

PENGGUNAAN TANAH LATERIT DAN KAPUR PADAM TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER PADA CURING UDARA TERBUKA

Muh. Sayfullah S.

(Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Buton)

Email : muh.sayfullah@yahoo.com

ABSTRAK

Sebagian besar lapisan permukaan di wilayah Papua dan Kalimantan merupakan Tanah Laterit. Ketika kering tanah laterit akan kering namun ketika mengandung air dalam jumlah besar tanah laterit menjadi lembur. Produksi semen memerlukan energi yang besar sehingga geopolymer beton dan mortar merupakan material yang memiliki potensi yang besar sebagai alternatif untuk mengurangi penggunaan semen *Portland* karena memiliki sifat mekanik yang hampir menyerupai beton berbasis semen *Portland*. Penelitian ini membahas pemanfaatan abu terbang dan alkali aktivator (NaOH dan Na₂SiO₃) untuk mengikat tanah laterit dengan menambahkan kapur padam untuk mengurangi penggunaan oven membentuk mortar geopolymer. Perbandingan tanah laterit dan kapur padam digunakan yaitu 95%:5%. Pengujian flow pada mortar geopolymer segar memperlihatkan semua material mampu terikat dengan baik dan tidak terjadi segregasi. Benda uji yang telah mengeras dirawat di udara yang terekspos (udara terbuka) selama 3, 7 dan 28 hari. Pengujian kuat tekan dianalisa untuk mengetahui perilaku mortar geopolymer. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kuat tekan dari umur 3 ke 7 hari namun menurun pada umur 28 hari.

Kata kunci : mortar geopolymer, abu terbang, kuat tekan

A. PENDAHULUAN

Sebagian besar lapisan permukaan di wilayah Papua dan Kalimantan merupakan Tanah Laterit. Ketika kering tanah laterit akan kering namun ketika mengandung air dalam jumlah besar tanah laterit menjadi lembur. Tanah memiliki spesifikasi yang berbeda dari setiap jenisnya, sehingga memerlukan penanganan yang berbeda baik secara mekanis dan kimia. Penanganan ini harus dilakukan secara tepat karena apabila tidak tepat maka akan terjadi kerusakan-kerusakan struktur bangunan sipil yang ditimbulkan oleh reaksi tanah baik secara mekanis maupun kimia.

Perbaikan tanah yang dikenal dalam rekayasa geoteknik secara umum terbagi dalam tiga kategori, yaitu cara mekanis, cara kimia, dan cara fisik. Cara mekanis didasarkan atas usaha-usaha mekanis, seperti kompaksi dan konsolidasi. Pada cara kimiawi, suatu bahan aditif berupa binders (semen, kapur, abu terbang) dicampurkan

dalam tanah yang kemudian akan mengubah properties dan kekuatan tanah. Sedangkan pada cara fisik, suatu bahan perkuatan seperti geotekstil dimasukkan atau disusun pada lapisan tanah untuk memperkuat tanah. Menambah kapur dan semen Portland komposit untuk meningkatkan kinerja tanah lateritic yang banyak terdapat di wilayah Merauka, Irian Indonesia (Todingrara dkk., 2017).

Salah satu jenis material untuk menghasilkan geopolymer adalah abu terbang. Penggunaan geopolymer berbasis abu terbang sebagai pengikat material turut pula dikembangkan, dalam memberikan produk yang ramah lingkungan, mengingat pabrik semen selain menghasilkan semen juga turut menghasilkan emisi karbon dioksida yang cukup besar ke atmosfer. Berdasarkan laporan *International Energy Agency* (IEA), produksi semen secara luas diakui sebagai kontributor utama emisi gas rumah kaca, yang berjumlah 6 - 7% dari

total emisi gas CO₂ ke atmosfer bumi. Diperkirakan sekitar 0,9-1,0 ton CO₂ dihasilkan dari pembakaran satu ton klinker (Deja *et al.*, 2010). Penggunaan abu terbang dapat mengurangi total permintaan energi untuk memproduksi beton, menurunkan emisi gas rumah kaca ke dalam atmosfer bumi dari industri beton dengan mendaur ulang abu terbang.

Curing atau perawatan merupakan salah satu tahapan yang cukup penting setelah pembuatan benda uji. Pelaksanaan curing atau perawatan biasa dilakukan setelah bekisting dibuka dari waktu yang ditentukan dengan tujuan untuk memastikan terjaganya benda uji yang di perlukan untuk proses reaksi kimia yang terkandung dalam campuran. Selain itu dilakukan curing agar memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termaksud bahan tambah atau pengganti dapat berlangsung secara optimal dan menjaga agar tidak terjadi susut berlebihan yang mengakibatkan kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga dapat menimbulkan retak/keretakan. Dalam penelitian ini digunakan satu macam perlakuan perawatan yaitu perawatan udara luar yang terekspos secara langsung.

Dari beberapa penelitian yang sudah ada beton atau mortar geopolimer membutuhkan oven pada suhu antara 35 – 80°C selama 24 jam bahkan hingga 7 hari untuk mencapai kekuatan yang sama dengan beton normal. Hal ini dapat menyulitkan pada saat pekerjaan di lapangan. Hal yang bisa dilakukan adalah dengan perlakuan khusus terhadap tanah laterit yang ada. Salah satu metode meningkatkan kemampuan material adalah dengan pemanfaatan kapur padam dan abu terbang yang di campur dengan tanah laterit. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian untuk mengurangi proses curing oven pada beton atau mortar geopolimer. Salah satunya dengan cara penambahan kapur padam. Adanya unsur cation Ca²⁺ pada kapur dapat memberikan ikatan antar partikel yang lebih besar untuk melawan sifat mengembang dan menaikan daya dukung tanah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan melihat pengaruh penambahan

kapur padam terhadap kuat tekan mortar geopolimer yang mengandung tanah laterit.

B. METODELOGI PENELITIAN

1. Metode Penelitian dan Variasi Benda

Uji

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium. Campuran mortar geopolimer yang terbuat dari tanah laterit, abu terbang (*fly ash*), kapur padam (Ca(OH)₂), alkalin aktivator berupa NaOH (sodium hidroksida) dan Na₂SiO₃ (natrium silikat) diproduksi dengan menggunakan material lokal dari Sulawesi Selatan. Kemudian dilakukan pengkajian dan pengujian terhadap uji kuat tekan. Benda uji yang dibuat sebanyak 15 buah dengan melakukan curing udara luar (terekspose) dengan variasi terhadap perbandingan tanah laterit dan kapur padam yaitu 95%:5% dengan konsentrasi NaOH sebesar 12 M dan perbandingan alkalin aktivator sebesar 1,5.

2. Metode Pengumpulan Data

Tahap I (Pendahuluan) studi pustaka dilakukan pada tahap ini untuk menetapkan permasalahan dan tujuan penelitian. Selain itu, dilakukan pemeriksaan karakteristik fisik dari material-material yang digunakan untuk memproduksi benda uji mortar geopolimer, diantaranya tanah laterit, abu terbang dan kapur padam Ca(OH)₂.

Tahap II (Persiapan Benda Uji) merupakan tahap di mana seluruh bahan dan alat yang akan digunakan selama penelitian disiapkan terlebih dahulu termasuk tanah laterit, abu terbang, kapur padam Ca(OH)₂, Natrium Hidroksida (NaOH) dan Natrium Silikat (Na₂SiO₃). Kemudian dilakukan penimbangan bahan-bahan yang akan digunakan untuk memproduksi mortar geopolimer (tanah laterit, abu terbang, kapur padam Ca(OH)₂, Natrium Hidroksida (NaOH) dan Natrium Silikat (Na₂SiO₃) berdasarkan komposisi campuran yang telah ditetapkan dan pembuatan benda uji. Campuran yang dibuat adalah terdiri dari perbandingan antara tanah laterit dan kapur padam sebesar 95%:5% dengan konsentrasi

NaOH sebesar 12 M dan perbandingan alkalin aktivator sebesar 1,5.

Tahap III (Pengujian Benda Uji) pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap benda uji yang telah dibuat pada tahap sebelumnya, yaitu uji kuat tekan untuk mengetahui karakteristik campuran benda uji yang telah dibuat. Variasi benda uji telah dijelaskan pada point sebelumnya, dimana untuk semua benda uji dilakukan perawatan (*curing*) yaitu udara luar yang terekspos langsung dengan umur benda uji yaitu pada umur 3 hari, 7 hari, 28 hari.

Tahap IV (Analisis Data) pada tahap ini dilakukan pengolahan data primer yang diperoleh dari hasil-hasil uji yang dilakukan di laboratorium berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan terhadap benda uji (sampel), yaitu dilakukan analisis mengenai kinerja campuran baik terhadap uji kuat tekanyang menggambarkan kemampuan benda uji dalam menerima beban tekan. Selanjutnya, dibuat pembahasan mengenai hasil yang diperoleh sehingga dapat menjawab tujuan dari penelitian.

3. Metode Analisis Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dimulai dengan pengujian karakteristik material yang digunakan yang terdiri dari tanah laterit, abu terbang dan kapur padam $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Selanjutnya, membuat rancangan campuran (*mix design*) berdasarkan penelitian terdahulu dan penelitian pendahuluan dengan konsentrasi molaritas NaOH sebesar 12 M. Setelah itu, dilakukan pembuatan benda uji dan pengujian kuat tekan sesuai umur benda uji yaitu 3, 7 dan 28 hari. Data yang terkumpul ini kemudian

digunakan untuk menganalisis kemampuan benda uji mortar geopolimer yang berbahan tanah laterit dalam menerima beban tekan dengan mengacu pada SNI 03-6825-2002.

C. HASIL PENELITIAN

1. Karakteristik material

Pengujian yang dilaksanakan meliputi pengujian karakteristik fisik dan kimia tanah laterit, karakteristik fisik dan kimia abu terbang dan karakteristik fisik kapur padam $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

2. Karakteristik fisik tanah laterit

Pemeriksaan karakteristik fisik dan kimia tanah laterit yang berfungsi sebagai agregat halus diperlihatkan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui hasil pemeriksaan berat jenis sampel adalah 2,74. Dari nilai berat jenis tersebut diperoleh jenis tanah lempung. Dari hasil pemeriksaan kadar air diperoleh kadar air 38,85%. Dari hasil pengujian batas-batas atterberg yang menunjukkan hubungan jumlah ketukan dan kadar air diperoleh nilai batas cair (LL) = 60,81% dan batas plastis (PL) = 38,95%. Indeks plastisitas diperoleh dari selisih antara batas cair dan batas plastis, sehingga diperoleh nilai Indeks Plastisitas (PI) = 21,86%. Berdasarkan pemeriksaan kimia hasil yang diperoleh yaitu, nilai persentase kandungan Mangan dioksida (MnO) sebesar 0,10 %, Aluminium Oksida (Al_2O_3) sebesar 49,38%, Silikon Dioksida (SiO_2) 34,81%, Kalium Oksida (K_2O) sebesar 0,35%, Feri Oksida (Fe_2O_3) sebesar 12,49% dan Titanium Dioksida (TiO_2) sebesar 1,39%.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisik Tanah Laterit

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
1	Berat Jenis	2,74
2	Kadar Air	38,85 %
Batas-batas Atterberg		
3	Batas Cair (LL)	60,81 %
	Batas Plastis (PL)	38,95 %
	Indeks Plastis (PI)	21,86 %
Kompaksi		
4	W_{opt}	31,38%
	γ_{dry}	1,40 gr/cm ³
5	Analisa Saringan	> 50 % lolos saringan no.200
Klasifikasi tanah		
6	ASTM	CH (Lempung anorganik dengan Plastisitas tinggi, lempung “gemuk” (fat clays)
	AASHTO	A – 7 – 5
7	Kuat tekan	0,09 MPa

3. Karakteristik sifat fisik Abu terbang

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian karakteristik fisik abu terbang. Dari hasil pengujian diperoleh nilai berat jenis spesifik yaitu 2,65. Dari hasil

pengujian analisa saringan dan hidrometer diperoleh nilai persentase abu terbang yang lolos saringan no. 200 sebesar 90 %, dengan diameter butiran berkisar antara 0,00277-0,07522.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisik Abu Terbang

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
1.	Berat Jenis	2,65
2.	Analisa Saringan dan Hidrometer	> 90 % lolos saringan no. 200

4. Karakteristik fisik kapur padam

Tabel 3 memperlihatkan hasil pengujian diperoleh nilai berat jenis spesifik

yaitu 2,25. Sedangkan pengujian analisa saringan kapur menghasilkan nilai kapur lolos saringan No. 200 lebih dari 50%.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Kapur Padam

No	Karakteristik Material	Hasil Pemeriksaan
1	Berat Jenis	2,25
2	Analisa Saringan	< 50% lolos No.200

5. Rancang campuran mortar geopolymer

Komposisi rancang campuran mortar geopolymer menggunakan variasi molaritas NaOH sebesar 12 M dan masing-masing umur terdapat 5 buah sampel yaitu 5

pengujian umur 3 hari, 5 buah pengujian umur 7 hari dan 5 buah pengujian umur 28 hari, dapat dilihat pada Tabel 4. Setelah dikeluarkan dari cetakan kubus 5 x 5 x 5 cm, benda uji mortar geopolymer kemudian di curing pada udara terbuka (terekspos) hingga umur 3, 7 dan 28 hari.

Tabel 4. Komposisi Rancang Campuran Mortar Geopolymer untuk 11 buah (kubus 5x5x5 cm)

Rasio Alkali Aktivator Na ₂ SiO ₃ /NaOH	Perbandingan			Na ₂ SiO ₃ (gr)	Abu Terban g (gr)	Tanah Laterit (gr)	Kapur Padam (gr)	Air (gr)
	Tanah Laterit	Kapur Padam	NaOH (gr)					
1.5	95 %	5 %	336	504	600	1140	60	700

6. Kuat tekan mortar geopolymer

Tabel 5. memperlihatkan tabel nilai kuat tekan pada masing-masing umur perawatan yaitu 3, 7 dan 28 hari. Peningkatan kuat tekan pada umur 3 hingga 7 hari namun mengalami penurunan pada umur 28 hari. Pada penggunaan 95% tanah

laterit dan 5% kapur padam pada umur 3 hingga 7 hari mengalami peningkatan sebesar 108,99% dan mengalami penurunan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 9,05%.

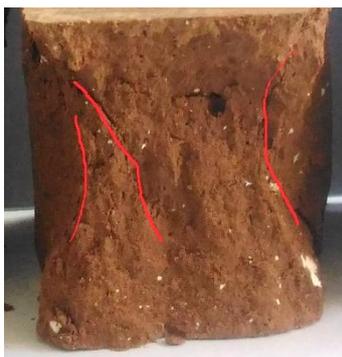
Tabel 5. Nilai Kuat Tekan pada masing-masing benda uji berdasarkan umur

Umur (Hari)	3	7	28
Kuat Tekan (MPa)	1,4	2,9	2,6
Presentasi %	54	112	100

7. Pola Retak

Pola retak yang terjadi pada curing luar ruangan terjadi *spalling* pada permukaan benda uji ketahanan mortar geopolymer menurun sering dengan penambahan umur serta pada masing-

masing sampel uji terlihat bahwa masih ada kapur padam yang menggumpal.



Umur 3 Hari



Umur 7 Hari



Umur 28 Hari

D. PEMBAHASAN

Komposisi kandungan kimia abu terbang mengandung unsur kimia antara lain Silika Oksida (SiO_2) sebesar 34,63%, Aluminium Oksida (Al_2O_3) sebesar 19,16%, Ferrik Oksida (Fe_2O_3) sebesar 19,96% dan Kalium Oksida (CaO) 12,74%. Berdasarkan ASTM C618-05, abu terbang terbagi menjadi tiga kategori yaitu kelas N, kelas F, dan kelas C. Abu terbang yang digunakan pada penelitian ini termasuk kelas F karena memiliki kandungan Kalium Oksida (CaO) lebih kecil dari 20% yaitu 12,74% dan unsur CaO yang terkandung dalam abu terbang kelas F adalah kurang dari 20% (Temujin et al., 2010).

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa nilai kuat tekan semakin meningkat seiring dengan perubahan umur. Beberapa penelitian telah mengungkapkan bahwa dengan penambahan kapur mampu memperbaiki dan meningkatkan kinerja tanah yang distabilisasi sehingga tanah tersebut mampu memiliki sifat atau daya dukung tanah yang lebih baik dari daya dukung tanah semula. Beberapa penelitian telah mengungkapkan bahwa dengan penambahan kapur mampu memperbaiki dan meningkatkan kinerja tanah yang distabilisasi sehingga tanah tersebut mampu memiliki sifat atau daya dukung tanah yang lebih baik dari daya dukung tanah semula (Dash, 2012, Horpibulsuk et al., 2003, Latifi et al., 2015, Consoli et al., 2001, Portelinha et al., 2012).

Hasil pengujian mortar geopolimer yang mengandung tanah laterit dan kapur padam pada curing luar ruangan (terekspose) mengalami peningkatan kuat tekan pada umur 3 hingga 7 hari namun mengalami penurunan pada umur 28 hari. Penurunan nilai kuat tekan mortar geopolimer umur 28 hari pada curing luar terbuka (terekspose) disebabkan oleh cuaca hujan, sinar matahari yang mengakibatkan benda uji mengalami kembang (pada saat hujan) dan susut (pada saat cuaca panas) sehingga terjadi retak-retak pada benda uji. Selain umur curing, variasi tanah laterit dan kapur padam juga mempengaruhi nilai kuat tekan mortar geopolimer.

E. KESIMPULAN

Penggunaan jumlah kapur padam sebesar 5% dari jumlah tanah laterit dan larutan alkali NaOH di tambah Na_2SiO_3 mampu bekerja membentuk pengikat yang memberikan kekuatan pada campuran tanah laterit geopolimer abu terbang sehingga mampu terekspos udara terbuka.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 618-05.(2005). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.
- ASTM C618-03.(2003). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6825-2002) Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil. Jakarta : Dewan Standardisasi Nasional.
- Consoli N.C., Prietto P.D.M., Carraro J.A.H. & Heineck K.S. (2001). Behavior of Compacted Soil-Fly Ash-Carbide Lime Mixtures, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* , pp. 774-782.
- Dash S.K. (2012). Lime Stabilization of Soils: Reappraisal, *Journal of Engineering*, Vol. 2 Maten Civi4, No. 6, pp. 707-714.
- Deja J., Ulias A. & Mokrzyck E. (2010). CO_2 Emissions From Polish Cement Industry. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 4 : 583-588.
- Horpibulsuk S., Miura N. & Nagaraj. T.S. (2003). Assessment of strength development in cement-admixed high water content clays with Abrams' law as a basis, *Geotechnique* 53, No. 4, pp. 439-444.
- Latifi N., Marto A. & Eisazadeh A. (2015). Analysis of strength development in

non-traditional liquid additive-stabilized laterite soil from macro and micro-structural considerations, *Environ Earth Sci* 73:1133–1141.

Portelinha F.H.M., Lima D.C., Fontes M.P.F. & Carvalho C.A.B. (2012). Modification of a Lateritic Soil with Lime and Cement : An Economical Alternative for Flexible Pavement Layers, *Soils and Rocks*, São Paulo, 35(1): 51-63.

Temuujin J., Riessen A.V. & MacKenzie K.J.D. (2010). Preparation and

Characterisation of Fly Ash Based Geopolymer Mortars. *Construction and Building Materials* 24 : 1906-1910.

Todingrara T.T., Tjaronge M.W., Harianto T. & Ramli M. (2017). Performance of laterite soil stabilized with lime and cement as a road foundation: *Internasional Jurnal of Applied Engineering*. Vol. 12 : 4699-4707.