (Studi Kasus pada Gedung Apartmen dan Hotel Candiland Semarang). *Bangun Rekaprima*, Vol. 06, No. 1 April 2020.
- ASTM C 109. (n.d.). Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (C 109). *Engineered Concrete*, 29–31. <https://doi.org/10.1201/9781420091175-c5>.
- Faturrahmi. (2018). Dampak Aktivitas PT. Semen Tonasa Terhadap Lingkungan Desa Biringere Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. *Jurnal Environmental Science*, Volume 1, Nomor 1 Oktober 2018.
- SNI 03-6825-2002. Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil. Badan Standardisasi Nasional.
- Wibowo, Safitri, E, dan Fatoni, L.F. (2018). Kajian pengaruh variasi metakaolin terhadap parameter beton memadat mandiri mutu tinggi. *Matriks Teknik Sipil*, Vol. 6, No. 3, DOI: <https://doi.org/10.20961/mateksi.v6i3.36560>
- Wijaya, F. M, Olivia. M, & Saputra E. (2019). Kuat Tekan Mortar Geopolimer Abu Terbang Hybrid Menggunakan Semen Portland. *Jurnal Teknik*, Volume 13, Nomor 1 April 2019, pp 61-69
