

PENGARUH KADAR SOLID LARUTAN AKTIVATOR TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG (*FLY ASH*) DAN NaOH 12 M PADA KONDISI SS/SH 1,5 DAN 3,5 PADA TEMPERATUR NORMAL

Vrestanti Dara Trisna

Progam Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
vrestantidara@gmail.com

Arie Wardhono

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

Abstrak

Kebutuhan akan beton sebagai material dalam dunia konstruksi terus meningkat begitupun dengan kebutuhan akan Portland semen. Portland semen menyumbang emisi gas CO₂ ke udara sehingga berdampak buruk bagi lingkungan. Pembuatan beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* dapat membantu mengurangi penggunaan Portland semen. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan pengaruh kadar solid larutan aktivator (w/s) terhadap kuat tekan mortar geopolimer serta menemukan nilai w/s yang optimum untuk mendapatkan kuat tekan yang terbesar dalam kondisi rasio SS/SH sebesar 1.5 dan 3.5. Adapun nilai w/s yang digunakan adalah sebesar 0,2; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar solid larutan aktivator (w/s) dapat mempengaruhi kuat tekan mortar geopolimer. Hasil kuat tekan mortar kondisi SS/SH = 1.5 terus meningkat dari nilai w/s = 0,2 hingga puncaknya w/s = 0,3 mampu mencapai nilai 66,67 MPa, sedangkan mortar kondisi SS/SH = 3.5 menunjukkan model kenaikan yang sama hingga puncaknya w/s = 0,3 mampu mencapai nilai kuat tekan 63,06 MPa. Setelah nilai w/s telah lebih dari 0,3, maka kuat tekannya menurun. Maka diperoleh bahwa kadar solid larutan aktivator (w/s) yang optimum pada kondisi SS/SH = 1.5 dan 3.5 adalah 0,3.

Kata kunci : Mortar Geopolimer, *Fly Ash*, Rasio W/S, Molaritas, SS/SH, Kuat Tekan, Suhu Ruangan

Abstract

The global use of concrete as construction material increasing Portland cement consumption. Portland cement produces and releases CO₂ emissions into the atmosphere that gives negative impacts to environment. Fly ash-based geopolimer concrete are also considerable for reduce the use of ordinary Portland cement. This research aims to get the influence of alkaline activator's solution density against compressive strength of fly ash-based geopolimer mortar and find an optimum water solid ratio (w/s ratio) to obtained maximum compressive strength in certain condition of sodium silicate to sodium hidroxide comparison between 1.5 and 3.5. Water solid ratio that used in this research was 0,2; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45. The results showed that alkaline activator's solution density (w/s ratio) was able to give influence against compressive strength of fly ash-based geopolimer mortar. The compressive strength of fly ash-based geopolimer mortar in SS/SH = 1.5 condition has increased continuously from w/s ratio = 0.2 till reached its maximum compressive strength in w/s ratio = 0.3 condition and obtained 66.67 MPa, while Fly ash-based geopolimer mortar in SS/SH = 3.5 condition showed similar increasing trend and reached its maximum compressive strength at 63.06 MPa. After water solid ratio reached 0.3 mortar can not reach higher compressive strength anymore even if it has higher water solid ratio. This research found that 0.3 was the optimum water solid ratio (w/s ratio) at SS/SH = 1.5 and 3.5 condition.

Keywords : Geopolymer Mortar, *Fly Ash*, Water Solid Ratio (w/s ratio), Molarity, Sodium Silicate to Sodium Hidroxide Ratio (SS/SH ratio), Compressive Strength, Room Temperature.

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Malhotra (dalam Rangan, 2014 : 41) mengemukakan bahwa kebutuhan akan beton sebagai material dalam dunia konstruksi terus meningkat begitupun dengan kebutuhan akan Portland semen.

Diperkirakan bahwa produksi Portland semen akan terus meningkat dari 1,5 Milyar ton pada 1995

menjadi 2,2 Milyar ton pada 2010. Industri Portland semen menyumbang emisi gas karbondioksida dalam proses produksinya. Sedangkan pemanasan global disebabkan oleh pelepasan emisi gas rumah kaca, seperti CO₂ ke atmosfer karena aktivitas manusia. Selain pemanasan global, industri semen juga

mengancam keseimbangan ekosistem *karst* di daerah sekitar lokasi didirikannya industri semen tersebut. Padahal keberadaan kawasan ekosistem *karst* selama ini menjadi sumber kehidupan karena fungsi ekologi dan hidrologinya. Industri semen didirikan di daerah *karst* dimana bahan baku utama semen yang berupa batu kapur (CaCO_3) keberadaannya sangat melimpah di daerah *karst*.

Geopolimer pertama kali ditemukan oleh Davidovits sebagai alternatif pengganti semen dalam pembuatan mortar. Bahan-bahan alam yang dapat digunakan adalah bahan yang memiliki kandungan oksida silika dan alumina yang tinggi seperti abu terbang (*fly ash*), kerak tanur tinggi (*blast furnace*), abu sekam padi (*rice husk ash*). Kebutuhan akan bahan yang memiliki kandungan silika dan alumina tinggi dikarenakan senyawa oksida ini merupakan bahan utama yang akan mengalami proses polimerisasi untuk menghasilkan binder dalam pembuatan mortar geopolimer.

Fly ash merupakan hasil sampingan pembakaran batu bara yang merupakan material buangan dari industri dan PLTU. *Fly ash* memiliki kandungan silika (SiO_2) yang tinggi tetapi sebenarnya tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen, dibutuhkan larutan alkali aktivator yang berupa campuran sodium silikat (Na_2SiO_3) dan sodium hidroksida (NaOH) untuk mengaktifkannya.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai pengaruh variasi molaritas NaOH terhadap kuat tekan dan kuat lekat mortar *geopolymer* berbahan dasar *fly ash* Didapatkan hasil bahwa kadar optimum molaritas NaOH yang menghasilkan kuat tekan dan kuat lekat paling tinggi adalah variasi molaritas NaOH 12 molar (Apsari, 2017). Kemudian terkait pengaruh rasio sodium silikat dengan sodium hidroksida (SS/SH) terhadap kuat tekan dan kuat lekat mortar *geopolymer* berbahan dasar *fly ash* sebelumnya telah dilakukan penelitian. Hasil dari penelitian tersebut, rasio SS/SH yang mampu menghasilkan kuat tekan dan kuat lekat paling besar adalah SS/SH sebesar 1,5 (Salwatul, 2017). Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Atmajalinus, 2017) diketahui bahwa *Water Solid Ratio* (W/S) berpengaruh terhadap kuat tekan maupun kuat lekat mortar *geopolymer* berbahan dasar *fly ash*, sehingga dalam penelitian tersebut didapatkan nilai (W/S) yang optimum adalah sebesar 3,5.

Penelitian kali ini bertujuan untuk menggabungkan hasil penelitian terdahulu di atas untuk menemukan kadar solid larutan aktivator (W/S) yang optimum pada mortar geopolimer berbahan dasar abu terbang (*fly ash*) dan NaOH 12 molar apabila

menggunakan variasi rasio sodium silikat dan sodium hidroksida sebesar 1,5 dan 3,5 dengan suhu normal.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kadar solid larutan aktivator (w/s) terhadap kuat tekan mortar geopolimer berbahan dasar abu terbang (*fly ash*) dan NaOH 12 molar dengan rasio SS/SH 1,5 dan 3,5 pada suhu normal?
2. Berapa standar optimum kadar solid larutan aktivator (w/s) terhadap kuat tekan mortar geopolimer berbahan dasar abu terbang (*fly ash*) dan NaOH 12 molar dengan rasio SS/SH 1,5 dan 3,5 pada suhu normal?

KAJIAN PUSTAKA

A. Mortar

Mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen Portland) dan air dengan komposisi tertentu (SNI 03-6825-2002).

B. Mortar Geopolimer

Geopolimer dalam pembuatan beton atau mortar adalah campuran beton atau mortar di mana penggunaan material semen Portland sebagai bahan pengikat digantikan oleh bahan lain seperti abu terbang (*fly ash*), abu kulit padi (*rice husk ash*), dan lain-lain yang banyak mengandung silika dan aluminium (Davidovits, 1999).

C. Bahan Penyusun Mortar *Geopolymer*

Dalam pembuatan mortar geopolimer berbahan dasar abu terbang (*fly ash*) dibutuhkan bahan tambahan lain sebagai berikut :

1. Abu Terbang (*Fly Ash*)

Fly ash atau abu terbang adalah material yang berasal dari sisa pembakaran batu bara yang tidak terpakai. Pembakaran batu bara kebanyakan digunakan pada PLTU. Kandungan *fly ash* sebagian besar terdiri dari silikat oksida (SiO_2), aluminium (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3), dan kalsium (CaO), serta magnesium, potasium, sodium, titanium, dan sulfur dalam jumlah yang lebih sedikit. Diklasifikasikan menjadi kelas C (Kadar $\text{CaO} > 10\%$), kelas F (Kadar $\text{CaO} < 10\%$), dan kelas N (Nugraha et al. 2007).

2. Agregat Halus

Dalam SNI 15-2049-1994, agregat halus diartikan sebagai bentuk pasir alam hasil

desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

3. Alkali Aktivator

Alkali aktivator yang digunakan adalah sodium silikat dan sodium hidroksida. Sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi, sedangkan sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polymer yang kuat (Hardjito dan Rangan, 2005).

4. Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton ditentukan oleh perbandingan semen, agregat halus, air, dan berbagai jenis bahan tambahan (Tjokrodinuljo, 1996).

Kuat tekan beton dapat dihitung dengan :

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

σ = Kuat tekan beton (N/mm²)

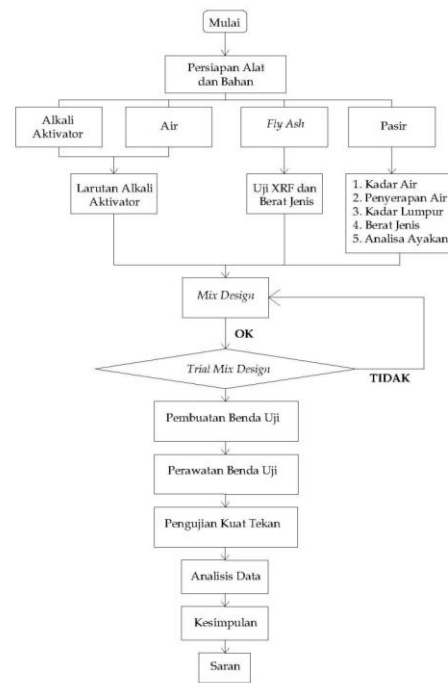
P = Beban maksimum (N)

A= Luas penampang benda uji (mm²)

METODE

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan kali ini adalah penelitian eksperimental, karena digunakan jurnal ilmiah dan penelitian-penelitian terdahulu sebagai referensi untuk selanjutnya dilakukan pengembangan dengan merancang variasi rasio SS/SH 1,5 dan 3,5 untuk mendapatkan nilai kadar solid larutan aktivator (W/S) yang optimum pada mortar geopolimer berbahan dasar abu terbang (*fly ash*). Flowchart penelitian disajikan dalam gambar 1 di bawah ini



Gambar 1 Bagan Alir penelitian

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Kegiatan pembuatan benda uji serta proses pengujian pada penelitian ini dilakukan pada:

1. Waktu Penelitian

Waktu penelitian bahan dan material dilakukan pada bulan Desember 2017 hingga bulan Maret 2018.

2. Lokasi Penelitian

Kegiatan pengujian material yang berupa uji kadar air, berat jenis, berat volume, serta kegiatan pembuatan benda uji hingga pengujian kuat tekan mortar dilakukan di Laboratorium Teknologi Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya, sedangkan pengujian material *fly ash* yang berkaitan dengan uji XRF dilakukan di Laboratorium Sentral FMIPA Universitas Negeri Malang.

C. Populasi dan Sampel

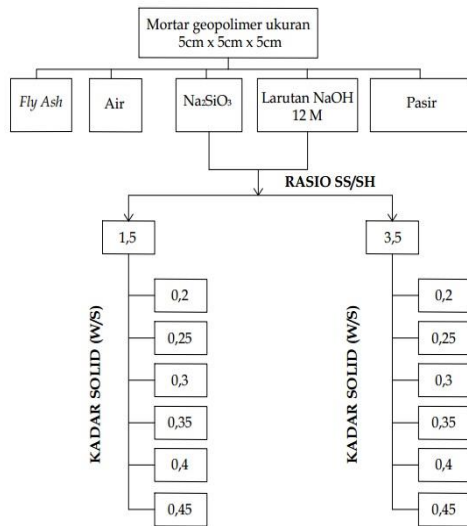
1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah data hasil pengujian kuat tekan mortar geopolimer kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.

2. Sampel

Penelitian ini digunakan sampel dari semua populasi dikarenakan jumlah populasi bersifat data hasil pengujian di Laboratorium dengan sampel

benda uji berjumlah 117 buah dengan ukuran kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm. Rancangan sampel yang dibuat dijelaskan pada bagan alir *mix design* mortar geopolimer berikut:



Gambar 2 Bagan Alir Mix Design Mortar Geopolimer

Tabel 1 Rancangan Presentase *Water Solid Ratio* (W/S) dan abu terbang (*fly ash*) pada kondisi SS/SH = 1,5

Mix	w/s	Jumlah Mortar	Mix Design				
			PC	Pasir	Fly Ash	NaOH	Na ₂ SiO ₃
control	-	9	1	2,75	-		
B1.5	0,2	9	0	2,75	1	0,136	0,204
C1.5	0,25	9	0	2,75	1	0,176	0,264
D1.5	0,3	9	0	2,75	1	0,223	0,334
E1.5	0,35	9	0	2,75	1	0,270	0,405
F1.5	0,4	9	0	2,75	1	0,324	0,486
G1.5	0,45	9	0	2,75	1	0,382	0,573

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 2 Rancangan Presentase *Water Solid Ratio* (W/S) dan abu terbang (*fly ash*) pada kondisi SS/SH = 3,5

Mix	w/s	Jumlah Mortar	Mix Design				
			PC	Pasir	Fly Ash	NaOH	Na ₂ SiO ₃
B3.5	0,2	9	0	2,75	1	0,079	0,275
C3.5	0,25	9	0	2,75	1	0,102	0,358
D3.5	0,3	9	0	2,75	1	0,129	0,454
E3.5	0,35	9	0	2,75	1	0,157	0,552
F3.5	0,4	9	0	2,75	1	0,190	0,665
G3.5	0,45	9	0	2,75	1	0,225	0,790

Sumber: Hasil Perhitungan

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Material Abu Terbang (*Fly Ash*)

Pemeriksaan material abu terbang (*fly ash*) dilakukan di Laboratorium Sentral FMIPA Universitas Negeri Malang. Pemeriksaan meliputi uji XRF (*X Ray Fluoresence*) untuk mengetahui karakteristik dan kandungan kimia di dalam material tersebut. Berikut ini adalah tabel hasil pengujiannya

Tabel 3 Tabel Hasil Pengujian XRF *Fly Ash*

Compound	Conc (%)	Compound	Conc (%)
Al	4.60	Ni	0.02
Si	13.10	Cu	0.68
S	0.40	Sr	0.80
K	0.97	Mo	1.00
Ca	24.00	In	0.07
Ti	0.92	Ba	0.71
V	0.05	Eu	0.40
Cr	0.10	Yb	0.10
Mn	0.76	Hg	0.54
Fe	51.17		

(Sumber: Uji XRF Laboratorium Sentral FMIPA Universitas Negeri Malang)

B. Hasil Pengujian Vicat dan Hubungan *Setting Time* Pasta Geopolimer dengan Kadar Solid Larutan Aktivator (w/s)

Uji vicat dilakukan untuk mengetahui waktu ikat awal dan waktu ikat akhir pasta geopolimer.

Tabel 4 Waktu Pengikatan Awal dan Akhir Pasta Geopolimer pada Kondisi SS/SH = 1.5

Mix Design	Kadar Solid Larutan Aktivator (w/s)	Waktu Pengikatan Awal (Menit)	Waktu Pengikatan Akhir (Menit)
B1.5	0,2	15	30
C1.5	0,25	30	45
D1.5	0,3	45	90
E1.5	0,35	60	135
F1.5	0,4	75	270
G1.5	0,45	165	315

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 5 Waktu Pengikatan Awal dan Akhir Pasta Geopolimer pada Kondisi SS/SH = 3.5

Mix Design	Kadar Solid Larutan Aktivator (w/s)	Waktu Pengikatan Awal (Menit)	Waktu Pengikatan Akhir (Menit)
B3.5	0,2	15	30
C3.5	0,25	15	30
D3.5	0,3	30	75
E3.5	0,35	45	120
F3.5	0,4	60	165
G3.5	0,45	135	300

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan penjabaran di atas mengenai data hasil uji vicat, *mix design* mortar yang memiliki *setting time* paling cepat pada kondisi SS/SH = 1,5 adalah mix B1.5 (w/s nya 0,2). Sedangkan seiring bertambahnya nilai w/s dalam *mix design* tersebut, maka *setting time* akan bertambah lama. *Mix design* mortar yang memiliki *setting time* paling cepat pada kondisi SS/SH = 3,5 adalah mix B3.5 dan C3.5 (w/s nya 0,2 dan 0,25) kemudian durasi *setting time* akan bertambah lama seiring

bertambahnya angka w/s dalam *mix design* tersebut.

Semakin tinggi nilai w/s pada suatu *mix design* akan menambah durasi *setting time* pada mortar geopolimer, hal ini terjadi dikarenakan perbandingan komponen cair (w) terhadap komponen padatan (s) semakin besar sehingga mortar menjadi encer dan semakin membutuhkan waktu lama bagi mortar untuk mengalami pengerasan.

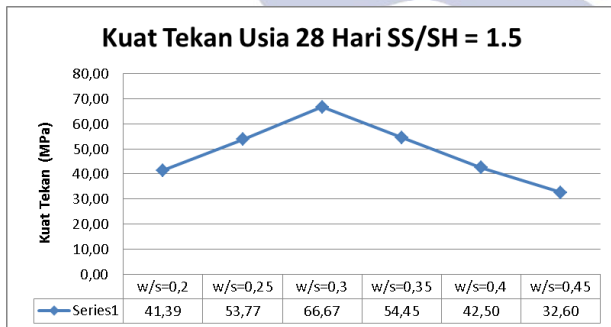
C. Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Hubungan Kadar Solid Larutan Aktivator (w/s) dengan Kuat Tekan Mortar Geopolimer

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan mortar kubus geopolimer per satuan luas. Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji kubus berukuran 5 x 5 x 5cm. Berikut ini adalah hasil uji kuat tekan mortar geopolimer di usia 28 hari:

Tabel 6 Kuat Tekan Rata – rata Mortar Geopolimer Kondisi SS/SH = 1.5 pada Usia 28 Hari

Kode <i>Mix Design</i>	Kadar Solid Larutan (w/s)	Usia (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
B1.5	0,2	28	41,39
C1.5	0,25	28	53,77
D1.5	0,3	28	66,67
E1.5	0,35	28	54,45
F1.5	0,4	28	42,50
G1.5	0,45	28	32,60

Sumber: Hasil Penelitian



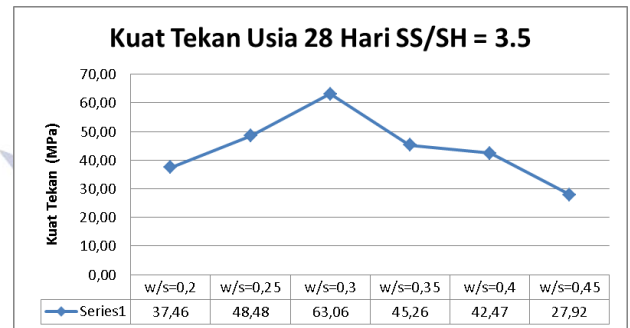
Gambar 3 Grafik hubungan (w/s) dengan kuat tekan mortar geopolimer kondisi SS/SH=1.5 pada usia 28 hari

Berdasarkan **Gambar 3**, nilai kuat tekan tertinggi mortar kondisi SS/SH = 1.5 pada usia 28 hari di dapatkan dari nilai w/s = 0,3 (mix D1.5), sedangkan nilai kuat tekan terendah didapatkan dari nilai w/s = 0,45 (mix G3.5).

Tabel 7 Kuat Tekan Rata – rata Mortar Geopolimer Kondisi SS/SH = 3.5 pada Usia 28 Hari

Kode <i>Mix Design</i>	Kadar Solid Larutan (w/s)	Usia (hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
B3.5	0,2	28	37,46
C3.5	0,25	28	48,48
D3.5	0,3	28	63,06
E3.5	0,35	28	45,26
F3.5	0,4	28	42,47
G3.5	0,45	28	27,92

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4 Grafik hubungan (w/s) dengan kuat tekan mortar geopolimer kondisi SS/SH=3.5 pada usia 28 hari

Berdasarkan **Gambar 4**, nilai kuat tekan tertinggi mortar kondisi SS/SH = 3.5 pada usia 28 hari di dapatkan dari nilai w/s = 0,3 (mix D3.5), sedangkan nilai kuat tekan terendah didapatkan dari nilai w/s = 0,45 (mix G3.5).

Dari kedua gambar di atas dapat diketahui *Mix design* mortar dengan nilai w/s yang kecil (<0,3) memiliki kuat tekan yang rendah karena komposisi mortar yang terlalu kering sehingga material penyusun mortar sulit untuk menjadi adukan yang homogen. Hal ini akan menjadikan mortar memiliki rongga-rongga antar butiran material yang masih belum dapat teratasi sehingga kuat tekan yang dihasilkan rendah. Namun hingga nilai w/s mencapai 0,3, kuat tekan yang dihasilkan masih menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan.

Mortar yang menghasilkan kuat tekan maksimal adalah pada *mix design* yang nilai w/s nya 0,3. Hal ini dikarenakan keseimbangan komposisi antara komponen padat maupun komponen cair yang menyusun material serta larutan alkali aktivator. Selain itu, *mix design* yang nilai w/s nya 0,3 memiliki *workability* yang baik karena tidak terlalu keras namun tidak pula terlalu encer sehingga mudah untuk dicetak dan dipadatkan menggunakan tangan. Kemudahan dalam pengerjaan (*workability*), keseimbangan rasio komponen cair dan padatan ini menjadikan

mortar geopolimer dengan nilai $w/s = 0,3$ memiliki nilai kuat tekan yang tertinggi.

Apabila nilai w/s pada mortar telah lebih tinggi dari $0,3$, *workability* dari mortar tersebut tetap baik karena konsistensinya yang encer sehingga membuatnya mudah untuk dikerjakan dan dituang ke dalam cetakan tanpa kesulitan untuk memadatkan. Namun di sisi lain terjadi penurunan kuat tekan pada nilai $w/s > 0,3$. Hal ini terjadi karena rasio komponen cair terlalu tinggi sehingga dalam adukan mortar meninggalkan banyak rongga saat mengeras sehingga kuat tekan mortar menjadi menurun (Atmajalinus,2017).

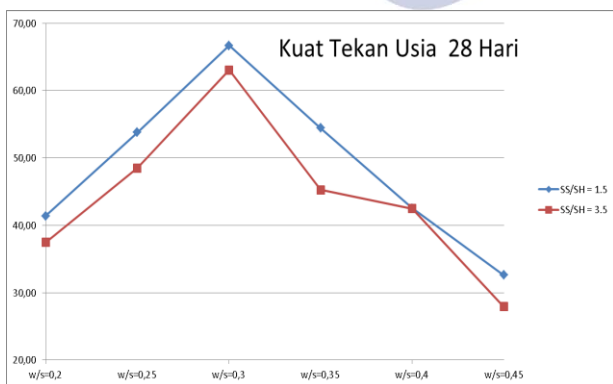
D. Analisis dan Perbandingan Kuat Tekan antara Mortar Kondisi SS/SH=1.5 dan Kondisi SS/SH=3.5

Dalam uraian di bawah ini bertujuan untuk membandingkan nilai SS/SH yang paling optimal di antara 1.5 dan 3.5 untuk mendapatkan kuat tekan yang tinggi. Berikut ini adalah tabel perbandingan hasil kuat tekan yang dicapai mortar pada usia 28 hari.

Tabel 8 Perbandingan Kuat Tekan Pada Kondisi SS/SH = 1.5 dan 3.5 di Usia 28 Hari

w/s	Kuat Tekan 28 Hari	
	SS/SH = 1.5	SS/SH = 3.5
0,2	41,39	37,46
0,25	53,77	48,48
0,3	66,67	63,06
0,35	54,45	45,26
0,4	42,50	42,47
0,45	32,60	27,92

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5 Grafik hubungan (w/s) dengan kuat tekan mortar geopolimer perbandingan kondisi SS/SH=3.5 dan 1.5 pada usia 8 hari

Berdasarkan **Gambar 5**, dapat dilihat apabila pada nilai $w/s=0,2$ hingga $0,3$ perkembangan kuat tekan mortar kondisi SS/SH=1,5 dan 3,5 keduanya mengalami kenaikan yang cukup signifikan, perbedaan nilai

kuat tekan antara kedua kondisi tersebut tidak terlalu besar. Pada usia 28 hari, mortar geopolimer mencapai kuat tekan tertinggi dibandingkan dengan usia 7 dan 14 hari. Kuat tekan maksimal berdasarkan **Gambar 5** adalah pada nilai $w/s=0,3$ yaitu sebesar 66,67 MPa pada kondisi SS/SH=1.5 (mix D1.5) dan sebesar 63,06 MPa pada kondisi SS/SH =3.5 (mix D3.5).

Dari uraian perbandingan kuat tekan usia 7,14, dan 28 hari didapatkan bahwa nilai kuat tekan mortar kondisi SS/SH=1,5 selalu lebih tinggi dari mortar kondisi SS/SH=3,5. Menurut penelitian (Fitriani,2010) peningkatan modulus alkali juga berarti mengurangi jumlah NaOH. Dimana NaOH tersebut diperlukan untuk melarutkan monomer silikat dan aluminat dari butiran *fly ash*. Dalam tabel kebutuhan bahan yang telah dipaparkan sebelumnya, diketahui bahwa *mix design* mortar geopolimer dengan kondisi SS/SH=1,5 selalu menggunakan larutan NaOH yang jumlahnya lebih banyak daripada *mix design* mortar geopolimer dengan kondisi SS/SH=3,5. Hal ini menyebabkan *mix design* dengan kondisi SS/SH = 1.5 menghasilkan kuat tekan lebih tinggi daripada SS/SH = 3.5.

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diperoleh kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kuat tekan mortar geopolimer berbahan dasar *fly ash* dan NaOH 12 molar pada kondisi SS/SH=1.5 dan SS/SH=3.5 menunjukkan peningkatan kuat tekan seiring dengan bertambahnya nilai kadar solid larutan aktivator (w/s) hingga titik optimal. Hal ini terlihat dari variasi B1.5 dan B3.5 yang memiliki nilai $w/s=0,2$ mencapai kuat tekan 41,39 MPa dan 37,46 MPa pada usia 28 hari. Selanjutnya kuat tekan yang dicapai mortar geopolimer terus mengalami peningkatan hingga mencapai puncak pada variasi *mix design* D1.5 dan D3.5 yang memiliki nilai $w/s=0,3$ yaitu sebesar 66,67 MPa dan 63,06 MPa pada usia 28 hari. Untuk penambahan nilai kadar solid larutan (w/s) di atas $0,3$ menyebabkan kuat tekan mortar geopolimer menurun.
2. Kadar solid larutan aktivator (w/s) berpengaruh terhadap kuat tekan mortar geopolimer berbahan dasar *fly ash* dan NaOH 12 molar. Adapun nilai w/s optimum pada variasi SS/SH=1,5 dan 3,5 adalah sebesar $0,3$ (mix D1.5 dan D3.5) dimana menghasilkan kuat tekan sebesar 66,67 MPa untuk

kondisi SS/SH=1,5 dan sebesar 63,06 MPa untuk kondisi SS/SH=3,5.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmajalinus, Bernardus. 2017. *Pengaruh Perbandingan Water Solid Ratio (W/S) terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lekat Mortar Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang dengan NaOH 12 Molar pada Suhu Ruangan*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Anwardah. 2017. *Perbedaan Air Suling (Aquadest) dan Air Deionisasi*. [<https://sainskimia.com/perbedaan-air-suling-aquadest-dan-air-deionisasi/>]. [6 Maret 2018].
- Apsari, Debi. 2017. *Pengaruh Penambahan Variasi Molaritas NaOH Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lekat Mortar Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang Pada Aplikasi Spesi Bata Merah*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Chandra, Wahyu. 2016. *Walhi: Ekosistem Karst Indonesia Terancam Industri Semen*. [<http://www.mongabay.co.id/2016/01/18/walhi-eksosistem-karst-indonesia-terancam-industri-semen/>]. [4 Maret 2018].
- Davidovits, Joseph. 1999. *Chemistry of Geopolymer System Terminology, Geopolymer '99 International Conferences France*.
- Ekaputri, et al. 2007. *Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Jawa Power Paiton Sebagai Material Alternatif*: Jurnal PONDASI vol 13 No.2.
- Faiza. 2015. *Beda Aquades dengan Air Mineral*. [<http://faizaashop.blogspot.com/2015/07/beda-aquades-dengan-air-mineral.html>]. [6 Maret 2018].
- Fitriani, Dian Rahma. 2010. *Pengaruh Modulus Alkali dan Kadar Aktifator Terhadap Kuat Tekan Fly Ash-Based Geopolymer Mortar*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Hardjito. 2004. *On the Development of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. Perth: Research Report GC Faculty of Engineering Curtin University of Technology.
- Hardjito et al. 2005. *Development and Properties of Low Calcium Fly Ash – Based Geopolymer Concrete*. Perth: Research Report GC1 Faculty of Engineering Curtin University of Technology.
- Nugraha, Paul. 2007. *Teknologi Beton: Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia. 1971. *PBBI 1971 N.I.-2*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Rangan, et al. 2005. *Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. Perth: Research Report GC1 Faculty of Engineering Curtin University of Technology.
- Rangan, B.V. 2008. *Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. Perth: Research Report GC4 Faculty of Engineering Curtin University of Technology.
- Rangan, B.V. 2014. *Geopolymer Concrete for Environmental Protection*. India: The Indian Concrete Journal April 2014.
- Salwatul, Novi. 2017. *Pengaruh Rasio Sodium Hidroksida dengan Sodium Silikat Pada Mortar Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Geser Pada Aplikasi Spesi Batu Bata*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- SKSNI T15-1991. 1993. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-1974-1990. 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-2834-2000. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-6825-2002. 2002. *Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-6882-2014. 2000. *Spesifikasi Mortar Untuk Pasangan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sutikno, 2003. *Panduan Praktek Beton*. Surabaya: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Universitas Negeri Surabaya.
- Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: KMTS FT UGM.
- Wallah et al. 2006. *Low - Calcium Fly Ash – Based Geopolymer Concrete: Long Term Properties*. Perth. Research Report GC2 Faculty of Engineering Curtin University of Technology.
- Wardhono, Arie, David W. Law, dan Thomas C.K. Molyneaux. 2012. *“Strength of Alkali Activated Slag and Fly Ash-based Geopolymer Mortar”*. Japan: Japan Concrete Institute.

Zulkafli, Ramadhan. 2014. *Tinjauan Sifat Fisik dan Mekanik Pada Beton Geopolimer Tanpa Pasir Dengan Penambahan Variasi Superplasticizer*. Depok: Politeknik Negeri Jakarta.

