

## **SINTESIS KONSOLIDAN SILIKAT TERMODIFIKASI PARTIKEL SILIKA UNTUK KONSOLIDASI BATUAN ANDESIT**

Nahar Cahyandaru  
15/391240/SPA/00552

### **INTISARI**

Cagar budaya andesit banyak mengalami pelapukan, sehingga penelitian untuk pengembangan bahan konsolidan berbasis silikat perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan partikel silika dari abu sekam padi pada tetraetil ortosilikat dan litium silikat terhadap kinerja konsolidasi. Kinerja litium silikat dan tetraetil ortosilikat (TEOS) yang termodifikasi partikel silika diuji untuk konsolidasi batu andesit. Pengujian terhadap konsolidan TEOS dilakukan dengan mengoptimasi campuran TEOS dengan titanium tetraisopropoksida (TTIP) dalam pelarut etanol. Konsolidan litium silikat dipreparasi dengan mereaksikan silika yang dibuat dari abu sekam padi dan litium hidroksida. Kedua konsolidan selanjutnya ditambah dengan partikel silika dari abu sekam padi sebagai pemodifikasi. Karakterisasi material dilakukan dengan XRD, FTIR, SEM dan TGA.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja konsolidan TEOS berhasil ditingkatkan dengan penambahan TTIP dan partikel silika. Komposisi konsolidan optimal TTIP 5%, TEOS 55%, dan etanol 40% (v/v) secara signifikan meningkatkan kekuatan tekan hingga 57,61% ( $0,58 \text{ kgf / mm}^2$ ) dari batuan andesit, yang sebanding dengan batuan segar (belum lapuk). Air dalam matriks batuan mengurangi kinerja konsolidan TEOS, dan 0,5% adalah kadar air maksimum yang diizinkan untuk mempertahankan kinerja konsolidan. Penambahan partikel silika 2%(b/b) ke konsolidan TEOS mengurangi penyusutan gel dan meningkatkan kekerasan mortar dari serbuk andesit. Konsolidan litium silikat berhasil disintesis menggunakan abu sekam padi sebagai prekursor silika, dengan rasio mol optimum silika dan litium hidroksida adalah 1: 4 dan menghasilkan spesies litium ortosilikat ( $\text{Li}_4\text{SiO}_4$ ). Selanjutnya penambahan partikel silika meningkatkan kinerja konsolidan pada konsolidasi mortar andesit. Penambahan silika 1%(b/b) meningkatkan modulus elastisitas mortar dari  $1.071 \text{ N/m}^2$  menjadi  $1.415 \text{ N/m}^2$ . Hasil yang sama juga didapatkan pada sampel prisma andesit, konsolidasi andesit lapuk dengan litium silikat meningkatkan kuat tekan sebesar 12,21% (tanpa modifikasi) dan 20,17% (dengan modifikasi 1%) . Konsolidan litium silikat dengan dan tanpa modifikasi silika tidak mengubah porositas dan permeabilitas batuan andesit secara signifikan. Aplikasi konsolidan litium silikat dalam media air mampu memberikan daya konsolidasi sebanding dengan konsolidan TEOS. Penambahan partikel silika pada kedua konsolidan dapat meningkatkan kuat tekan pada konsolidasi batuan andesit. Penggunaan pelarut air memungkinkan penerapan konsolidan litium silikat pada batuan basah, sedangkan konsolidan TEOS memiliki keterbatasan penerapan pada kadar air kurang dari 5%. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi konservasi cagar budaya andesit yang lapuk.

**Kata kunci:** *Konsolidasi, Andesit, TEOS, TTIP, partikel silika*

## ***SYNTHESIS OF SILICA PARTICLE MODIFIED SILICATE CONSOLIDANT FOR THE ANDESITE ROCK CONSOLIDATION***

Nahar Cahyandaru  
15/391240/SPA/00552

### **ABSTRACT**

Many andesite cultural heritage is wheatered, development research of silicate-based consolidant is important. In this research, the effect of the additional silica particles from rice husk ash to tetraethyl orthosilicate and lithium silicate on the consolidation performance has been studied. The performance of silica particle modified lithium silicate, and tetraethyl orthosilicate (TEOS) was tested for andesite rock consolidation. Testing of the TEOS consolidant was carried out by optimizing the mixture of TEOS with titanium tetraisopropoxide (TTIP) in ethanol solvent. Consolidated lithium silicate was prepared by reacting silica prepared from rice husk ash and lithium hydroxide. Silica particles were added to the consolidants as a modifier. Materials characterization were carried out using XRD, FTIR, SEM and TGA.

The results showed that the consolidant performance of TEOS was successfully improved by the addition of TTIP and silica particles for andesite rock consolidation. The optimal consolidant composition of 5% TTIP, 55% TEOS, and 40% ethanol significantly increased the compressive strength up to 57.61% ( $0.58 \text{ kgf/mm}^2$ ) of andesite rock, which is comparable to fresh (unweathered) rock. The water in the rock matrix reduces the consolidant performance of TEOS, and 0.5% is the maximum permissible moisture content to maintain the consolidant performance. The addition of 2%(w/w) silica particles to the TEOS consolidant reduced the gel shrinkage and increased the hardness of the andesite powder mortar. Consolidated lithium silicate was successfully synthesized using rice husk ash as a silica precursor. The optimum mole ratio of silica and lithium hydroxide is 1: 4 and gives the lithium orthosilicate ( $\text{Li}_4\text{SiO}_4$ ).

Furthermore, the addition of silica particles increases the performance of the consolidant in andesite mortar consolidation. The addition of 1% silica (w/w) increased the modulus of elasticity of the mortar from 1,071 N/m<sup>2</sup> to 1,415 N/m<sup>2</sup>. The same results were also obtained in andesite prism samples; the consolidation of weathered andesite with unmodified lithium silicate increased the compressive strength by 12.21%, while the modification with 1% silica increased the compressive strength by 20.17%. Consolidated lithium silicate with and without silica modification did not significantly change the porosity and permeability of andesite rock. The application of lithium silicate consolidants in aqueous media can consolidate andesite rock with similar performance to TEOS. The addition of silica particles to both consolidations can increase the compressive strength of andesite consolidation. The use of aqueous solvents allows lithium silicate consolidants to wet rock, while TEOS consolidants have limited application at a water content of less than 5%. The results of this study are expected to be a solution for the conservation of weathered andesite cultural heritage.

**Keywords:** *Consolidation, Andesite, TEOS, TTIP, silica particle*