

PENGARUH VARIASI NaOH TERHADAP Na₂SiO₃ TERHADAP NILAI KUAT TEKAN DRY GEOPOLYMER MORTAR METODE DRY MIXING PADA KONDISI RASIO ABU TERBANG TERHADAP AKTIVATOR 5:1

Oky Rachmawan Saputra

Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
petapa12345@gmail.com

Arie Wardhono

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
ariewardhono@unesa.ac.id

Abstrak

Umumnya, dalam membangun suatu infrastruktur diperlukan material struktural yang kokoh yaitu beton. Di dalam beton terdapat bahan pengikat utama yang mampu membentuk kekuatan yaitu semen *portland*. Oleh karena itu permintaan semen portland lambat laun diprediksi akan semakin meningkat seiring gencarnya para negara-negara membangun infrastruktur untuk memperlancar roda perekonomian negara mereka. Beton geopolimer bisa menjadi solusi dalam permasalahan ini karena merupakan suatu jenis beton yang 100% tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi NaOH terhadap Na₂SiO₃ terhadap nilai kuat tekan *dry* geopolimer mortar metode *dry mixing* pada kondisi rasio abu terbang terhadap aktivator 5:1 dan didapatkan kuat tekan tertinggi dengan variasi NaOH terhadap Na₂SiO₃ pada kondisi rasio abu terbang terhadap aktivator 5:1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi didapat pada kondisi abu terbang terhadap aktivator 5:1 adalah 26,98 MPa, yaitu pada variasi campuran NaOH terhadap Na₂SiO₃ sebesar 1:3. Kuat tekan *dry* geopolimer mortar dipengaruhi banyaknya komposisi Na₂O. Semakin tinggi kandungan Na₂O maka reaksi yang terjadi akan semakin cepat yang menyebabkan semakin tingginya kuat tekan. Namun jika komposisi Na₂O didalamnya terlalu tinggi juga dapat menyebabkan menurunnya kuat tekan mortar.

Kata Kunci : mortar geopolimer, metode *dry mixing*, binder geopolimer.

Abstract

Generally, to build an infrastructure, strong structural materials are needed, that is a concrete. Inside the concrete there is the main binder material which is able to form the strength, it is a portland cement. Therefore, portland cement demand is predicted to be increased as countries intensely build infrastructure to facilitate the economy of their country. Geopolymer concrete can be the solution to this problem because it is a type of concrete that is 100% not using cement as a binder material. The purpose of this study was to determine the effect of variation NaOH on Na₂SiO₃ on the value of compressive strength of dry geopolimer mortar with dry mix method in the condition of the ratio of fly ash on activator 5:1 and the highest compressive strength with NaOH variation on Na₂SiO₃ in the condition of the fly ash ratio to activator 5:1. The results showed that the highest compressive strength obtained in the fly ash condition against a 5:1 activator was 26.98 MPa, which is in the variation of NaOH mixture to Na₂SiO₃ by 1: 3. The compressive strength of dry geopolimer mortar is influenced by the amount of Na₂O composition. The higher the Na₂O content, the faster the reaction will cause the higher the compressive strength. But if the composition of Na₂O in it is too high it can also cause a decrease in mortar compressive strength.

Keywords : geopolimer mortar, dry mixing method, geopolimer binder.

PENDAHULUAN

Salah satu persyaratan untuk menentukan tingkat daya saing suatu negara adalah Infrastruktur (*World Economic Forum*, 2017). Infrastruktur berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Salah satu tantangan terbesar juga yang dihadapi oleh

negara-negara yang sedang berkembang adalah terkait masalah kemiskinan. Untuk mengatasinya maka pembangunan ekonomi merupakan salah satu jalan keluar. Melalui pembangunan infrastruktur maka roda perekonomian suatu negara akan lebih produktif.

Biasanya untuk membangun suatu infrastruktur diperlukan material struktural yang kokoh. Beton

merupakan bahan yang paling banyak dipakai pada pembangunan dalam bidang teknik sipil, baik pada bangunan gedung, jembatan, bendungan, maupun konstruksi lainnya (Ali Asroni, 2010). Didalam beton terdapat bahan pengikat utama yang mampu membentuk kekuatan yaitu semen *portland*. Melalui reaksi hidrasi, semen *portland* dapat menjadi pengikat agregat kasar dan halus pada beton (Abdul Karim Yasin, 2017). Oleh karena itu permintaan semen *portland* lambat laun diprediksi akan semakin meningkat seiring gencarnya para negara-negara membangun infrastruktur untuk memperlancar roda perekonomian negara mereka.

Kementrian Perindustrian Republik Indonesia memperkirakan total kapasitas semen nasional pada 2017 mencapai 102 juta ton dari total kebutuhan 70 juta ton per tahun, seiring dengan tingginya realisasi investasi pada industri semen dalam negeri (Kemenperin, 2017). Sedangkan untuk memproduksi 1 ton semen *portland* mengeluarkan hampir 1 ton CO₂ ke udara (McCaffrey, 2002). Sehingga negara indonesia menyumbang kurang lebih 102 juta ton CO₂ ke udara per tahunnya. *The Portland Cement Association* juga memprediksi konsumsi semen tahunan naik 2,6% pada 2017 dan 2,8% pada 2018 (*Portland Cement Association*, 2017).

Karbon dioksida ini (CO₂) memiliki resiko paling besar dalam perubahan iklim karena gas ini terus terakumulasi di atmosfer dalam jumlah yang sangat besar (HMTL-ITB, 2015). Perlu diingat bahwa perubahan iklim tidak terjadi secara tiba-tiba, peristiwa ini terjadi oleh berbagai sebab, Global Warming adalah penyebab terjadinya perubahan iklim (Mega Puspita Sari, 2017). Perubahan iklim menjadi peringkat ke-4 resiko global setelah bencana alam, cuaca ekstrim dan yang menjadi peringkat teratas adalah senjata pemusnah masal (*World Economic Forum*, 2018).

World Meteorological Organization Green House Gas Bulletin (2017) menyebutkan tingkat penambahan karbon dioksida di atmosfer selama 70 tahun terakhir mencapai 100 kali lebih besar dari zaman es terakhir. Organisasi tersebut juga mencatat bahwa kadar karbon dioksida sebesar 403,3±0,1 ppm, meningkat sebesar 3,3 ppm dari tahun 2015 dan 2016 dimana emisi karbon dioksida pada tahun tersebut lebih tinggi dari catatan emisi tertinggi tahun-tahun sebelumnya. Salah satu penyebab emisi ini adalah pembakaran bahan bakar fosil dan dari produksi semen dengan total mencapai 145% di atmosfer. Tidak dapat dihindari jika semen *portland* sangat dibutuhkan sekali dalam konstruksi karena termasuk salah satu material penyusun beton.

Beton geopolimer bisa menjadi solusi dalam permasalahan ini. Beton geopolimer merupakan suatu jenis beton yang 100% tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya (Ginanjar Bagus Prasetyo, 2015). Pengikat dalam beton geopolimer ini menggunakan aktivator alkali. Dimana aktivator alkali ini mampu bereaksi dengan material yang mengandung Si dan Al tinggi yang melalui proses polimerisasi (Abdullah et al, 2013). Salah satu material yang mengandung Si dan Al tinggi adalah *Fly Ash*. *Fly Ash* ini merupakan material pozzolan yang banyak tersedia dengan jumlah 2260 juta ton per tahun atau 12 kali lipat dari ketersediaan semen *portland*.

Pengikat (*binder*) beton geopolimer ini merupakan suatu terobosan untuk menggantikan *binder* semen *portland*, karena memiliki beberapa keunggulan yaitu: ramah lingkungan (tanpa mengeluarkan emisi gas CO₂), tingkat workabilitas tinggi, lebih tahan terhadap serangan bahan kimia, dan lebih tahan terhadap temperatur tinggi (Abdullah et al, 2013).

Terdapat dua metode untuk pembuatan binder geopolimer yaitu metode pencampuran basah (*Wet Mixing*) dan metode pencampuran kering (*Dry Mixing*). Metode pencampuran basah merupakan metode yang umum digunakan dalam proses pembuatan beton geopolimer. Maksudnya, bahan kimia alkali aktivator yang digunakan disajikan sendiri dalam bentuk larutan. Padatan NaOH (Natrium Hidroksida) dilarutkan sesuai konsentrasi molar yang diinginkan dan Na₂SiO₃ (Natrium Silikat) berwujud larutan. Larutan tersebut kemudian dicampur dengan bahan pozzolan yang disiapkan dalam wadah tersendiri sebelumnya (Abdullah et al, 2013). Metode pencampuran kering merupakan metode dimana bahan kimia alkali aktivator digiling bersamaan dengan bahan pozzolan dengan komposisi tertentu, sehingga menghasilkan suatu butiran halus mirip semen (semen geopolimer). Semen geopolimer ini cukup ditambahkan air saja dalam aplikasi penggunaannya (Tri Eddy et al, 2017).

Pembuatan binder geopolimer ini biasanya menggunakan metode basah yaitu mencampur bahan pozzolan dan aktivator dengan takaran tertentu serta dengan molaritas tertentu. Pembuatan binder geopolimer juga mempunyai kelemahan yaitu desain campurannya memerlukan perhitungan komposisi kimia (aktivator dan bahan pozzolan) serta pemahaman tentang ilmiah orang awam masih terbatas dan perlu pengawasan orang yang mengerti geopolimer. Serta untuk penerapan dimasyarakat

masih jarang dan masih kalah dengan kepopuleran binder dengan menggunakan semen.

Binder dengan semen sangat populer dimasyarakat dikarenakan penggunaannya untuk campuran mortar, pasta maupun beton hanya menambahkan air saja dengan rasio tertentu. Karena penerapan binder geopolymer dengan metode basah sangat sulit diterapkan dimasyarakat, maka binder geopolymer dengan metode pencampuran kering ini-lah solusi untuk menutupi kelemahannya serta diharapkan dapat diterima di masyarakat.

Dalam penelitian Ridho Bayuaji et. al., (2017) merekomendasikan bahwa, langkah-langkah perhitungan untuk menghasilkan komposisi campuran geopolymer dengan metode pencampuran kering yaitu rentang yang dianjurkan untuk parameter *Fly Ash*:Aktivator dengan nilai minimum 85%:15% serta untuk nilai maksimum 77%:23%. Dalam tim penelitian ini, penulis menggunakan komposisi *Fly Ash*:Aktivator sebesar 5:1. Sedangkan untuk parameter aktivator (NaOH:Na₂SiO₃) akan dilakukan *trial and error* dengan batasan dari penelitian sebelumnya.

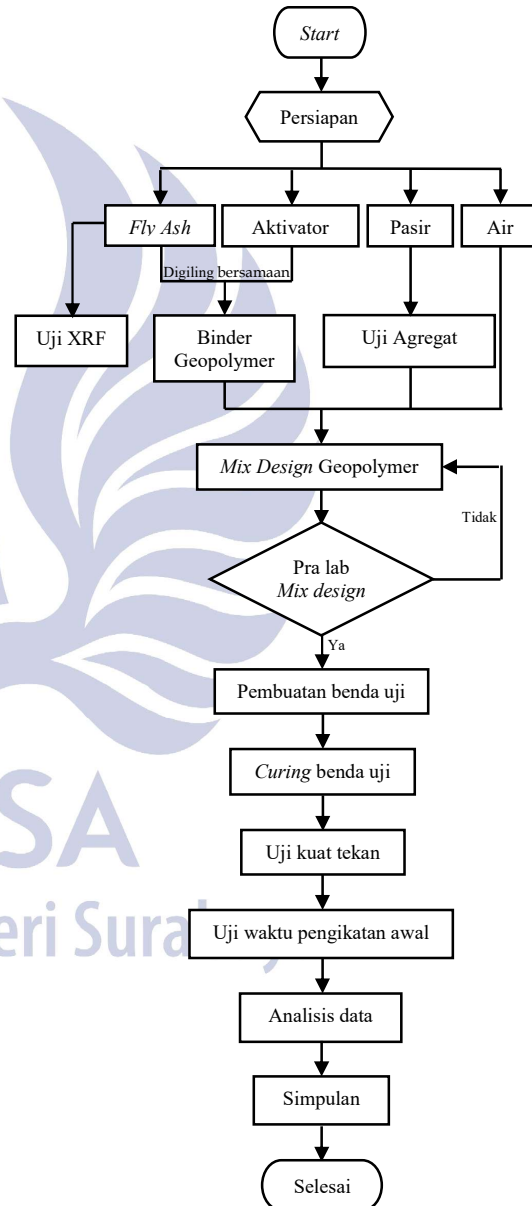
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi NaOH terhadap Na₂SiO₃ terhadap nilai kuat tekan *dry* geopolymer mortar metode *dry mixing* pada kondisi rasio abu terbang terhadap aktivator 5:1. Batasan masalah pada penelitian ini adalah: (1) Menggunakan *fly ash* kelas C, (2) Metode yang digunakan adalah *dry mixing* dengan kondisi rasio abu terbang terhadap aktivator 5:1, (3) Menggunakan pasir Lumajang, (4) Air yang digunakan adalah air aquades, (5) Aktivator (NaOH:Na₂SiO₃) dalam bentuk padat, (6) Uji bahan *fly ash* menggunakan uji XRF (*X-Ray Fluorescent*), (6) Variasi (NaOH: Na₂SiO₃) menggunakan interval dari 1:1 sampai 1:3 dengan kelipatan kenaikan 0,5 , (7) Pengujian mortar setelah berumur 7, 14, dan 28 hari, (8) Benda uji yang digunakan dalam bentuk kubus dengan ukuran 50mm x 50mm x 50mm.

METODOLOGI

Penelitian ini termasuk dalam metode kuantitatif dengan metode penelitian eksperimen dan survey. Pengujian yang dilakukan di laboratorium dilakukan dengan membuat mortar geopolymer yang berbahan dasar *fly ash* dengan kondisi rasio *fly ash* terhadap aktivator yaitu 5:1, dengan menggunakan metode *Ambient Curing* atau disimpan dalam suhu ruangan (lingkungan) dan dibungkus dengan plastik (*polythene*). Dalam penelitian ini juga mengamati pengaruh variasi NaOH terhadap Na₂SiO₃ dan

pengukuran hasil eksperimen dalam perhitungan kuat tekan dan waktu pengikatan awal semen.

Populasi dalam penelitian ini yaitu benda uji mortar berukuran 50mm x 50mm x 50mm dengan sampel penelitian berjumlah 9x7 benda uji. Untuk variabel penelitian ini terdapat variabel bebas yaitu berupa variasi NaOH terhadap Na₂SiO₃ sebesar 1:1; 1:1,5; 1:2; 1:2,5; 1:3, variabel terikat yaitu kuat tekan dan uji pengikatan awal serta variabel kontrol berupa *fly ash* dan pasir. Langkah-langkah penelitian ini terdapat pada diagram alir di bawah ini:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

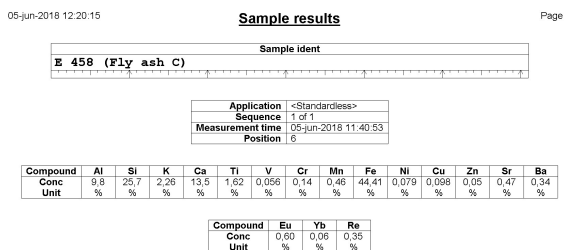
Terdapat dua teknik pengumpulan data dalam penelitian kali ini yaitu, dengan metode uji laboratorium, uji literatur dan uji kepustakaan. Untuk

teknik analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji XRF (X-Ray Fluorescence) Fly Ash

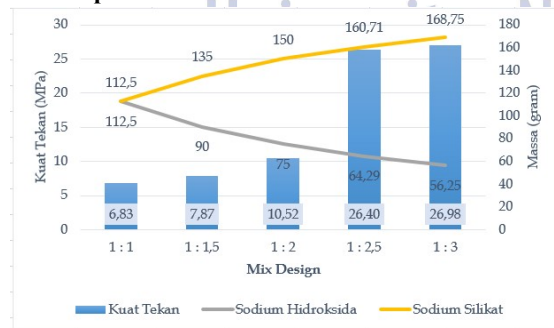
Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang. Untuk *fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari CV. Karunia Berkat Tunggal yang berlokasi di Simo Kwagean Kuburan nomor 10-12, Surabaya, Jawa Timur. Untuk hasil pengujian adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Hasil uji XRF oleh Laboratorium Sentral Mineral dan Material FMIPA Universitas Negeri Malang

Dari pengujian tersebut diketahui unsur kimia dari *fly ash* yang digunakan pada penelitian ini. Komposisi yang paling banyak dalam *fly ash* adalah Besi (Fe) sebesar 44,41%, Silikon (Si) sebesar 25,7%, Kalsium (Ca) sebesar 13,5%, dan Aluminium (Al) sebesar 9,8%. Dari unsur-unsur tersebut mengindikasikan bahwa *fly ash* memiliki sifat pozzolan serta cementious seperti semen dan masuk kategori *fly ash* tipe C dimana kadar Kalsium (Ca) *fly ash* lebih dari sama dengan 10%.

Hubungan Perbandingan Massa Aktivator terhadap Kuat Tekan



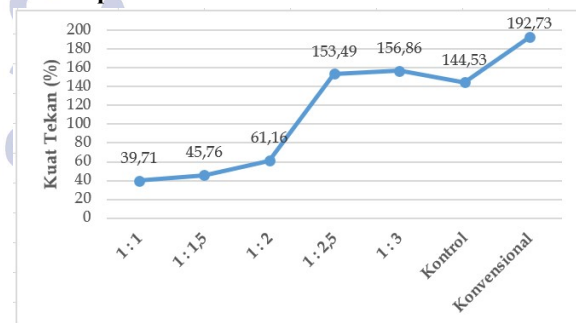
Gambar 3. Grafik hubungan massa aktivator dengan kuat tekan

Pada grafik dan tabel diatas diketahui kuat tekan rata-rata tertinggi pada umur 28 hari adalah pada variasi perbandingan aktivator 1:3 yaitu sebesar 26,98 MPa. Pada variasi 1:2,5 ke 1:3 kuat tekan cenderung mengalami peningkatan yang tidak signifikan.

Penurunan kuat tekan tersebut dikarenakan tidak seimbang nya perbandingan aktivator yang dimana semakin bertambah nya variasi maka jumlah kandungan Sodium Silikat (Na_2SiO_3) cenderung meningkat. Seperti yang dipaparkan oleh Susanto Triyogo Adiputro (2013) bahwa semakin banyak kandungan Sodium Silikat akan mempercepat reaksi dan Sodium Hidroksida berfungsi mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

Fitriani (2010) juga memaparkan bahwa Kandungan SiO_2 dan Na_2O memberikan pengaruh terhadap sifat fisik dari geopolymer mortar. Kenaikan kandungan antara Na_2O dan SiO_2 sampai batas kandungan Na_2O tertentu akan mengakibatkan peningkatan kuat tekan geopolymer mortar. Kandungan Na_2O yang sangat kecil akan memperlemah kuat tekan karena kecilnya komponen yang berperan untuk proses pelarutan unsur silika dan alumina dari *fly ash* untuk membentuk geopolymer mortar. Akan tetapi kandungan Na_2O yang sangat tinggi juga dapat memperlemah kuat tekan geopolymer mortar. Dari pemaparan tersebut disimpulkan bahwa kuat tekan rata-rata tertinggi terbaik untuk kondisi *fly ash* : aktivator 5:1 yaitu terdapat pada variasi 1:3 sebesar 26,98 MPa.

Hubungan Perbandingan Kuat Tekan Mortar terhadap Umur Mortar



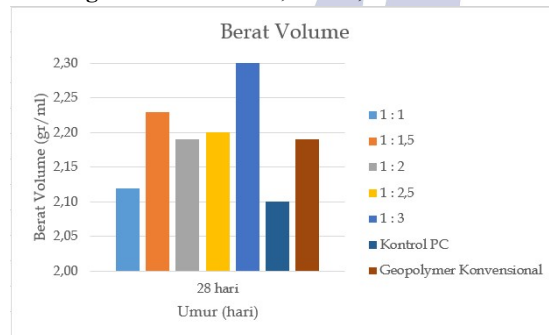
Gambar 4. Grafik korelasi kuat tekan mortar terhadap target f'c mortar tipe M pada umur 28 hari

Berdasarkan tabel dan grafik diatas setelah variasi 1:2 mortar telah melewati target f'c yang direncanakan pada umur 28 hari. Untuk variasi 1:1 sampai 1:2 juga belum memenuhi target yang direncanakan yaitu pada umur 7, 14, dan 28 hari.

Berdasarkan target, pertumbuhan geopolimer konvensional cenderung lebih tinggi dari pada *dry* geopolimer dikarenakan struktur kimia dalam sodium hidroksida padat dengan sodium silikat lebih kompleks dibandingkan dengan struktur kimia sodium hidroksida yang berwujud larutan.

Hal itu disebabkan karena sodium hidroksida padat terdapat 9 atom Si sedangkan sodium hidroksida cair hanya terdapat 6 atom Si yang mana sangat mempengaruhi saat pembuatan mortar. Sodium Hidroksida padat yang memiliki banyak atom cenderung sulit beraksi jika dibandingkan dengan sodium hidroksida cair. Sering sekali sodium hidroksida padat tidak bereaksi dengan sempurna sehingga kuat tekan tidak sesuai dengan yang direncanakan.

Hubungan Berat Volume, Umur, dan Kuat Tekan



Gambar 5. Grafik berat volume

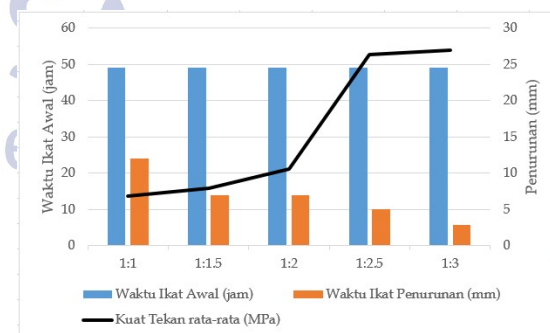
Dari grafik dan tabel nilai berat volume berada pada rentang 2,0 – 2,34 gr/ml. Berat volume pada umur 7 menuju ke 28 hari cenderung menurun tetapi relatif kecil yang dikarenakan kandungan air dari mortar semakin menurun. Namun dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa berat volume tidak berpengaruh dengan umur mortar. Sama seperti penelitian sebelumnya oleh Wesli (2011) menyatakan bahwa berat volume tidak berpengaruh dengan umur beton, hal itu disebabkan terutama bahwa sebagian kecil saja air pori yang menguap, walaupun sesungguhnya sangat sedikit dalam beton.

Berat volume *dry* geopolimer mortar bertambah seiring dengan kenaikan kuat tekan pada variasi desain. Hal ini ditunjukkan dengan berat volume terbesar adalah variasi desain 1:3 dengan kuat tekan tertinggi. Berat volume besar mengindikasikan mortar banyak memiliki pori-pori yang tertutup sehingga kuat tekan yang dihasilkan besar. Namun berat volume besar juga tidak menjamin rongga di dalam mortar tersebut kecil.

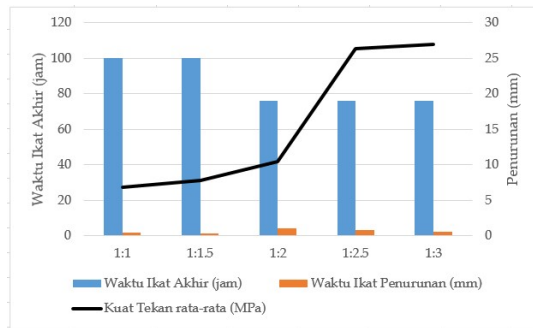
Hubungan Setting Time Mortar terhadap Kuat Tekan Mortar

Performa kuat tekan tertinggi berada pada variasi 1:3 dimana waktu ikat awal pada 49 jam dengan penurunan awal 5,8 mm dan waktu ikat akhir pada 76 jam. Kuat tekan terendah terdapat pada variasi 1:1 dengan waktu ikat awal 49 jam dan waktu ikat akhir pada 100 jam dengan penurunan paling tinggi. Dalam penelitian ini memang waktu ikatnya sangat lama karena Sodium Hidroksida padat yang memiliki banyak atom cenderung sulit beraksi jika dibandingkan dengan sodium hidroksida cair serta hal ini karena jumlah sodium silikat mempunyai komposisi lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah sodium hidroksida sehingga dapat mempercepat reaksi polimerisasi (Djwanto, 2005).

Sodium silikat berfungsi sebagai katalisator yang berperan mempercepat reaksi kimia. Sodium silikat ini memiliki peran penting dalam proses polimerisasi karena sodium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi sehingga reaksi terjadi secara cepat ketika larutan alkali banyak mengandung larutan silikat seperti sodium silikat dibandingkan reaksi yang terjadi akibat larutan alkali yang banyak mengandung hidroksida. Reaksi polimerisasi adalah reaksi pengikatan rantai monomer Si-O dan Al-O dalam yang terkandung dalam *fly ash* dan juga Na_2SiO_3 yang kemudian akan mengkristal (Djwanto, 2005). Namun jika terdapat terlalu banyak sodium silikat dalam campuran maka proses pengkristalan juga berjalan relatif lebih cepat. Oleh karena itu dalam grafik di bawah diamati jika semakin besar kandungan sodium silikat dalam variasi maka semakin cepat waktu ikat awal dan akhir.



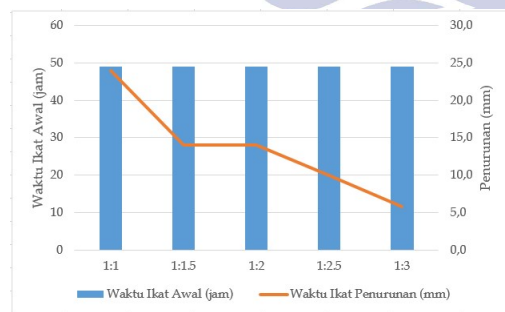
Gambar 6. Waktu ikat awal



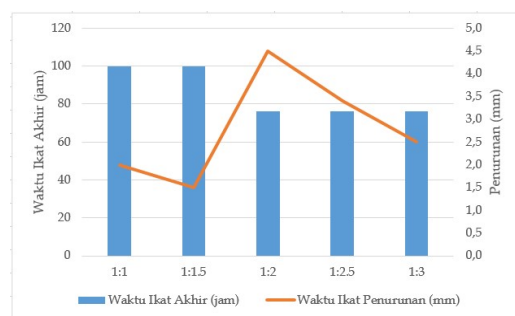
Gambar 7. Waktu ikat akhir

Hubungan *Setting Time* Mortar terhadap Variasi Sodium Hidroksida dengan Sodium Silikat

Dari hasil pengujian vicat yang bertujuan untuk mengetahui waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir. Waktu ikatan awal adalah waktu yang dibutuhkan sejak binder bercampur dengan air dari kondisi plastis menjadi tidak plastis dan sedangkan waktu ikat akhir yaitu waktu yang dibutuhkan sejak binder bercampur dengan air dari kondisi plastis menjadi keras. Pada penelitian ini waktu pengikatan awal tergolong sangat lama yaitu sekitar 2 hari yang ditandai dengan kedalaman jarum menunjukkan skala 2,5 cm. Untuk waktu pengikatan akhir membutuhkan waktu sekitar 3-4 hari. Waktu pengikatan awal yang tercepat terdapat pada variasi 5 yaitu SH : SS = 1 : 3 dan untuk waktu pengikatan awal yang terlambat terdapat pada variasi 1 yaitu SH : SS = 1 : 1.



Gambar 8. Grafik waktu ikat awal



Gambar 9. Grafik waktu ikat akhir

Hal ini karena semakin tinggi perbandingan Sodium Silikat maka semakin cepat waktu pengikatan akhir berlangsung. Hal itu disebabkan karena jumlah Silikat yang ada lebih banyak dibandingkan dengan jumlah hidroksida sehingga mempercepat reaksi polimerisasi (Hardjito, et al, 2005). Reaksi terjadi secara cepat ketika larutan alkali banyak mengandung larutan silikat seperti sodium silikat, dibandingkan dengan reaksi yang terjadi akibat larutan alkali yang banyak mengandung hidroksida (Adiputro, 2013).

Hubungan Variasi Sodium Hidroksida dengan Sodium Silikat terhadap Kemunculan Serpihan Putih Benda Uji Vicat

Setelah pengujian vicat dan adonan mengeras kemudian adonan tadi dibiarkan diudara terbuka peneliti menyadari bahwa pada adonan vicat yang mengeras muncul serpihan putih pada permukaan adonan. Peneliti mengamati bahwa semakin besar kandungan silikat pada adonan maka kemunculan bercak putih semakin sedikit. Pada variasi 1:1 dilihat banyak sekali muncul bercak putih sedangkan untuk variasi 1:3 hampir tidak ada muncul bercak putih yang terlihat terdapat pada gambar ini:



Gambar 10. Adonan vicat muncul bercak serpihan putih

Hal ini disebabkan karena semakin sedikit kandungan silika dan aluminat semakin banyak bereaksi dengan OH-dimana HO-Si berikatan dengan $\{AlO_4\}^-Na^+$ membentuk Si-O-Al dan melepaskan NaOH. NaOH inilah yang bereaksi kembali dengan udara membentuk Na_2CO_3 dan $CaCO_3$ berupa endapan putih (Arlis, 2014). Serta Na_2O merupakan serbuk putih yang reaktif dengan air dan CO_2 di udara. Reaksi dengan molekul CO_2 terjadi di pori-pori geopolymer dan mengubah Na_2O menjadi Na_2CO_3 yang berbentuk kristal jarum berwarna putih (Windholtz, 1976).

Perawatan Benda Uji Mortar *Dry Geopolymer*

Perlakuan perawatan dalam penelitian ini dengan metode *polythene curing*. Karena setelah rata-rata tiga

hari jamur atau serpihan berwarna putih muncul dari dalam mortar dan semakin hari semakin bertambah menjalar panjang. Oleh karena itu benda uji diberi perlakuan curing dengan metode *polythene curing*. Yaitu dengan cara melapisi dengan membran plastik agar uap air tidak keluar dan disimpan dalam suhu ruangan. Sehingga mortar yang dihasilkan tidak berjamur. Terbukti dengan metode ini mortar tidak berjamur atau muncul serpihan putih sehingga curing dilakukan dengan melapisi plastik hingga mortar diuji.



Gambar 11 (a). *Curing* tanpa menggunakan plastik, (b) *Curing* dengan menggunakan *polythene curing*

Alat Pelindung Diri (APD)

Dalam penelitian ini APD adalah perlengkapan wajib digunakan untuk melindungi dan menjaga keselamatan saat penelitian ini berlangsung. Karena penelitian ini melibatkan suatu bahan kimia yaitu sodium hidroksida dan sodium silikat yang menimbulkan sifat iritasi pada kulit dan jika terhirup menyebabkan sesak napas. Alat APD yang wajib digunakan pada penelitian ini adalah masker penutup mulut hidung, kacamata dan sarung tangan plastik yang tahan panas guna tidak terpapar, terciprat dan mengiritasi kulit akibat serbuk hidroksida saat proses penggilingan maupun penumbukan pada pembuatan aktivator maupun benda uji saat penelitian berlangsung.



Gambar 12. Proses penggilingan aktivator

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: (1) Kuat tekan tertinggi didapat pada kondisi rasio abu terbang terhadap aktivator 5:1 adalah 26,98 MPa, yaitu pada variasi sodium hidroksida (NaOH) terhadap sodium silikat (Na_2SiO_3) sebesar 1:3, (2) Kuat tekan *dry* geopolymer mortar dipengaruhi banyaknya komposisi Na_2O . Semakin tinggi kandungan Na_2O maka reaksi yang terjadi akan semakin cepat yang menyebabkan semakin tingginya kuat tekan. Namun jika komposisi Na_2O didalamnya terlalu tinggi juga dapat menyebabkan menurunnya kuat tekan mortar, (3) Waktu ikat *dry* geopolymer mortar yang tercepat terdapat pada variasi sodium hidroksida (NaOH) terhadap sodium silikat (Na_2SiO_3) sebesar 1:3, (4) Semakin banyak komposisi sodium silikat (Na_2SiO_3) menyebabkan sedikitnya pertumbuhan jamur (serpihan-serpihan putih) pada benda uji vicat yang dibiarkan pada keadaan udara terbuka.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Gawwad, H.A., & Abo-El-Enein, S.A. 2014. "A Novel Method to Produce Dry Geopolymer Cement Powder". *Journal Housing and Building National Research Center (HBRC)*, No. 12, 2016, hh 13-24.
- Adiputro, Susanto Triyogo. 2013. "Campuran Geopolymer *Fly Ash* sebagai Material Mortar Perbaikan. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- American Standart of Testing Materials (ASTM C 618-05)*. 2005. *Standart Spesification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. ASTM.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Statistik Indonesia 2017*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bayu Aji, Ridho, Yasin, Abdul Karim, Susanto, Try Eddy, & Darmawan, M.Sigit. 2017. "A Review in Geopolymer Binder with Dry Mixing Method (*Geopolymer Cement*)". *American Institute of Physics*.
- Fansuri et al. 2008. "Pembuatan dan Karakteristik Geopolimer dari Bahan Abu Layang PLTU Paiton". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

- Fitriani, Dian R. 2010. "Pengaruh Modulus Alkali dan Kadar Aktivator Terhadap Kuat Tekan *Fly Ash-Based Geopolymer*". Skripsi Sarjana. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Hakim, Yanuar et al. 2017. "Sintesis dan Karakteristik Geopolymer dengan Penambahan Serat Eceng Gondok dan Serbuk Aluminium". Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Hardjito, D., & Rangan, B.V. 2005. "Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete". Australia: Faculty of Engineering Curtin University of Technology.
- HTML-ITB. 2015. PCA Emisi CO₂ Penyebab Utama Global Warming. **Diambil 3 Februari 2018 dari <http://html.tl.itb.ac.id/2015/05/21/emisi-co2-penyebab-uta-ma-global-warming.html>**.
- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia. 2018. Pasokan Semen Nasional 102 Juta Ton pada 2017. **Diambil 3 Februari 2018 dari <http://www.kemenperin.go.id/artikel/12223/ht ml>**.
- Nurrudin, Muhd Fadhil et al. 2018. "Method's of Curing Geopolymer Concrete: A Review". *International Journal of Advanced and Applied Science* 5(1) 2018 .31-36.
- SNI 2460-2014. Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozzolan Alam Mentah atau Telah Diklarifikasi untuk Digunakan dalam Beton. Badan Standarisasi Nasional SNI 2460-2014.
- SNI 03-1750-1990. Mutu dan Cara Uji Agregat Beton. Badan Standarisasi Nasional SNI 03-1750-1990.
- SNI 03-6827-2002. Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland dengan Menggunakan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil. Badan Standarisasi Nasional SNI 03-6827-2002.
- Sugiyono. 2013. "Metodelogi Penelitian Kuantitatif". Kualitatif Dan R&D. Bandung: ALFABETA
- Portland Cement Asociation. 2017. PCA Forecast More Moderate Cement Consumption at 2.7 Percent Growt in Year Ahead. **Diambil 3 Febuari 2018 dari <http://www.cement.org/newsroom/2017/10/pca-forecasts-more-moderate-cement>**
- [consumption-at-2.7-percent-growth-in-year-ahead.html](#)**.
- World Economic Forum. 2018. *The Global Competitiveness Report 2017-2018*. Geneva: World Economic Forum.
- World Economic Forum. 2018. *The Global Risk Report 2018*. Geneva: World Economic Forum.
- World Meteorological Organization & Global Atmosphere Watch. "The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observation Through 2006". WMO *Greenhouse Gas Bulletin*, No. 13, 30 Oktober 2017.
- Yasin, Abdul Karim. 2017. "Rekayasa Beton Geopolimer Berbasis *Fly Ash*". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.