

STUDI EKSPERIMEN KUAT TEKAN DAN POROSITAS TERHADAP PENGGUNAAN LUMPUR SIDOARJO (LUSI) PADA MORTAR GEOPOLIMER SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI FLY ASH DENGAN RASIO 1:5 PASIR DENGAN KONDISI SS/SH 0,5 DAN NAOH 12 MOLAR

Afrían Arasy Maulana

Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

songkroarasy36@gmail.com

Arie Wardhono

Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

ariewardhono@unesa.ac.id

Abstrak

Selama beberapa dasawarsa, PC (*Portland cement*) dan berbagai jenisnya sampai sekarang adalah bahan utama untuk pembangunan terutama pada pembangunan struktur suatu bangunan atau Gedung. Masyarakat sangat tergantung pada bahan tersebut dan tak dapat dipungkiri lagi. Akibatnya penggunaan pc sangat meningkat drastis terutama di pertengahan tahun 2011. Karena tahun tersebut dimulainya pembangunan yang sangat besar sehingga penggunaan pc semakin meningkat drastis hingga mencapai nilai 48 juta ton penjualan dan diperkirakan akan meningkat lagi pada tahun berikutnya yaitu tahun 2012 dengan nilai berkisar 52 juta ton, sebanding dengan perkembangan ekonomi di negara ini. Bahan baku semen sampai saat ini pun belum ada penggantinya. Saat ini Lumpur Lapindo, Sidoarjo digadang gadang dapat menggantikan material semen tersebut dikarenakan lumpur Lapindo terdapat bahan yang hampir sama dengan bahan yang terkandung di dalam semen salah satunya yaitu pasir silika (SiO_2). Pasir silika adalah salah satu komponen utama yang terkandung di dalam semen. Dari hasil pencampuran bahan-bahan pembuat semen tadi, seperti kapur, pasir silika dan zat aditif lainnya, menghasilkan larnit yang berbentuk gumpalan-gumpalan. Semua bahan tersebut dipanaskan dahulu agar berbentuk serbuk halus. Untuk penggunaan Lumpur Sidoarjo sebagai bahan pengganti semen dengan menggunakan mortar geopolymer dengan bahan materialnya menggunakan *fly ash* dengan lumpur Lapindo sebagai bahan pengganti semen. Kemudian kedua bahan tersebut dicampurkan dengan penggunaan lumpur Lapindo sebanyak 5%-50% dengan kelipatan 5% disetiap penambahannya. Dengan menggunakan larutan aktivator 12M dan perbandingan SS/SH 0,5. Hasil dari penelitian diperoleh kuat tekan dan porositas dengan nilai yang berbanding terbalik yaitu untuk kuat tekan terbesar terjadi pada penambahan lumpur 5% dengan kuat tekan 3,57MPa dengan hasil porositas terkecil yaitu sebesar 18,66% dan kuat tekan terkecil diperoleh pada penambahan lumpur sebanyak 50% dengan kuat tekan 2,70MPa dengan hasil porositas terbesar yaitu sebesar 28,93%. Dengan ini setiap penambahan lumpur akan mengurangi hasil dari kuat tekan dan akan menambah hasil dari persentase dari porositas itu sendiri.

Kata Kunci: Mortar Geopolimer, Lumpur Sidoarjo, Porositas, *Fly Ash*, Kuat Tekan,.

Abstract

For decades, PC (Portland cement) and its various types have until now been the main material for construction, especially in the construction of the structure of a building or building. Society is very dependent on these materials and can not be denied anymore. As a result, the use of PCs increased drastically, especially in the middle of 2011. Because that year began a very large development so that the use of PCs increased dramatically to reach the value of 48 million tons of sales and is expected to increase again in the following year, namely 2012 with a value of around 52 million tons. , in proportion to the economic development in the country. Until now, there is no substitute for cement raw materials. Currently, the Lapindo Mud, Sidoarjo is predicted to be able to replace the cement material because the Lapindo mud contains materials that are almost the same as the materials contained in cement, one of which is silica sand (SiO_2). Silica sand is one of the main components contained in cement. From the results of mixing the cement-making materials, such as lime, silica sand and other additives, it produces larnite in the form of lumps. All the ingredients are heated first to form a fine powder. For the use of Sidoarjo Mud as a substitute for cement using geopolymer mortar with fly ash as a substitute for cement. Then the two materials are mixed with the use of Lapindo mud as much as 5%-50% with a multiple of 5% for each addition. By using a 12M activator solution and a SS/SH ratio of 0.5. The results of the study obtained compressive strength and porosity with inversely proportional values, namely the largest compressive strength occurred in the addition of 5% mud with a compressive strength of 3.57 MPa with the smallest porosity of 18.66% and the smallest compressive strength was obtained in the addition of 50 mud. % with a compressive strength of 2.70 MPa with the largest porosity of 28.93%. With this each addition of mud will reduce the yield of the compressive strength and will increase the yield as a percentage of the porosity itself.

Keywords: Geopolymer Mortar, Sidoarjo's Mud, Fly Ash, Porosity, compressive strength,.

PENDAHULUAN

Lumpur Sidoarjo adalah semburan lumpur akibat pengeboran oleh suatu perusahaan besar yang ada di Sidoarjo. Sejak awal terjadinya semburan pada tanggal 26 Mei 2006 hingga saat ini semburan masih belum berhenti, sehingga membuat tergenangnya daerah permukiman, pertanian dan perindustrian di tiga kecamatan. Semburan yang terus menerus hingga saat ini mengakibatkan tiga kecamatan mengalami banjir lumpur sehingga tidak bisa dibuat untuk tempat tinggal lagi. Adapun sebanyak tiga desa di lahan seluas 400 hektare (ha) yang terkena dampak dari meluapnya lumpur Lapindo tersebut.

Rinciannya, tiga desa di Kecamatan Tanggulangin yaitu Desa Siring, Desa Renokenongi, Desa Kedung Bendo, dan satu desa di Kecamatan Porong yaitu Desa Jatirejo. Belum lagi, belasan desa lain yang juga ikut tergenang di lahan seluas 400 ha. Total korban diperkirakan mencapai 43 ribu jiwa yang harus kehilangan pemukiman dan akhirnya memilih mengungsi ke wilayah lain. Akibatnya aktivitas warga sekitar juga terganggu karena adanya penutupan ruas jalan tol Surabaya-Gempol dan kerusakan lingkungan. Hingga saat ini pun masyarakat masih tidak tahu bagaimana pemerintah dan PT. Lapindo Brantas menanggapi atau menghentikan semburan lumpur Lapindo tersebut. Adapun untuk pengelola dampak dari semburan lumpur juga masih belum ada jalan keluar sehingga masyarakat merasa rugi dikarenakan polusi yang meningkat akibat lumpur Lapindo.

Di jaman modern sekarang ini dengan banyaknya inovasi yang berkaitan dengan pembangunan kebutuhan dunia akan semen selalu mengalami kenaikan yang drastis dikarenakan belum ada bahan pengganti dari semen itu sendiri. Peringkat penggunaan semen di dunia adalah kedua setelah air sehingga bisa dibayangkan betapa pentingnya peranan semen terhadap kebutuhan bahan di dunia konstruksi. Diprediksikan untuk pemakaian *Ordinary Portland Cement (PC)* akan mengalami peningkatan secara terus menerus sampai sekarang dan jumlahnya meningkat pesat. Oleh karena itu meningkatnya penggunaan semen adalah penyebab terjadinya pemanasan global di seluruh dunia. Pemanasan global adalah suatu fenomena yang terjadi akibat pelepasan gas CO₂ ke atmosfer. Untuk produksi satu ton semen portland dapat melepaskan kira-kira satu ton gas CO₂ ke atmosfer, sehingga Emisi karbon yang tinggi sangat berpengaruh terhadap pemanasan global dan perubahan iklim (Adisty Dian, 2009).

Berbagai macam trobosan sudah dikembangkan dan dilakukan untuk menggantikan atau mengurangi penggunaan pc sebagai bahan bangunan. Para ahli teknologi beton juga melakukan berbagai macam penelitian pembuatan beton dengan menggunakan ikatan geopolymer. Geopolimer dapat diartikan sebagai material yang dihasilkan dari geosintesis aluminosilikat polimerik dan alkali-silikat yang menghasilkan kerangka polimer SiO₄ (silika tetraoksida) dan AlO₄ (aluminium tetraoksida) yang

terikat secara tetrahedral (Davidovits, 1994 dalam Pugar 2011).

Selanjutnya, bahan-bahan alternatif lainnya yang mengandung SiO₂ (silika oksida) yang tinggi dapat digunakan sebagai pengganti semen seperti abu terbang (Fly Ash) dan lumpur Sidoarjo. Abu terbang atau fly ash sendiri adalah abu yang dihasilkan dari batu bara yang dibakar sehingga batu bara tersebut mengeluarkan atau menjadi abu. Atau bisa juga merupakan material buangan dari industri dan PLTU. Akan tetapi abu terbang tersebut tidak memiliki kemampuan mengikat, sehingga membutuhkan cairan sebagai pengikat. Bisa juga disebut dengan cairan aktivator seperti Sodium Hidroksida (NaOH) dan Sodium Silikat (Na₂SiO₃), oksida silika yang terdapat dalam bahan tersebut akan bereaksi secara kimia dan membentuk ikatan polimer.

Lumpur Sidoarjo merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai bahan pozzolan yang cukup bagus setelah lumpur tersebut diolah. Dikarenakan lumpur Sidoarjo terdapat kandungan bahan yang sama yang terdapat didalam semen. Untuk bahan kandungannya pun sama tingginya bila dibandingkan dengan semen. Tetapi meskipun kandungan bahan yang terdapat di dalam lumpur Lapindo hampir sama dengan semen, tetap belum dapat menghasilkan beton dengan mutu tinggi bila menggunakan bahan lumpur Lapindo sebagai pengganti semen. Di sisi lain, *fly ash* sudah membuktikan bahwa bahan tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan mortar geopolimer mutu tinggi.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menggunakan dua bahan alternatif sebagai campuran untuk pengganti semen. Dan adapun manfaat lainnya adalah untuk mengurangi limbah dari lumpur Sidoarjo itu sendiri agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti semen untuk pembangunan.

METODE PENELITIAN

Penelitian merupakan suatu kegiatan untuk mendapatkan pengertian yang *actual* atau yang terbaik sehingga dapat kita uji kebenaran suatu penelitian tersebut (Sutrisno Hadi, 2001:10). Selain itu peneliti harus menempuh jalan tersebut agar memperoleh ilmu pengetahuan yang luas dan relevan.

Untuk penelitian yang digunakan adalah uji laboratorium (*experimental*), yang dapat diartikan sebagai penelitian untuk melanjutkan sebagian penelitian sebelumnya dengan cara menyelidiki dan mencari bentuk hubungan antara variabel satu dengan lainnya dengan data yang diperoleh harus dianalisa secara statistik kuantitatif.

Penelitian ini difokuskan pada reaksi pengaruh *Water Solid Ratio (W/S)* terhadap nilai kuat tekan pada pembuatan *geopolymer mortar* yang berbahan dasar abu terbang (*fly ash*). Selain itu, penelitian ini fokus terhadap pengamatan dan pengukuran hasil uji coba laboratorium untuk mendapatkan hasil kuat tekan yang tinggi dan porositas dari variasi komposisi *Water Solid Ratio (W/S)*. Untuk nilai dari (W/S) sendiri yaitu 0.45

dan dengan variasi rasio SS/SH 0.5 sebesar 12 molar. Untuk mortar berbentuk kubus dengan ukuran 5x5x5.

1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian di Lab. Beton Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, dengan jam kerja pukul 08.00 WIB hingga pukul 16.00, hari Senin sampai dengan hari Jumat menyesuaikan dengan jam operasional Laboratorium.

2. Populasi dan Sampel

Sampel yang digunakan adalah semua populasi karena merupakan data hasil pengujian di Laboratorium dengan sampel benda uji berjumlah 72 buah mortar dengan ukuran 5 cm x 5 cm 5cm. Rancangan sampel yang dibuat pada penelitian dijelaskan pada Tabel 3.2 Mix design Mortar Geopolimer berikut:

Tabel 1. Mix Design

Mix Design dengan Kondisi SS/SH 12 Molar = 0,5 dan W/S = 0,45								
Mix Design	PC	Fly Ash	LUSI	Kapur	Pasir	Water	Sodium Silikat	NaOH 12M
1	1	0	0	0	5	0,485	0	0
2	0	0,8	0	0,2	5	0,05	0,250	0,500
3	0	0,75	0,05	0,2	5	0,05	0,250	0,500
4	0	0,7	0,1	0,2	5	0,05	0,250	0,500
5	0	0,65	0,15	0,2	5	0,05	0,250	0,500
6	0	0,6	0,2	0,2	5	0,05	0,250	0,500
7	0	0,55	0,25	0,2	5	0,05	0,250	0,500
8	0	0,5	0,3	0,2	5	0,05	0,250	0,500
9	0	0,45	0,35	0,2	5	0,05	0,250	0,500
10	0	0,4	0,4	0,2	5	0,05	0,250	0,500
11	0	0,35	0,45	0,2	5	0,05	0,250	0,500
12	0	0,3	0,5	0,2	5	0,05	0,250	0,500

3. Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini sasaran penelitiannya untuk mengatasi masalah pencemaran udara yang disebabkan oleh produksi *Portland Cement* dalam skala besar.

4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat yang akan dipelajari dan memiliki berbagai macam variasi sehingga oleh peneliti dapat dipelajari dan ditarik suatu kesimpulan.

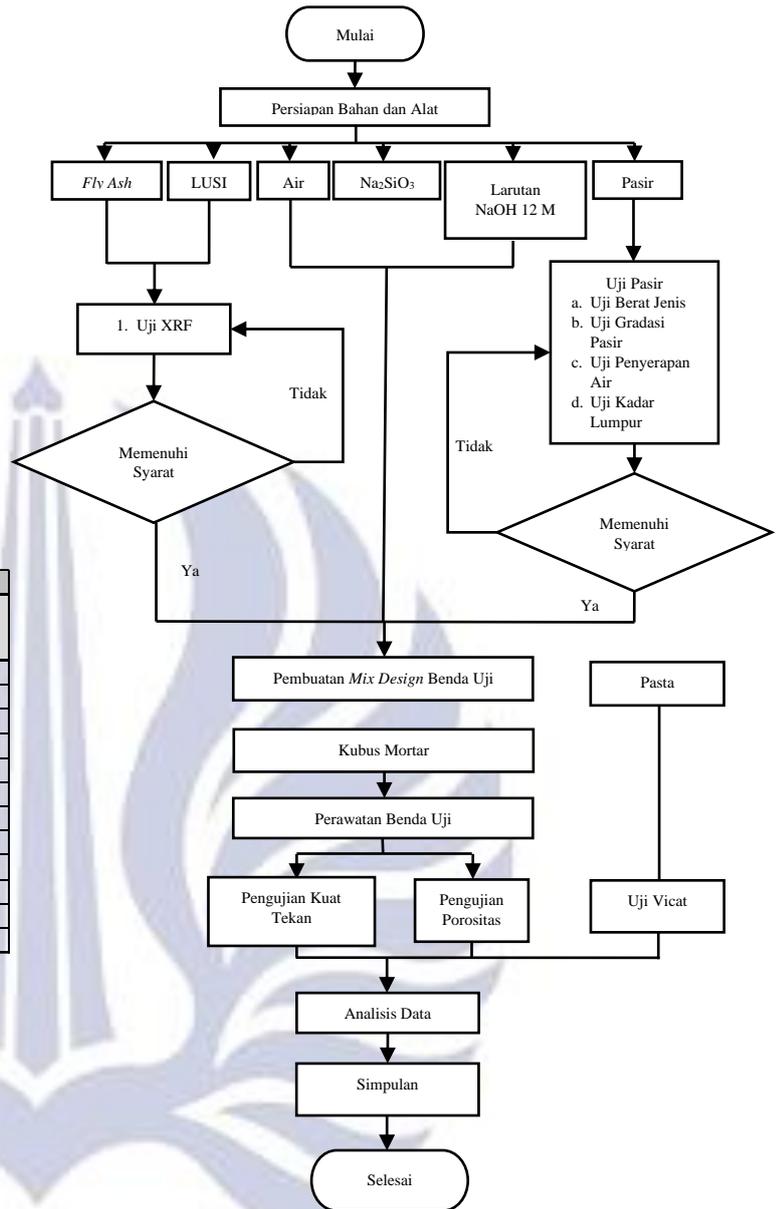
5. Metode Pengumpulan Data

Untuk metodenya sendiri dilakukan dengan cara pengukuran serta pengamatan terhadap benda uji. Pengukuran yang dilakukan mendapatkan data seperti dimensi benda uji, berat benda uji, berat jenis material. Sedangkan untuk pengamatan dilakukan pada pengujian kuat tekan benda uji mortar sesuai dengan variasi perlakuan dan umur rencana.

6. Rancangan Penelitian

Dalam eksperimen penelitian ini dilakukan secara bertahap mulai dari perencanaan dan perancangan penelitian, menentukan sasaran tujuan penelitian, pengambilan data laboratorium hingga menganalisis data hasil laboratorium.

Berikut ini merupakan tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan, yaitu:



Gambar 1. Bagan Tahapan Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mortar geopolimer yang dilakukan bertujuan untuk memperoleh hasil kuat tekan, porositas dan juga waktu ikat semen mortar geopolimer dengan campuran antara bahan lumpur dan *fly ash* yang akan disubstitusikan sehingga mempunyai fungsi untuk bahan pengganti semen. Bahan pembentuk mortar geopolimer selain pasir dan juga kapur, yaitu dengan tambahan aktivator berupa Sodium Hidroksida dan Sodium Silikat. Data yang didapatkan dari penelitian ini dihasilkan menggunakan metode eksperimen, dimana data diperoleh dengan proses penyajian data berupa pengambilan data, tabel dan gambar grafik. Untuk proses pengumpulan data sendiri dikerjakan dengan

pengujian terhadap semua benda uji sesuai dengan umur dan waktu pengujian.

1. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian bertujuan untuk memperlancar proses penelitian, dengan mempersiapkan ketersediaan alat dan bahan yang diperlukan.

Persiapan penelitian yang dilaksanakan yaitu:

- Menyiapkan peralatan
- Persiapan Bahan Lumpur Lapindo Sidoarjo
- Persiapan Bahan Kapur
- Persiapan Agregat Halus
- Persiapan Bahan *Fly Ash*
- Persiapan Larutan Aktivator

2. Uji Material

Untuk uji material dilaksanakan agar dapat melihat kualitas bahan yang digunakan, yaitu untuk mengetahui sifat, karakter dan juga kandungan bahan kimia yang dipakai.

Pengujian materian terdiri dari:

- Hasil Pengujian Pasir**
Pengujian pasir diantaranya yaitu dengan pengujian gradasi pasir, berat jenis, kadar lumpur pasir, dan kadar air pasir.
- Hasil uji Lumpur Sidoarjo**
Pengujian lumpur Sidoarjo dilaksanakan agar dapat melihat apa saja kandungan kimia yang ada di dalam lumpur Sidoarjo. Pengujian yang digunakan yaitu pengujian X-Ray Fluorescence (XRF) Berdasarkan data hasil pengujian terhadap lumpur Sidoarjo, didapatkan kandungan kimia yang didominasi oleh kandungan alumina, silika, kalsium, dan besi.
- Hasil Pengujian Portland Cement**
Pengujian *Portland Cement* yaitu untuk mengetahui kandungan yang terdapat dalam *Portland Cement*. Pengujian yang digunakan yaitu pengujian X-Ray Fluorescence (XRF).
- Hasil Pengujian Fly Ash**
Pengujian *Fly Ash* dilakukan dengan tujuan agar dapat melihat kandungan apa saja yang ada di dalam *Fly Ash*. Kegiatan ini menggunakan material *fly ash* dengan tipe C. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian X-Ray.

3. Pelaksanaan Pra-Lab

Dalam penelitian ini, *Trial Pra-Lab* digunakan untuk mengetahui rasio W/S optimum terhadap kuat tekan serta presentase substitusi *fly ash*

dengan menggunakan LUSI yang nantinya akan digunakan dalam penelitian. Pelaksanaan terdiri dari 3 yaitu *pra-lab 1*, *pra-lab 2*, dan *pra-lab 3*.

4. Pelaksanaan Penelitian

Untuk pelaksanaan penelitian sendiri terdiri dari rancangan *mix design* dan pembuatan benda uji.

Untuk mencapai hasil yang baik dari penelitian sebelumnya yaitu pada saat benda uji berusia 28 hari, maka hasil yang akan kita dapatkan ketika benda uji berumur 28 hari adalah kuat tekan yang optimum dibandingkan dengan umur benda uji yang lain. Dimana pada penelitian ini memfokuskan pada hasil dari kuat tekan benda uji, sehingga perlu melakukan Analisa kuat tekan terhadap viciat, kuat tekan terhadap porositas, dan kuat tekan terhadap berat per-volume benda uji. Karena kuat tekan sendiri merupakan besarnya beban maksimum yang diberikan persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu.

1. Analisa Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

Agar dapat melihat tingkat kepadatan yang dipengaruhi akibat besarnya pori pada benda uji, perlu dilakukan pengujian porositas pada setiap variasi *mix design* mortar geopoler. Oleh karena itu uji porositas sangat penting dilakukan ketika bertujuan untuk mengetahui tingkat kepadatan yang dipengaruhi oleh besaran pori pada benda uji. Dibawah ini merupakan tabel hubungan antara kuat tekan dan porositas pada benda uji

Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Porositas dan Kuat Tekan

Mix	Kode	Porositas (%)			Kuat Tekan (Mpa)		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	W35-II	15.69%	19.02%	17.87%	1.22	1.40	1.67
2	W35-I	14.46%	17.30%	15.25%	2.91	2.67	2.94
3	W35-III	15.73%	20.01%	18.66%	3.16	3.31	3.57
4	W35-IV	15.85%	21.25%	16.83%	3.37	2.92	2.83
5	W35-V	17.47%	21.48%	18.71%	2.71	2.91	3.10
6	W35-VI	19.89%	21.56%	19.82%	2.94	3.02	2.81
7	W35-VII	18.99%	21.76%	21.72%	2.88	2.74	3.00
8	W35-VIII	22.50%	25.86%	23.89%	2.82	2.78	2.82
9	W35-IX	24.37%	24.77%	21.92%	2.81	2.95	2.63
10	W35-X	23.29%	26.78%	25.29%	2.86	2.81	2.87
11	W35-XI	26.79%	29.30%	28.23%	2.62	2.90	2.55
12	W35-XII	28.48%	31.86%	28.93%	2.67	2.81	2.70



Gambar 2. Grafik Hubungan Porositas dan Kuat Tekan Benda Uji

Dapat disimpulkan dari hasil uji kuat tekan dan porositas yang disajikan pada **Tabel 2** dan **Gambar 2**, didapat hasil nilai kuat tekan optimum terjadi pada *mix design 3* dengan rasio substitusi kandungan *Fly ash* dengan LUSI sebanyak 5% memiliki hasil kuat tekan sebesar 3,57 MPa. Sedangkan hasil kuat tekan minimum didapatkan oleh *mix design 11* yang merupakan substitusi LUSI terhadap *Fly ash* terbesar, yaitu sebanyak 45% dengan hasil kuat tekan sebesar 2,55 MPa. Untuk porositas terbesar, didapat oleh *mix design 12* dengan angka sebesar 28,93%. Sedangkan porositas terkecil, didapat oleh *mix design 2* yaitu sebesar 15,25%. Pada *mix design* yang lain, yaitu *mix design 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, dan 11* memperlihatkan hasil kuat tekan yang pada tiap-tiap variasi *mix design* mengalami perbandingan yang terbalik terhadap hasil uji porositas.

Pada **Gambar 2**, memperlihatkan *mix design 1-12* mengalami penurunan nilai kuat tekan dengan penurunan terjadi dimulai dari *mix design 3*. Peningkatan terjadi di *mix design 1* hingga *mix design 3* dilanjutkan penurunan kuat tekan hingga *mix design 12*. Dimana penurunan hasil kuat tekan yang terjadi pada *mix design 1-12* mengakibatkan peningkatan nilai porositas dimulai dari *mix design 2*. Penurunan nilai porositas terjadi pada *mix design 1* hingga *mix design 2* yang dilanjutkan peningkatan nilai porositas hingga *mix design 12*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil nilai uji porositas mortar mengalami hasil yang berbanding terbalik dengan hasil nilai kuat tekan benda uji.

Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Januarti Jaya Ekaputri dan Triwulan (2013) yang menyatakan berdasarkan hasil tes porositas, dapat disimpulkan bahwa beton yang memiliki prosentase pori tertutup optimum

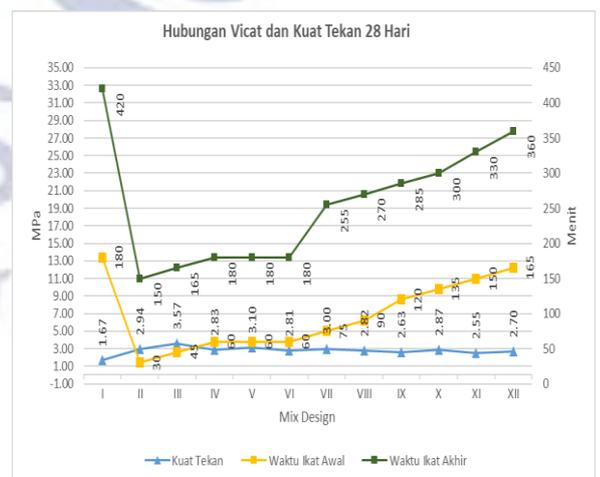
mengindikasikan perilaku mikrostruktur yang baik. Untuk hasil tes semakin sedikit jumlah pori yang terbuka dan semakin banyak jumlah pori yang tertutup beton, maka akan memperoleh hasil semakin tinggi pula kuat tekan pada benda uji tersebut. Ini dikarenakan hasil tes porositas ini berhubungan erat dengan hasil tes tekan dan belah.

2. Analisa Hubungan Kuat Tekan dan Vicat

Dalam pengujian ini sangat menentukan untuk mengetahui penentuan waktu ikat yang akan terjadi, sehingga dilakukan pengujian vicat dalam penelitian ini adalah bertujuan untuk menentukan konsistensi normal dari mortar geopolimer. Tiap-tiap dari *mix design* pada penelitian ini akan memiliki variasi hasil vicat yang berbeda. Adapun tabel hubungan waktu ikat dan kuat tekan disajikan pada **Tabel 3** berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Vicat dan Kuat Tekan

Mix	Kode	VICAT (menit)		Kuat Tekan (Mpa)		
		Waktu Ikat Awal	Waktu Ikat Akhir	7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	W35-II	180	420	1.22	1.40	1.67
2	W35-I	30	150	2.91	2.67	2.94
3	W35-III	45	165	3.16	3.31	3.57
4	W35-IV	60	180	3.37	2.92	2.83
5	W35-V	60	180	2.71	2.91	3.10
6	W35-VI	60	180	2.94	3.02	2.81
7	W35-VII	75	255	2.88	2.74	3.00
8	W35-VIII	90	270	2.82	2.78	2.82
9	W35-IX	120	285	2.81	2.95	2.63
10	W35-X	135	300	2.86	2.81	2.87
11	W35-XI	150	330	2.62	2.90	2.55
12	W35-XII	165	360	2.67	2.81	2.70



Gambar 3. Grafik Hubungan Vicat dan Kuat Tekan Benda Uji

Dari hasil uji kuat tekan dan vicat yang disajikan pada **Tabel 3** dan **Gambar 3**, dapat

dilihat jika semakin banyaknya kandungan LUSI pada tiap variasi *mix design* menyebabkan bertambahnya waktu ikat pada pasta namun, peningkatan tidak terjadi secara signifikan di setiap *mix design*. Hasil uji vicat cenderung mengalami pengikatan awal yang sangat cepat, yaitu sejak penggunaan Fly ash pada *mix design* 2 pengikatan awal di mulai pada pengukuran ke-2 yang terjadi pada 30 menit dan mulai meningkat pada pada *mix design* 11 yang terjadi pada 45 menit. Pengikatan akhir pasta memperlihatkan peningkatan waktu pengerasan yang berbanding terbalik dengan kuat tekan yang didapat. Namun pada 3 *mix design* memiliki waktu pengikatan akhir yang sama, yaitu *mix design* 4-6 dengan waktu 315 menit dan *mix design* 7-9 dengan waktu pengikatan akhir sebesar 330 menit. Sehingga pada penelitian ini bisa ditarik kesimpulan bahwa terjadi peningkatan berbanding lurus antara penambahan rasio substitusi LUSI terhadap *fly ash* dengan peningkatan waktu ikat pada hasil uji vicat.

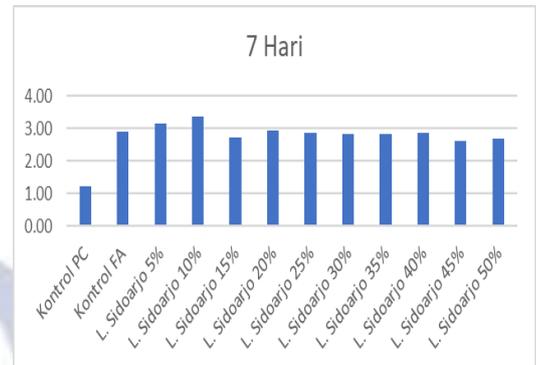
3. Analisa Hubungan Kuat Tekan dan Usia Benda Uji

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* WE – 600B, 360V atau biasanya disebut dengan *Dial Gauge* diproduksi di China dengan ketentuan waktu pengujian yang sudah ditentukan, yaitu dengan waktu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari setelah benda uji di cetak. Adapun tabel hubungan usia benda uji dan kuat tekan disajikan pada **Tabel 4.** berikut:

Tabel 4. Kuat Tekan Mortar berdasarkan Usia

Mix	7 Hari	14 Hari	28 Hari
Kontrol PC	1.22	1.40	1.67
Kontrol FA	2.91	2.67	2.94
L. Sidoarjo 5%	3.16	3.31	3.57
L. Sidoarjo 10%	3.37	2.92	2.83
L. Sidoarjo 15%	2.71	2.91	3.10
L. Sidoarjo 20%	2.94	3.02	2.81
L. Sidoarjo 25%	2.88	2.74	3.00
L. Sidoarjo 30%	2.82	2.78	2.82
L. Sidoarjo 35%	2.81	2.95	2.63
L. Sidoarjo 40%	2.86	2.81	2.87
L. Sidoarjo 45%	2.62	2.90	2.55
L. Sidoarjo 50%	2.67	2.81	2.70

- a. Analisa Kuat Tekan Mortar Usia 7 hari
Menurut **Tabel 4.** diatas, dapat di sederhanakan menjadi grafik per 7 hari pada **Gambar 4.** berikut ini.

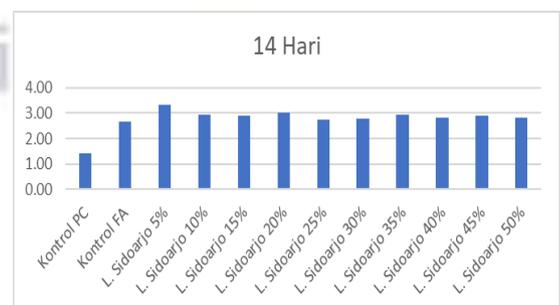


Gambar 4. Grafik Kuat Tekan Mortar Usia 7 hari

Dapat dilihat untuk data hasil kuat tekan usia 7 hari yang diperlihatkan pada **Gambar 4.** diatas, diperoleh hasil kuat tekan tertinggi sebesar 12.32 MPa oleh *mix design* 2 sebagai *mix design* kontrol *fly ash* yang terdiri dari komposisi *fly ash* 80% dan kapur 20%. Sedangkan hasil kuat tekan terkecil di peroleh *mix design* 11 sebesar 2.84 MPa dengan komposisi *fly ash* 35%, LUSI 45%, dan kapur 20%.

Dari Gambar 4.26. juga menunjukkan penurunan nilai kuat tekan dari setiap masing-masing *mix design*. Dengan penurunan dimulai sejak penambahan kadar LUSI, yaitu *mix design* 3 dengan kadar penambahan LUSI 5% dan terus menurun hingga *mix design* 12 dengan kadar LUSI 50%.

- b. Analisa Kuat Tekan Mortar Usia 14 hari
Menurut **Tabel 4.** diatas, dapat di sederhanakan menjadi grafik per 14 hari pada **Gambar 5.** berikut ini.

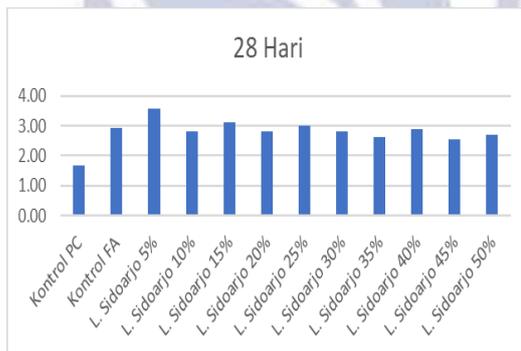


Gambar 5. Grafik Kuat Tekan Mortar Usia 14 hari

Dapat dilihat untuk data hasil kuat tekan usia 14 hari yang diperlihatkan pada **Gambar 5**. diatas, diperoleh hasil kuat tekan tertinggi sebesar 20,86 MPa oleh *mix design 2* sebagai *mix design* kontrol *fly ash* yang terdiri dari *fly ash* 80% dan kapur 20%. Sedangkan hasil kuat tekan terkecil di peroleh *mix design 8 & 12* sebesar 4,28 MPa dengan komposisi *fly ash* 50%, LUSI 30%, dan kapur 20% untuk *mix design 8*, dan komposisi *fly ash* 30%, LUSI 50%, dan kapur 20% untuk *mix design 12*.

Dari **Gambar 4.26**. juga menunjukkan penurunan nilai kuat tekan dari setiap masing-masing *mix design*. Dengan penurunan dimulai sejak penambahan kadar LUSI, yaitu *mix design 3* dengan kadar penambahan LUSI 5% dan terus menurun hingga *mix design 12* dengan kadar LUSI 50%.

- c. Analisa Kuat Tekan Mortar Usia 28 hari
Menurut **Tabel 4**. diatas, dapat di sederhanakan menjadi grafik per 7 hari pada **Gambar 6**. berikut ini.



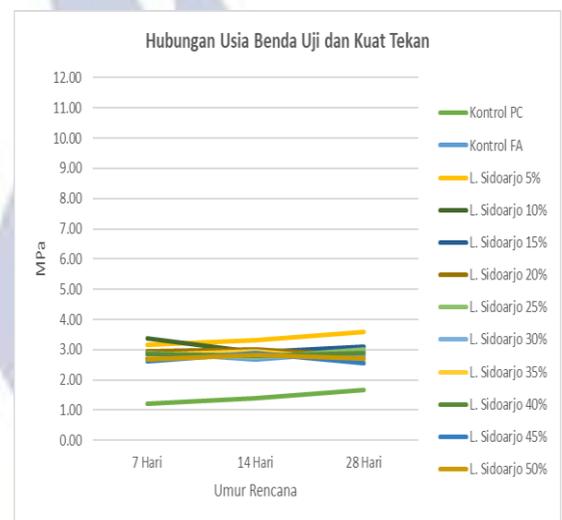
Gambar 6. Grafik Kuat Tekan Mortar Usia 28 hari

Dapat dilihat untuk data hasil kuat tekan usia 28 hari yang diperlihatkan pada **Gambar 6**. diatas, diperoleh hasil kuat tekan tertinggi sebesar 23,35 MPa oleh *mix design sebagai mix design* kontrol *fly ash* yang terdiri dari *fly ash* 80% dan kapur 20%. Sedangkan hasil kuat tekan terkecil di peroleh *mix design 12* sebesar 1,35 MPa dengan komposisi *fly ash* 30%, LUSI 50%, dan kapur 20%.

Dari **Gambar 6**. juga menunjukkan penurunan nilai kuat tekan dari setiap masing-masing *mix design*. Dengan penurunan dimulai sejak penambahan kadar LUSI, yaitu *mix design 3* dengan kadar penambahan LUSI 5% dan terus menurun hingga *mix design 12* dengan kadar LUSI 50%.

Dengan hasil pengujian benda uji selama 3 hari pengujian diatas, dibuat grafik dalam satu

kelompok yang ditunjukkan pada **Gambar 4.92** dibawah, tentang hubungan usia antara benda uji itu sendiri dan nilai kuat tekan. Dimana untuk data yang didapat tersebut, nilai kuat tekan pada setiap *mix design* dipengaruhi oleh usia rencana benda uji. Dari data yang diperoleh dapat dikatakan bahwa yang mempengaruhi kenaikan kuat tekan rata-rata dari setiap *mix design* adalah bertambahnya usia benda rencana dari setiap benda uji mortar geopolimer. Meningkatnya kuat tekan pada setiap usia rencana 7 hari, 14 hari, dan 28 hari disebabkan karena prosedur pelaksanaan pembuatan benda uji yang baik dan juga reaksi pengikatan pada mortar, proporsi campuran bahan yang seimbang, dan perawatan.



Gambar 7. Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Usia

Hasil perbandingan keseluruhan dari setiap *mix design* yang ditinjau dari usia rencana mendapatkan hasil yang berbeda, data yang dihasilkan menunjukkan bahwa nilai kuat tekan yang dihasilkan *mix design* yang diberikan campuran LUSI (*mix design 3* hingga *mix design 12*) mengalami penurunan kuat tekan. Dimana penurunan kuat tekan dipengaruhi oleh presentase penambahan LUSI yang semakin menyebabkan penurunan kuat tekan mortar geopolimer.

Berdasarkan pernyataan diatas dapat diketahui sama halnya dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Januarti Jaya Ekaputri dan Triwulan (2013) yang menyimpulkan bila semakin besar penurunan kuat tekan yang terjadi maka semakin banyak lumpur sidoarjo yang digunakan sehingga terjadi penurunan kuat tekan yang terjadi tentang pasta

normal dengan menggunakan lumpur bakar sidoarjo. Pada kondisi ini juga didukung oleh penelitian sebelumnya yaitu dari J. G. S. Van Jaarsveld, Jannie S. J. Van Deventer dan G. C. Luckey (2002) dalam buku Sumajouw et al, mengatakan bahwa proses disolusi material yang terjadi saat geopolimerisasi mempengaruhi properti dari material itu sendiri. Kandungan air, waktu perawatan, dan temperatur perawatan terhadap beton segar sangat memberikan dampak terhadap karakteristik material geopolimer. Untuk kuat tekan pasta geopolimer sangat dipengaruhi oleh temperatur perawatan dan waktu perawatan.

PENUTUP

Simpulan

Hasil dari penelitian dan pembahasan mortar geopolimer yang telah dilaksanakan sesuai dengan tata cara yang sudah dipersiapkan diperoleh kesimpulan anatara lain sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini pembuatan mortar geopolimer menggunakan bahan substitusi antara Lumpur Sidoarjo (*LUSI*) dan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen dengan konsentrasi NaOH 12 Molar dan juga perbandingan Sodium Silikat dan Sodium Hidrosida sebesar 0,5. Untuk hasil dari kuat tekan terbesar terdapat pada *mix design* ke-3 dengan perbandingan antara *fly ash* sebesar 75% dan substitusi Lumpur Sidoarjo (*LUSI*) sebesar 5% dan memperoleh hasil kuat tekan sebesar 3,41 MPa. Sedangkan untuk *mix design* dengan penggunaan pertambahan persentase Lumpur Sidoarjo dari *mix design* 3 sampai 12 mengalami penurunan kuat tekan. Untuk kuat tekan terkecil sendiri terdapat di *mix design* 12 yaitu sebesar 2,73 MPa.
2. Penggunaan Lumpur Lapindo sebagai bahan pengganti *fly ash* pada mortar dengan konsentrasi NaOH 12 Molar dengan perbandingan Sodium Silikat dan Sodium Hidrosida sebesar 0,5 dapat menghasilkan porositas dengan nilai terendah pada *mix design* ke-2 sebesar 15,67% dan nilai porositas tertinggi terjadi pada *mix design* ke-12 yaitu dengan nilai sebesar 27,82%.
3. Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilaksanakan *mix design* 3 memiliki nilai kuat tekan paling tinggi yaitu sebesar 3,41 MPa. Hal ini dapat dikarenakan kadar optimum pemakaian lumpur Lapindo sebagai bahan substitusi *fly ash* dengan rasio (W/S) sebesar 0.45, dan (SS/SH 12

Molar) sebesar 0,5 adalah sebesar 5% yaitu pada *mix design* 3.

Saran

Saran yang didapat dari penelitian adalah:

1. Untuk perawatan dan cara penyimpanan bahan penyusun mortar harus dipastikan dalam kondisi terlindungi dari udara serta kondisi lembab dan dipastikan dalam kondisi aman.
2. Untuk mendapatkan data yang akurat dalam penelitian dianjurkan dengan memperhatikan alat uji UTM (*Universal Testing Machine*) telah dikalibrasi sebelum digunakan. Dan juga faktor teliti dan kehati-hatian dalam melakukan penelitian juga harus diperhatikan agar terhindar dari kesalahan.
3. Agar kualitas benda uji mortar yang digunakan tetap terjaga dan pada kualitas yang baik, menggunakan dan memakai bahan satu jenis, satu tipe dan pada satu lokasi yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Jodjana Aleksander, Alvin Cahyadi, Antoni dan Djwantoro Hardjito (2014) "*Pemanfaatan Campuran Lumpur Sidoarjo dan Fly Ash Dalam Pembuatan Mortar Geopolimer Mutu Tinggi*". Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- ACI 232.2R-03 (2003). *Use of Fly Ash in Concrete*. Reported by ACI Committee 232, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan 48333-9094.
- ASTM Standarts. 2002. ASTM 109/C 109M-02. *Standart Test Methods for Compressive Strenght of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or 50-mm Cube Specimens)*. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM C 618-93. "*Standard Test Methods for Fly Ash and Row or calcined Natural Pozzolan for Use as a mineral Admixture in Portland Cement Concrete*," American Society for Testing of Concrete's, 1991.
- Badan Standarisasi Nasional (1990). *SNI 03-1970-1990. "Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus"*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (2002). *SNI 03-6825-2002 "Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil"*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Jaarsveld, J. G. S. Van, Deventer Jannie S. J. Van, Luckey G. C. (2002) "*The Effect Of Compositon And Temperature On Properties Of Fly Ash And Kaolinite-Based Geopolymers*"
- Ekaputri Januarti J, dan Triwulan. (2013). "*Sodium sebagai Aktivator Fly Ash, Trass dan Lumpur*

Sidoarjo dalam Beton Geopolimer” Surabaya:
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember.

Leoindarto C., Sanjaya, A., Antoni, A., & Sugiharto, H.
(2006). Komposisi Alkaline Aktivator dan Fly
Ash Untuk Beton Geopolimer Mutu Tinggi.
Jurnal Dimensi Teknik Sipil, Universitas Petra
Surabaya.

Prasetio, Permana P. Gary Kartadinata, Djwantoro
Hardjito, dan Antoni. (2014): *Karakteristik
Mortar dan Beton Geopolimer Berbahan Dasar
Lumpur Sidoarjo*”. Surabaya: Universitas
Kristen Petra.

