

KARAKTERISTIK CAMPURAN *METAKAOLIN GEOPOLYMER* SEBAGAI MATERIAL PERBAIKAN NON STRUKTURAL BANGUNAN

Steve Supit¹⁾, Febriane Makalew²⁾, Deyke Mandang³⁾, dan Yosia Wurangian⁴⁾

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Jl. Raya Politeknik Kel. Buha, Manado, 95252
E-mail: stevewmsupit@gmail.com

Abstract

An innovative material for the repair of building construction is currently needed to reduce the maintenance and repairment cost especially when the building is exposed to seawater. This paper presents the use of metakaolin geopolymer mortar as a repair material for non-structural building elements. The experimental method was conducted to investigate the compressive strength and sulfate resistance of this material with variation of mixture proportions consisting of 100% metakaolin, 95% metakaolin + 5% cement, and 90% metakaolin + 10% cement compared with 100% cement as a control mixture. The on-site application was also conducted to evaluate the performance of the mixture when directly applied as a repair mortar. Based on the results, the utilization of metakaolin geopolymer mixture is very promising to be considered as an innovative product for repair and rehabilitation of non-structural building components to prolong the service life of the building construction based on its function.

Keywords: *Metakaolin, geopolymer, non-structural, building, construction*

PENDAHULUAN

Beton merupakan elemen utama dalam pembuatan konstruksi bangunan gedung yang mana dalam perencanaannya perlu memperhatikan beberapa hal yang berkaitan dengan komposisi bahan pembentuk beton yang akan digunakan, metode pelaksanaan pengerjaan beton maupun analisa struktur yang mengikuti standar atau peraturan yang berlaku sesuai dengan fungsi bangunan. Perencanaan yang baik akan menghasilkan suatu konstruksi bangunan dengan kekuatan dan durabilitas tinggi sehingga memiliki daya layan yang panjang serta mengurangi biaya pemeliharaan. Namun faktanya, masih terdapat beberapa kegagalan non struktural maupun struktural bangunan akibat perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan yang tidak sesuai acuan. Oleh karena itu diperlukan suatu material perbaikan dengan kualitas dan mutu yang tinggi dalam meningkatkan daya layan bangunan terlebih untuk bangunan yang berlokasi di lingkungan korosif seperti misalnya yang sering terpapar air laut.

Di bidang material konstruksi, telah berkembang penelitian di bidang *repair material* melalui penggabungan bahan polimer dengan mortar semen dimana material pozzolan seperti abu terbang, *silica fume*, metakaolin, maupun *slag* menjadi material

utama sebagai bahan pengganti semen yang efektif digabungkan dengan polimer membentuk suatu struktur matriks mortar dengan kekuatan dan durabilitas tinggi (Deepak et al, 2016). Beberapa penelitian juga melaporkan tentang potensi material geopolimer yang dihasilkan dari *by product material* dan aktivasi alkali sebagai material perbaikan pengganti semen yang ramah lingkungan karena mereduksi emisi CO₂ dan menunjang konstruksi hijau berkelanjutan (Huseien et al, 2017; Thakial and Kaur, 2019).

Berdasarkan beberapa hal di atas, penelitian ini bermaksud mengevaluasi karakteristik mortar dengan berbahan dasar metakaolin yang dihasilkan dari kalsinasi kaolin dengan sumber pengambilan material dari Desa Toraget, Kab. Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara, dimana kaolin merupakan salah satu sumber daya alam yang tersedia namun pengolahannya sebagai material konstruksi masih sangat terbatas. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa mortar geopolimer dengan metakaolin memiliki karakteristik *setting time* yang lebih cepat dapat mencapai kekuatan tekan 30% lebih tinggi dibandingkan dengan mortar normal (Supit et al, 2022). Pada penelitian lain juga dilaporkan bahwa metakaolin geopolimer memiliki ketahanan terhadap absorpsi air dan korosi (Jindal et al, 2022). Walaupun demikian, evaluasi campuran mortar geopolimer berdasarkan ketahanan sulfat dan metode aplikasinya sebagai material perbaikan non struktural sesuai kondisi lapangan masih perlu diteliti lebih lanjut dan menjadi tujuan utama dari penelitian ini. Diharapkan bahwa penerapan hasil uji campuran material di kondisi yang sebenarnya dapat memberikan gambaran karakteristik campuran metakaolin geopolymer guna pengembangan identifikasi lanjutan menuju tahapan komersialisasi produk berbahan dasar material lokal.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah melalui uji eksperimen di laboratorium material Politeknik Negeri Manado mencakup pengujian kuat tekan mortar pada umur 3, 7, dan 28 hari dan pengujian ketahanan sulfat pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah perawatan *air curing* dengan temperatur ruangan. Material yang digunakan adalah semen jenis Portland Composite Cement, Metakaolin, Agregat halus, dan Superplasticizer 1% dari berat semen. Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan

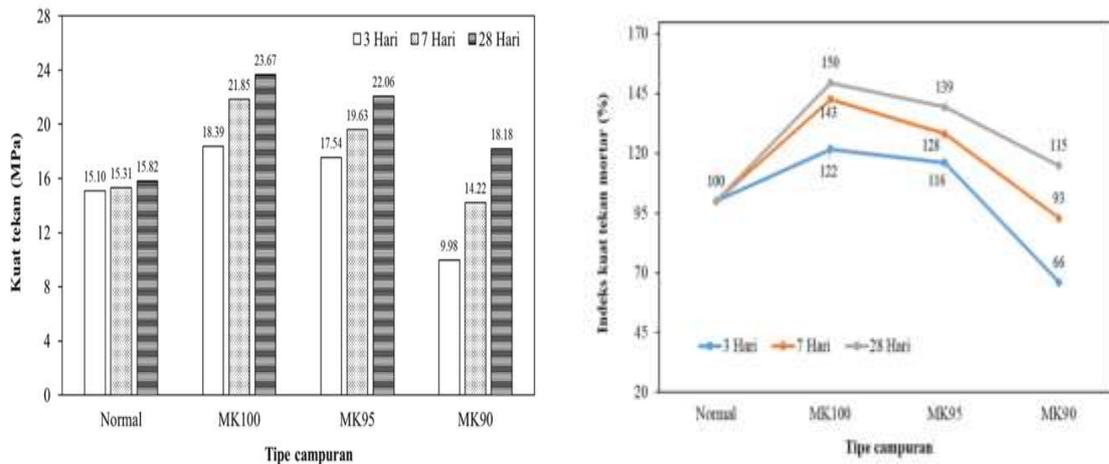
campuran 100% metakaolin (MK100), 95% metakaolin dan 5% semen (MK95) serta 90% metakaolin dan 10% semen (MK90), dengan mortar semen (Normal). Metode pengujian menggunakan SNI 03-6825-2002 “Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil” dan ASTM C 109 “*Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens*”, sedangkan pengujian ketahanan sulfat mortar berdasarkan ASTM C 452-95 “*Standard Test Method for Potential Expansion of Portland-Cement Mortars Exposed to Sulfates*”. Setelah itu, dilakukan evaluasi lapangan melalui penerapan campuran mortar geopolimer sebagai material perbaikan non struktural bangunan dengan mengambil contoh kerusakan di beberapa proyek konstruksi dalam hal ini untuk elemen pier jembatan dan lapisan plesteran tangga pada konstruksi bangunan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik mortar metakaolin geopolimer berdasarkan nilai kuat tekan

Evaluasi kekuatan mortar metakaolin geopolimer dilakukan untuk mengetahui kemampuan mortar dalam menahan beban tekan. Hasil kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 1a. Jelas terlihat bahwa peningkatan kekuatan tekan mortar metakaolin geopolimer sangatlah signifikan dibandingkan dengan mortar normal. Adapun kekuatan tekan tertinggi dicapai oleh mortar dengan metakaolin 100% sedangkan dengan kombinasi metakaolin 95% dan 5% semen diperoleh kekuatan yang tidak terlalu berbeda dengan komposisi MK100. Kekuatan yang diperoleh berkisar antara 17-23 MPa pada umur 3, 7 dan 28 hari. Sedangkan pada kondisi penambahan 10% semen pada mortar geopolimer dengan metakaolin terlihat penurunan kekuatan namun masih memberikan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan mortar normal khususnya pada umur mortar 28 hari. Kekuatan tekan mortar geopolimer dengan metakaolin berkisar antara 15%-50% lebih tinggi dari mortar normal khususnya pada umur awal awal (lihat Gambar 1b). Untuk mortar normal sendiri, tidak adanya peningkatan kekuatan yang berarti mulai pada umur 3-28 hari dikarenakan metode perawatan yang dilakukan hanya dengan perawatan udara pada temperatur ruangan sehingga proses hidrasi tidak berlangsung sempurna. Pencapaian kekuatan dari mortar geopolimer dengan metakaolin yang melebihi 20 MPa menjadikan komposisi ini dapat

diaplikasikan di lapangan sebagai material perbaikan struktur maupun non struktur tanpa memerlukan perawatan khusus sehingga dapat menghemat biaya pelaksanaan.

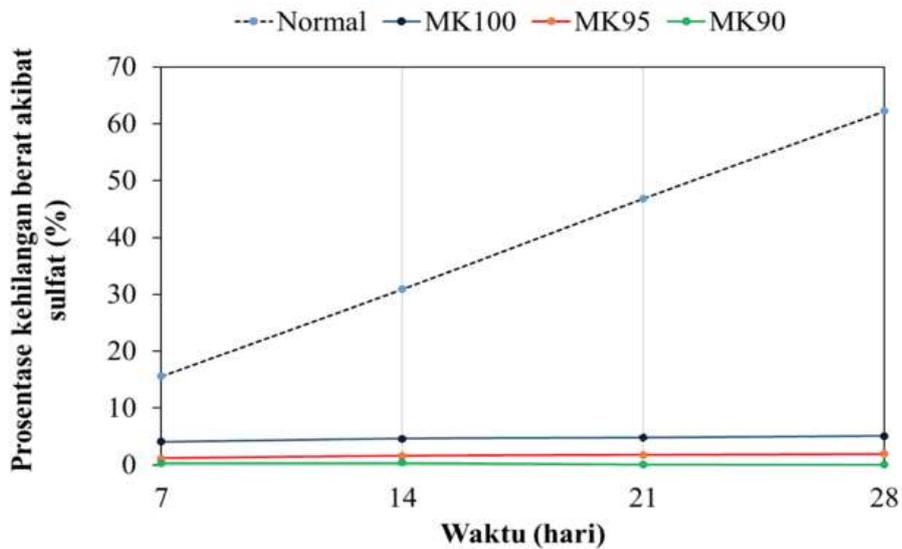


Gambar 1. a) Kuat tekan mortar pada 3, 7 dan 28 hari

b) Indeks kuat tekan mortar (%)

Karakteristik mortar metakaolin geopolimer berdasarkan ketahanan sulfat

Pengujian ketahanan sulfat dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan mortar dalam menahan serangan kimia dalam hal ini asam sulfat. Dari Gambar 2 terlihat prosentase kehilangan berat yang diakibatkan oleh perendaman mortar dalam asam sulfat mulai dari 7, 14, 21 dan 28 hari. Dengan jelas terlihat bahwa kehilangan berat terjadi paling besar pada mortar normal yang mencapai kehilangan berat sampai 60% pada umur 28 hari. Sedangkan mortar geopolimer dengan metakaolin memiliki kehilangan berat berkisar antara 0-5% mulai dari 7 sampai 28 hari. Hal ini menunjukkan kemampuan mortar geopolimer terhadap serangan asam sulfat sehingga dapat diaplikasikan sebagai material perbaikan di lingkungan yang memiliki kandungan asam sulfat tinggi misalnya di daerah sekitar rawa ataupun yang berdekatan dengan air laut maupun pantai. Ketahanan sulfat yang baik tentunya akan dapat meningkatkan *service life* dari suatu struktur bangunan melampaui dari umur rencana. Pemanfaatan material yang tahan sulfat tentunya dapat mencegah terjadinya korosi dimana korosi biasanya diakibatkan oleh lemahnya matriks dari struktur material yang digunakan dalam pembuatan elemen bangunan sehingga penetrasi serangan kimiawi dapat dengan mudah terjadi dan mengakibatkan korosi tulangan yang berlanjut pada kehilangan fungsi struktur bangunan.



Gambar 2. Kehilangan berat akibat sulfat (%)

Contoh penerapan campuran mortar metakaolin geopolimer

Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, maka setelah dilakukan beberapa pengujian karakteristik campuran pada skala laboratorium, dilakukan evaluasi metode pencampuran dan pengaplikasian campuran mortar geopolimer dengan mengambil lokasi di pier jembatan yang terkena korosi dan di bagian bangunan yang terjadi *spalling* akibat kurangnya lekatan antara material dengan tulangan.

Gambar 3a menunjukkan proses pencampuran material yang dilakukan secara manual menggunakan *hand mixer* dengan komposisi campuran sesuai dengan perencanaan. Gambar 3b menunjukkan bentuk campuran yang dihasilkan dan siap untuk diaplikasikan pada bangunan contoh dalam hal ini permukaan pier jembatan dan tangga bangunan (lihat Gambar 5).



Gambar 3. a) Proses pencampuran



b). Mortar geopolimer dengan metakaolin

Gambar 4 menunjukkan kondisi eksisting elemen bangunan yang mana terlihat dengan jelas adanya pengelupasan dan retak yang terjadi akibat bangunan yang berada di air laut sehingga diperkirakan penetrasi asam yang mulai terjadi.



Gambar 4. Kondisi eksisting kerusakan pada pier jembatan

Gambar 5 memperlihatkan pengaplikasian campuran yang dilakukan pada bagian bangunan yang keropos oleh karena kurangnya pemadatan sehingga mengurangi lekatan antara mortar dan agregat serta bangunan yang mengalami retakan akibat mulai terjadinya korosi pada tulangan.



Gambar 5. Pengaplikasian mortar metakaolin geopolimer

Dari hasil pengaplikasian ini dapat dievaluasi beberapa faktor yang perlu diperhatikan ketika menggunakan campuran mortar geopolimer yakni: 1) *flowability* campuran yang berkaitan dengan faktor air semen sehingga campuran lebih mudah melewati *shotcrete*

spray gun yang digunakan, 2) komposisi campuran mortar berkaitan dengan rasio alkalin aktivator maupun rasio *binder* dalam hal ini metakaolin dengan pasir merupakan hal penting untuk menjaga kekuatan mortar dan homogenitas campuran sehingga dapat dihasilkan *finishing* dengan tekstur yang lebih merata.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa campuran mortar geopolimer dengan menggunakan bahan dasar metakaolin dapat digunakan sebagai material perbaikan non struktur bangunan karena memiliki kekuatan yang secara signifikan lebih tinggi daripada mortar normal dengan semen dan memiliki ketahanan terhadap sulfat yang tinggi sehingga dapat diaplikasikan pula pada bangunan di lingkungan korosif misalnya yang dibangun di dekat pantai. Dalam pengaplikasiannya, perlu diperhatikan komposisi campuran, *flowability*, homogenitas campuran khususnya saat menggunakan alat bantu berupa *shotcrete spray gun*. Untuk penelitian lanjutan, diperlukan pengujian durabilitas seperti uji penetrasi klorida, dan kuat lekat campuran sehingga potensi pemanfaatan mortar geopolimer dengan metakaolin dapat lebih dikembangkan sebagai upaya pemanfaatan material lokal yang berpotensi dijadikan sebagai produk unggulan daerah di bidang material konstruksi bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 109 “*Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens)*”, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM C 452-95 “*Standard Test Method for Potential Expansion of Portland-Cement Mortars Exposed to Sulfate*”, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- BSN. (2002). SNI 03-6825-2002. *Standar Nasional Indonesia Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*.
- Deepak, H, Joy, S, and Vasugi, V. (2016), Repair Mortar for Structural Sustainability, *Indian Journal of Science and Technology*, Vol 9(25), DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i25/97059, July 2016.
- Huseien, G.F, Mirza, J, Ismail, M, Ghoshal, S,K, Hussein, A, A. (2017). Geopolymer mortars as sustainable repair material: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 80, pp. 54-74.
- Jindal, B,B, Alomayri, T, Hasan, A, Kaze, C.R. (2022) Geopolymer Concrete with Metakaolin for Sustainability: A Comprehensive Review on Raw Material’s Properties, Synthesis, Performance, and Potential Application, *Environmental Science and Pollution Research*, DOI: 10.1007/s11356-021-17849-w.

Supit, S, Olivia, M, Reza, A, Tindoilo, O. (2022). Strength and Corrosion Resistance of Metakaolin-based Geopolymer Hybrid Mortar. *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*, 9(1), DOI:10.14455/ISEC.2022.9(1).MAT-36.

Thakial, A, and Kaur, G. (2019). A Research on using Geopolymer Mortar as Repair Mortar. *Indian Journal of Science and Technology*, Vol. 12(5), DOI: 10.17485/ijst/2018/v12i5/130732, February 2019 ISSN (Print) : 0974-6846.