JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS

UNESA

Universitas Negeri Surabaya

JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME:	NOMER:	HALAMAN:	SURABAYA	ISSN:
	02	02	01 - 11	2017	2252 - 5009

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E, M.M, M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL i

DAFTAR ISI ii

- Vol 2 Nomer 2/rekat/17 (2017)

PEMANFAATAN BATU APUNG DALAM PEMBUATAN BETON RINGAN DENGAN PENAMBAHAN LUMPUR SIDOARJO (LUSI) SEBAGAI SUBTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS

Abdul Ra'uf Alfansuri, Arie Wardhono..... 01 – 11

PEMANFAATAN BATU APUNG DALAM PEMBUATAN BETON RINGAN DENGAN PENAMBAHAN LUMPUR SIDOARJO (LUSI) SEBAGAI SUBTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS

Abdul Ra'uf Alfansuri)[1], Arie Wardhono)[2]

)[1] Mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

vansure09@gmail.com

)[2] Tenaga Akademi di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

ariewardhono@unesa.ac.id

Abstrak

Seiring dengan berkembangnya jaman banyaknya penggunaan beton dalam konstruksi akan mengakibatkan meningkatnya kebutuhan material pembentuk beton, sehingga memicu pengeksplorasian penambangan bahan material yang berlebihan. Pemakaian beton ringan dalam berbagai aplikasi teknologi konstruksi modern meningkat sangat cepat. Berbagai keuntungannya yaitu, pemakaian bahan material lain sebagai pengganti bahan dasar beton serta berat jenis yang lebih kecil. Alternatif yang digunakan guna mengatasi masalah tersebut yaitu menggunakan batu apung sebagai agregat kasar untuk mereduksi berat isi beton menjadi beton ringan dan memanfaatkan limbah lumpur sidoarjo (lusi) sebagai subtitusi agregat halus. Tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan pengaruh dan kadar optimum pemanfaatan Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai substitusi agregat halus dengan pemnfaatan batu apung dalam pembuatan beton ringan terhadap kuat tekan dan porositas.

Penelitian ini menggunakan kuat tekan rencana f'c 16,60 MPa. Benda uji berupa silinder beton ukuran 10x20 cm. setiap variasi adukan berjumlah 5 buah benda uji. Proses pengujian kuat tekan dan porositas dilakukan pada umur 28 hari. Proporsi campuran beton ringan sebanyak 6 variasi adukan. Batu apung sebagai agregat kasar dengan ukuran 5-10 mm dan variasi bahan tambah Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai substitusi agregat halus sebesar 0%, 5%, 10%, 20%, 30% dan 40%. Pengolahan lumpur sidoarjo (lusi) dengan cara pengeringan oven pada suhu 110 ºC, selanjutnya digiling dan lolos ayakan no.4.

Hasil penelitian menunjukkan penambahan variasi lusi sebesar 5%-10% mempunyai pengaruh terhadap peningkatan kuat tekan dan penurunan porositas beton ringan, selanjutnya pada penambahan lusi sebesar 20%, 30% dan 40% cenderung mengalami penurunan kuat tekan dan peningkatan porositas beton ringan. Sedangkan, kadar optimum penambahan lusi terhadap kuat tekan tertinggi dan porositas terendah terjadi pada penambahan lusi sebesar 5% diperoleh rata-rata kuat tekan sebesar 17,87 MPa dan porositas 3,87%. Dari hasil penelitian ini, maka bisa direkomendasikan untuk diaplikasikan sebagai beton kelas II, *paving block* mutu C dan bata beton pejal mutu I.

Kata Kunci: Batu apung, lumpur sidoarjo, subtitusi, kuat tekan, porositas, beton ringan.

Abstract

Concretes into construction material much used as along with the development era causes of increasing needed for concrete forming material, then triggering exploratory of mining materials are excessive. Lightweight concrete is increasing very fast as use in various application of modern construction technology. The advantages are, the use of other materials replacement of concrete basic material and smaller density. Problem solving alternative is by pumice using as coarse aggregate to reduce content weight concrete into leightweight concrete and the utilization sidoarjo mudflow (lusi) as a fine aggregate substitution. This research was pupose to find the influence and optimum utilization of sidoarjo mudflow as fine aggregate subtitution with a pumice utilization of leightweight concrete in compressive strength and porosity.

This research using compressive strength plan f'c 16,60 MPa. The cylinder size of test specimen concrete is 10x20 cm. Mortar variation is 5 specimen. The compressive testing and porosity process performed at at the age of 28 days. The proportion of a mixture of lightweight concrete is 6 variation. The pumice as coarse aggregate with a size of 5-10 mm and sidoarjo mudflow (lusi) variation as a fine aggregate substitution of 0%, 5%, 10%, 20%, 30% and 40%. Sidoarjo mudflow (lusi) processing with drying oven at a temperature of 110ºC, then milled and sieve no.4.

The result showed adding more variation lusi of 5%-10% have influence on increased compressive strenght and decreased porosity of lightweight concrete. Next to adding lusi of 20%, 30% and 40% was decreasing compressive strength and improving porosity of lightweight concrete. While, the additional optimum level of lusi in highest compressive strength and the lowest porosity is occurs in adding lusi of 5% obtained compressive strength by 17,87 MPa and porosity 3,87%. From the result this research, cen be recommended to be applied as class II of concrete, quality C of paving block and quality I of solid concrete brick.

***Key words: pumice**, sidoarjo mudflow, subtitution, compressive strength, porosity, lightweight concrete*

PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya jaman banyaknya penggunaan beton dalam konstruksi akan mengakibatkan meningkatnya kebutuhan material pembentuk beton, sehingga memicu pengeksplorasian penambangan bahan material yang berlebihan. Pemakaian beton ringan dalam berbagai aplikasi teknologi konstruksi modern meningkat sangat cepat. Hal ini disebabkan karena berbagai keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan teknologi beton ringan di antaranya, pemakaian bahan material lain sebagai pengganti bahan dasar beton pada umumnya serta berat jenis yang lebih kecil sehingga dapat mengurangi berat sendiri elemen struktur yang mengakibatkan kebutuhan dimensi tampang melintang menjadi lebih kecil. Beban mati struktural yang lebih kecil ini juga dapat memberikan keuntungan dalam pengurangan ukuran pondasi yang diperlukan.

Beton ringan dapat diproduksi dengan menggunakan agregat ringan yang secara umum dapat dibedakan menjadi dua yaitu: agregat ringan alami dan agregat ringan buatan. Kriteria agregat ringan untuk beton ringan dinyatakan secara jelas dalam SNI 03-3449-2002 bahwa bobot isi kering oven gembur maksimum 1100 kg/m3 dan menjelaskan terdapat beberapa agregat ringan yang dapat dipakai untuk menghasilkan beton agregat ringan antara lain batu apung *(pumice stone)*, skoria, tufa, peleburan besi, tanah liat, diatome, abu terang, abu sabak, batu serpih, batu lempung, perlit dan vermikulit; . Batu apung sebagai salah satu bahan agregat ringan terbentuk dari pembekuan lava vulkanik gunung berapi. Batu apung mempunyai *density* yang kecil yaitu antara 300–800 kg/m3 dan termasuk agregat ringan.

Secara tradisional batu apung sering dipakai sebagai agregat kasar pada campuran beton untuk pembuatan elemen struktur ringan seperti panel dinding dan *paving block*. Pemakaiannya yang terbatas dan dengan memperhatikan potensi ketersediaan menunjukkan bahwa batu apung belum dimanfaatkan secara optimal (Gusti Putu Raka, Dionius Tripriyo dan Tavio, 2010). Berdasrakan studi pemanfaatan batu apung dengan komposisi 100% dan Faktor air semen (Fas) sebesar 0,35 mendapatkan kuat tekan sebesar 17,48 Mpa (Nugroho, 2012). Hal ini masuk dalam syarat beton ringan structural dengan kuat tekan minimum 17,24 MPa (SK SNI 03-3449-2002).

Mengulas peristiwa luapan lumpur yang terjadi di Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, lumpur panas yang berasal dari pengeboran sumur migas oleh salah satu perusahaan yang ada di Brantas tahun 2006 lalu, sampai saat ini masih menyisakan dampak yang besar terhadap lingkungan di sekitar lokasi. Salah satunya dengan memanfaatkan lumpur tersebut menjadi bahan yang berguna dengan menjadikan sebagai bahan bangunan. Menurut Darminto 2011, lumpur Sidoarjo merupakan zat mampat yang belum dimanfaatkan secara optimal dan apabila dioptimalkan akan bernilai jual tinggi, seperti halnya pasir besi, batu kapur, atau silika. Misalnya, pasir hitam yang mengandung besi itu bila dijual untuk bahan bangunan seperti apa adanya akan bernilai jual sangat murah, tapi bila diolah dengan teknologi sederhana akan bernilai jual tinggi.

Berdasarkan studi pemanfaatan Lumpur Sidoarjo dalam pembuatan batako dengan variable bebas variasi lumpur dalam pasir sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%, dengan fly Ash sebesar 5%. Didapatkan tanah berbutir halus yaitu >50% berat total yang lolos ayakan no. 200 menghasilkan kuat tekan batako tertinggi (Kelas I) terjadi pada penggunaan *fly ash* pada campuran 1:12 (semen:pasir) dengan variasi lumpur porong dalam pasir sampai 35 % yang mempunyai kuat tekan diatas 100 kg/cm2 (Rofikatul, 2012). Penelitian sebelumnya tentang pemanfaatan limbah lumpur lapindo dalam campuran beton normal dengan nilai slump 75-100 mm dan 25-50 mm, serta komposisi agregat halus yang terdiri dari lumpur lapindo dan pasir cimalaka dengan komposisi 35%:65%; 25%:75%; 15%:85%; dan 0%:100% menunjukkan hasil pengujian bahwa kuat tekan beton komposisi lapindo : pasir = 35%:65% lebih besar dari komposisi 25%:75%, ini terjadi pada nilai slump yang berbeda (Oesman, 2008)

Sehingga dengan memaksimalkan pemanfaatan batu apung dan lumpur sidoarjo diharapkan mampu sebagai alternative agregat kasar ringan alami dalam campuran beton ringan dan memanfaatkan limbah lumpur sidoarjo sebagai bahan substitusi agregat halus.

Penelitian ini memberikan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pemanfaatan batu apung dengan penambahan Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai substitusi agregat halus terhadap kuat tekan beton ringan?
2. Bagaimana pengaruh pemanfaatan batu apung dengan penambahan Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai substitusi agregat halus terhadap porositas beton ringan?
3. Berapa komposisi optimum penambahan Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai substitusi agregat halus terhadap kuat tekan dan porositas beton ringan?

Penelitian yang dilaksanakan memiliki tujuan untuk:

1. Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan batu apung dengan penambahan Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai substitusi agregat halus terhadap kuat tekan beton ringan.
2. Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan batu apung dengan penambahan Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai substitusi agregat halus terhadap porositas beton ringan.
3. Untuk mendapatkan kadar optimum penambahan Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai substitusi agregat halus terhadap kuat tekan dan porositas beton ringan.

Penelitian ini memiliki manfaat adalah Lumpur Sidoarjo mempunyai karakteristik banyak mengandung *clay* dan dapat digunakan menjadi bahan *filler* sebagai substitusi agregat halus melalui tahapan proses pengolahan berdasarkan SNI 06-6867-2002. Agregat batu apung dapat digunakan sebagai agregat material alternatif pengganti agregat kasar kerikil pada campuran beton ringan khususnya daerah yang memiliki keterbatasan sumber daya material seperti Nusa Tenggara Barat.

Dalam penelitian ini, berikut batasan – batasan yang perlu diperhatikan adalah:

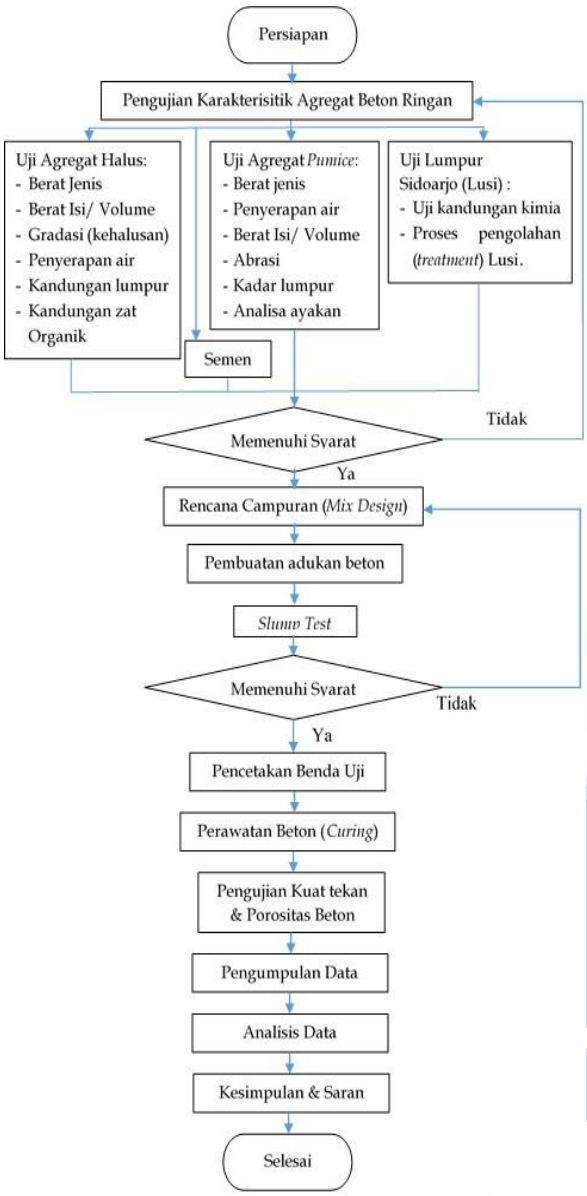
1. Menggunakan mutu beton f'c 16,60 MPa (K200)
2. Lumpur Sidoarjo (Lusi) dibakar dengan suhu 110º C sehingga menghilangkan zat organik yang terkandung didalamnya.
3. Semen yang digunakan adalah semen *portland* tipe 1.
4. Butiran Lumpur Sidoarjo (Lusi) didapat dari hasil penyaringan yang sudah dihaluskan (lolos ayakan no. 4).
5. Pasir Lumajang dan bahan aditif *superplastisizer* type F yang diperoleh dari PT. Merak Jaya Beton.
6. Benda uji yang digunakan adalah silinder beton ukuran 10 cmx20 cm dengan pengujian kuat tekan dan porositas beton.
7. Kadar optimum dalam batasan penelitian dengan variasi bahan tambah Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai substitusi agregat halus adalah mendapatkan hasil kuat tekan tertinggi dan porositas terendah.
8. Subtitusi Lumpur Sidoarjo (Lusi) yang digunakan sebesar 0%, 5%, 10%, 20%, 30% dan 40% dari berat agregat halus yang digunakan.
9. Agregat batu apung yang digunakan ukuran 5-10 mm.

METODE

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan proses yang dilakukan secara bertahap, yakni dari proses persiapan, pemeriksaan bahan, rancangan mix design, pembuatan adukan beton, slump, pencetakan dan curing, pengujian dan pengumpulan data, analisis data, kesimpulan dan saran. Berikut ini merupakan flow chart rancangan penelitian dapat dilihat dibawah ini:

UNESA Universitas Negeri Surabaya



Gambar 1. Flowchart penelitian

B. Sasaran Penelitian

Sasaran penelitian ini adalah dengan variasi bahan tambah Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai substitusi agregat halus dengan dengan batu apung dan perencanaan mutu *mix design* kuat tekan *f'c* 16,6 MPa maka diharapkan ada pengaruh peningkatan kualitas beton ringan dari segi mutu dan porositas beton ringan. Berdasarkan jenis konstruksi dalam aplikasi beton ringan diharapkan penelitian ini dapat mencapai tujuan beton ringan struktural dimana kuat tekan minimum sesuai *ASTM C 567* adalah 17,24 MPa dan dapat mengatasi permasalahan dalam suatu kawasan seperti NTT dan NTB yang memiliki sumber daya material terbatas untuk diaplikasikan pada pekerjaan struktur pondasi, balok, kolom, pelat pada pembangunan rumah tinggal sederhana serta pembuatan bahan bangunan seperti batako, paving block, dinding panel dan bata ringan.

C. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

   Variabel bebas adalah variabel yang akan diuji pengaruhnya terhadap tingkah laku yang terjadi dimana sengaja dipelajari pengaruhnya dan nilainya mempengaruhi variabel terikat. Dalam penelitian ini adalah prosentase variasi Lumpur Sidoarjo sebagai substitusi agregat halus pada campuran beton ringan.

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

   Variabel terikat adalah variabel yang menjadi akibat dari variabel bebas yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini adalah kuat tekan dan porositas beton ringan.

3. Variabel Kontrol (*Control Variable*)

   Variabel kontrol adalah variabel yang mencakup semua variabel yang dikendalikan dalam penelitian, hal-hal yang dikendalikan dalam penelitian ini adalah:

   - Faktor air semen.
   - Agregat Kasar (Batu apung)
   - Tipe semen (*Ordinary Portland Cement*)
   - Agregat Halus (Pasir Lumajang)

D. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik eksperimen, yaitu mengumpulkan data dengan cara menguji atau mengukur objek yang diuji selanjutnya mencatat data-data yang diperlukan. Parameter yang dikumpulkan dalam pengujian kuat tekan meliputi nama benda uji, berat benda uji dalam satuan kilogram (kg), Gaya tekan aksial dinyatakan dalam Newton (N), Luas penampang melintang benda uji, dinyatakan dalam

UNESA Universitas Negeri Surabaya

mm^2, dan Kuat tekan beton dengan benda uji silinder, dinyatakan dalam MPa atau N/mm^2. Alat uji kuat tekan menggunakan alat *Testing Bluhm & Feuerherdt GmbH – Berlin* dengan kapasitas 2000 kN.

Parameter yang dikumpulkan dalam pengujian porositas meliputi berat kering oven benda uji (–kg) yang dilambangkan dengan rumus A, berat beton jenuh air setelah pendidihan (kg) yang dilambangkan dengan rumus C, berat beton dalam air (kg) yang dilambangkan dengan rumus D, dan porositas benda uji (%) yang dilambangkan dengan rumus n. Alat uji porositas meliputi timbangan *Digital Sonic* A12E kapasitas 150 kg dan alat timbangan dalam air *Baby Spring Scale* SKR kapasitas 7 kg.

E. Rencana Campuran *Mix Design*

Metode yang digunakan dalam perencanaan *mix design* adalah *ACI* (*American Concrete Institute*). Dalam Penelitian ini menggunakan kuat tekan rencana *f'c* 16,60 MPa atau setara dengan K200 dan digunakan benda uji 10x20 cm. Pada pembuatan jumlah benda uji untuk setiap variasi prosentase kandungan lumpur berjumlah 5 buah benda uji. Proses pembuatan adukan beton menggunakan alat *mixing process* dengan spesifikasi kapasitas isi 60 kg, drum speed 24-25 rpm dan drum volume 450 liter. Rencana kebutuhan material benda uji yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Material per m^3 *f'c* 16,60 MPa

Nama Benda Uji	Semen (kg)	Pasir (kg)	Lusi (kg)	Batu Apung (kg)	Air (kg)	*Aditif Type F* (kg)
BRN	450	838	0	382	155	3,15
BRL5		796,1	41,9			
BRL10		754,2	83,8			
BRL20		670,4	167,6			
BRL30		586,6	251,4			
BRL40		502,8	335,2			

F. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data menggunakan deskriptif kuantitatif. Teknik analisis data ini, dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari ekperimen, dimana hasilnya berupa data kuantitatif yang akan dibuat dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafis.

Untuk menganalisa pengaruh variasi prosentase Lumpur Sidoarjo (Lusi) terhadap kuat tekan dan porositas beton ringan yang terjadi dengan cara:

1. Menganalisa pengaruh hubungan prosentase lumpur sidoarjo (lusi) dengan kuat tekan (*f'c*). untuk menentukan nilai kuat tekan dapat dihitung menggunakan rumus menurut SNI 1974:2011 sebagai berikut:

   Kuat Tekan Beton: $\frac{P}{A}$

   Keterangan:

   P: Gaya tekan aksial dalam Newton (N)

   A: Luas penampang benda uji dalam mm^2.
2. Menganalisa pengaruh hubungan prosentase lumpur sidoarjo (lusi) dengan porositas (*n*). untuk menentukan nilai porositas dapat dihitung menggunakan rumus menurut *ASTM C 642 – 90* sebagai berikut:

   $$n = \frac{C - A}{C - D} x100\%$$

   Keterangan:

   n: Porositas benda uji (%);

   A: Berat kering oven benda uji (kg)

   C: Berat beton jenuh air setelah pendidihan (kg)

   D: Berat beton dalam air (kg).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Kebutuhan Rancang Campur

Rancang Campur (*Mix Design*) dimaksudkan untuk menentukan banyaknya perbandingan material beton guna mendapatkan mutu beton yang sesuai dengan permintaan pengecoran. Metode yang digunakan dalam perencanaan mix design adalah *ACI* (*American Concrete Institute*).

Rencana *mix design* digunakan untuk membuat benda uji setiap variasi sejumlah 5 buah cetakan silinder berukuran 10x20 cm. berikut perhitungan

kebutuhan material untuk 1 buah benda uji akan diuraikan dibawah ini dengan penambahan faktor keamanan sebesar 20% guna mengantisipasi kehilangan material adukan. Rencana kebutuhan material untuk 5 buah benda uji yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan material 6 buah benda uji

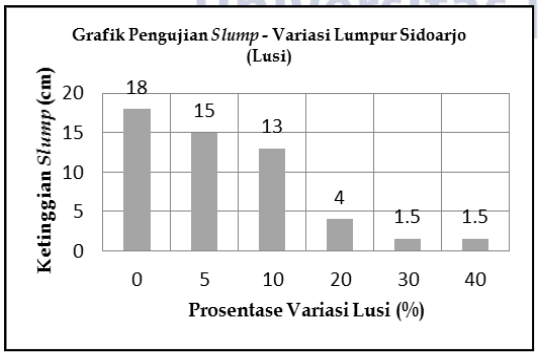
Nama Benda Uji	Semen (kg)	Pasir (kg)	Lusi (kg)	Batu Apung (kg)	Air (kg)	*Aditif Type F* (kg)	Jumlah Benda Uji (bh)
BRN	4,24	7,89	0	3,60	1,46	0,030	5
BRL5		7,49	0,40				5
BRL10		7,10	0,79				5
BRL20		6,31	1,58				5
BRL30		5,52	2,37				5
BRL40		4,73	3,16				5
Total benda Uji Variabel "Kuat Tekan & Porositas"							60

2. Hasil Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kelecakan (*workability*) beton dengan variasi lusi. Proses pengujian slump mengacu pada *ASTM C 134*. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian *slump*

No	Nama Benda Uji	Variasi Pozzolan Lusi (%)	Slump (cm)
1	BRN	0	18
2	BRL5	5	15
3	BRL10	10	13
4	BRL20	20	4
5	BRL30	30	1.5
6	BRL40	40	1.5



Gambar 2. Diagram Uji *Slump* dengan Variasi Lusi

Hasil pengujian *slump* dengan variasi agregat halus lusi menunjukkan semakin bertambahnya variasi agregat halus lusi maka semakin berkurangnya ketinggian *slump* yang terjadi. Hal ini terjadi, karena menurut *Basic Design PLS* secara fisik lumpur sidoarjo memiliki porositas rata–rata 20–30%, sehingga semakin tinggi variasi lusi yang diberikan maka daya serap air pada lusi semakin tinggi pula membuat tingkat kehilangan air pada beton semakin besar.

3. Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Ringan

Pengujian berat jenis beton ringan dimaksudkan untuk mengetahui hasil berat aktual pada benda uji setelah pengecoran guna mengontrol dengan ketentuan berat jenis beton ringan pada *ASTM* tidak boleh lebih dari 1920 kg/m^3. Hasil pengujian berat jenis beton ringan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian Berat Jenis Beton Ringan

No	Nama Variasi	Variasi Lusi (%)	Nama Kode Benda Uji	Berat Silinder (Kg)	Berat Konversi (Kg/m3)	Rata - Rata Berat (Kg/m3)
1	BRN	0%	BRN 1	2.81	1789.81	**1845.86**
2			BRN 2	2.79	1777.07	
3			BRN 3	2.97	1891.72	
4			BRN 4	2.99	1904.46	
5			BRN 5	2.93	1866.24	
6	BRL5	5%	BRL5.1	2.85	1815.29	**1817.83**
7			BRL5.2	2.86	1821.66	
8			BRL5.3	2.88	1834.39	
9			BRL5.4	2.85	1815.29	
10			BRL5.5	2.83	1802.55	
11	BRL10	10%	BRL10.1	2.82	1796.18	**1831.85**
12			BRL10.2	2.88	1834.39	
13			BRL10.3	2.98	1898.09	
14			BRL10.4	2.87	1828.03	
15			BRL10.5	2.83	1802.55	
16	BRL20	20%	BRL20.1	2.78	1770.70	**1782.17**
17			BRL20.2	2.84	1808.92	
18			BRL20.3	2.75	1751.59	
19			BRL20.4	2.78	1770.70	
20			BRL20.5	2.84	1808.92	
21	BRL30	30%	BRL30.1	2.96	1885.35	**1857.32**
22			BRL30.2	2.93	1866.24	
23			BRL30.3	2.88	1834.39	
24			BRL30.4	2.97	1891.72	
25			BRL30.5	2.84	1808.92	
26	BRL40	40%	BRL40.1	2.79	1777.07	**1792.36**
27			BRL40.2	2.79	1777.07	
28			BRL40.3	2.84	1808.92	
29			BRL40.4	2.87	1828.03	
30			BRL40.5	2.78	1770.70	

Pada tabel 4 diatas terlihat bahwa, berat benda uji beton ringan maksimum terdapat pada variasi BRL10.3 sebesar 1898,09 kg/m^3. Sedangkan berat benda uji beton ringan minimum terdapat pada variasi BRL40.5 sebesar 1770,70 kg/m^3. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua benda uji termasuk dalam

kategori beton ringan, karena berdasarkan *ASTM* beton ringan memiliki berat maksimum adalah 1920 kg/m^3.

4. Hasil Pengujian Kuat Tekan

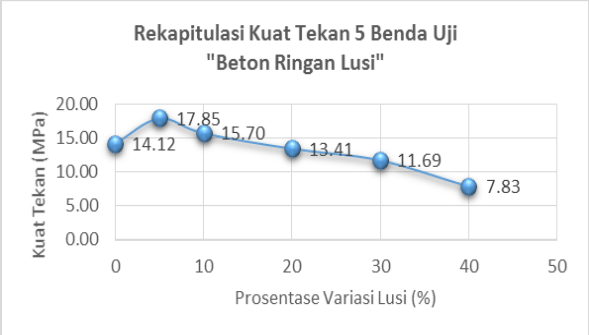
Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mendapatkan nilai *f'c* yaitu kuat tekan beton mutu *f'c* 16,60 MPa atau K200 yang diinginkan. Pelaksanaan pengujian kuat tekan beton berdasarkan standard *ASTM C.39, Standard Test Method of Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Instrument alat uji tekan menggunakan *"Testing Bluhm & Feuerherdt GmbH – Berlin"* di PT. Merak Jaya Beton dengan kapasitas beban maksimum 2000 KN. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian Kuat Tekan Beton Ringan

No	Nama Variasi	Variasi Lusi (%)	Nama Kode Benda Uji	Kuat Tekan U - 28 Hari (MPa)	Rata - Rata Kuat Tekan (MPa)
1	BRN	0%	BRN 1	**11.65**	**14.12**
2			BRN 2	**14.69**	
3			BRN 3	**13.68**	
4			BRN 4	**14.93**	
5			BRN 5	**15.64**	
6	BRL5	5%	BRL5.1	**18.05**	**17.85**
7			BRL5.2	**16.00**	
8			BRL5.3	**15.89**	
9			BRL5.4	**20.60**	
10			BRL5.5	**18.71**	
11	BRL10	10%	BRL10.1	**16.33**	**15.70**
12			BRL10.2	**16.93**	
13			BRL10.3	**13.14**	
14			BRL10.4	**16.44**	
15			BRL10.5	**15.65**	
16	BRL20	20%	BRL20.1	**12.33**	**13.41**
17			BRL20.2	**9.65**	
18			BRL20.3	**20.12**	
19			BRL20.4	**13.58**	
20			BRL20.5	**11.36**	
21	BRL30	30%	BRL30.1	**13.13**	**11.69**
22			BRL30.2	**14.48**	
23			BRL30.3	**8.46**	
24			BRL30.4	**11.25**	
25			BRL30.5	**11.14**	
26	BRL40	40%	BRL40.1	**6.58**	**7.83**
27			BRL40.2	**7.52**	
28			BRL40.3	**7.58**	
29			BRL40.4	**10.19**	
30			BRL40.5	**7.28**	

Berdasarkan tabel 5 diatas, terlihat hasil kuat tekan terendah terdapat pada Beton Ringan Normal variasi BRL40.1 yaitu sebesar 6,58 MPa. Hal ini terjadi karena pada variasi BRL40.1 benda uji hanya bisa menahan beban sebesar 52.050 N dan ditinjau dari hasil nilai *slump* dengan ketinggian 1,5 cm mengakibatkan pelaksanaan pencampuran antar material kurang optimal serta penuangan yang tidak merata pada cetakan walaupun sudah dirojok. Sedangkan hasil kuat tekan tertinggi terdapat pada Beton Ringan Lusi 5% variasi BRL5.4 yaitu sebesar 20,60 MPa. Hal ini disebabkan, karena pada variasi BRL5.4 benda uji mampu menahan beban sebesar 162.350 N dan benda uji yang memiliki diameter 100,75 mm sehingga membuat hasil luas permukaan silinder sebesar 7881,43 mm^2.

Selanjutnya, untuk mengetahui pola perubahan yang terjadi. Berikut diagram hubungan MPa hasil pengujian kuat tekan dengan variasi lumpur Sidoarjo akan disajikan pada gambar 3.



Gambar 4. Hasil Kuat Tekan Beton Ringan

Pada gambar 3 pengujian kuat tekan menunjukkan pada varaisi BRN mempunyai nilai kuat tekan rata–rata sebesar 14,12 MPa. BRL5 mempunyai nilai kuat tekan rata–rata sebesar 17,87 MPa menunjukkan adanya pengaruh peningkatan kuat tekan beton ringan sebesar 26,44% terhadap BRN dan mencapai batas optimum kuat tekan rata–rata pada semua variasi beton ringan. pada variasi BRL10 mempunyai nilai kuat tekan rata–rata sebesar 15,70 N/mm^2 menunjukkan adanya pengaruh peningkatan kuat tekan sebesar 11,20% terhadap BRN.

Hal ini terjadi, karena menurut *Basic Design* PLS secara fisik bahan lusi mempunyai ukuran partikel yang halus, membuat ruang yang ditempati akan semakin kecil, dan jarak antar partikel semakin kecil sehigga berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) pori–pori pada adukan beton ringan khususnya batu apung yang memiliki sifat berongga atau berporous.

UNESA Universitas Negeri Surabaya

Selain itu menurut penelitian Sidqon (2008) secara kimiawi material Lumpur Sidoarjo ini memiliki dua fungsi antara lain sebagai filler bila tidak dicampur dengan bahan kimia lain atau sebagai binder karena memiliki kandungan yang hampir sama dengan semen portland bila dicampur dengan kapur atau bahan sejenisnya.

Pada variasi BRL20 mempunyai nilai kuat tekan rata–rata sebesar 13,41 MPa menunjukkan adanya pengaruh penurunan kuat tekan sebesar 5,02% terhadap BRN, variasi BRL30 mempunyai nilai kuat tekan rata–rata sebesar 11,69 MPa menunjukkan adanya pengaruh penurunan kuat tekan sebesar 17,18% terhadap BRN, dan variasi BRL40 mempunyai nilai kuat tekan rata–rata sebesar 7,83 MPa menunjukkan adanya pengaruh penurunan kuat tekan sebesar 44,54% terhadap BRN.

Dapat dianalisa menurunnya kuat tekan terjadi dengan seiring bertambahnya penambahan lusi 20%, 30%, dan 40% berkurangnya komposisi pasir menyebabkan menurunnya hasil *slump* dengan nilai ketinggian yang sama yaitu 1,5 cm sehingga saat pelaksanaan pencampuran antar material kurang optimal serta proses pengikatan atau perekatan pada beton menjadi berkurang. Hal ini terjadi, karena menurut *Basic Design PLS* secara fisik lumpur sidoarjo memiliki porositas rata–rata 20–30%, sehingga semakin tinggi variasi lusi yang diberikan maka daya serap air pada lusi semakin tinggi pula membuat tingkat kehilangan air pada beton semakin besar.

5. Hasil Pengujian Porositas

Pengujian dan perhitungan nilai porositas dilakukan berdasarkan *ASTM C 642–90*. Pada penelitian ini, instrument alat uji yang digunakan meliputi alat oven "memmert" kapasitas maksimum suhu 110ºC, alat timbangan *Digital Sonic* A12E kapasitas 150 kg dan alat timbangan dalam air *Baby Spring Scale* SKR kapasitas 7 kg. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian Porositas Beton Ringan

No	Nama Variasi	Variasi Lusi (%)	Nama Kode Benda Uji	Porositas (C-A)/(C-D)x100% (%)	Rata - rata Porositas (%)
1	BRN	0%	BRN 1	**6.25**	**7.02**
2			BRN 2	**7.69**	
3			BRN 3	**6.15**	
4			BRN 4	**7.93**	
5			BRN 5	**7.10**	
6	BRL5	5%	BRL5.1	**4.85**	**3.87**
7			BRL5.2	**4.22**	
8			BRL5.3	**3.57**	
9			BRL5.4	**3.03**	
10			BRL5.5	**3.68**	
11	BRL10	10%	BRL10.1	**3.70**	**4.23**
12			BRL10.2	**3.57**	
13			BRL10.3	**3.57**	
14			BRL10.4	**4.79**	
15			BRL10.5	**5.52**	
16	BRL20	20%	BRL20.1	**5.36**	**4.78**
17			BRL20.2	**4.02**	
18			BRL20.3	**4.85**	
19			BRL20.4	**4.49**	
20			BRL20.5	**5.17**	
21	BRL30	30%	BRL30.1	**5.59**	**5.67**
22			BRL30.2	**5.06**	
23			BRL30.3	**6.33**	
24			BRL30.4	**4.43**	
25			BRL30.5	**6.92**	
26	BRL40	40%	BRL40.1	**12.58**	**11.31**
27			BRL40.2	**10.06**	
28			BRL40.3	**9.74**	
29			BRL40.4	**11.11**	
30			BRL40.5	**13.07**	

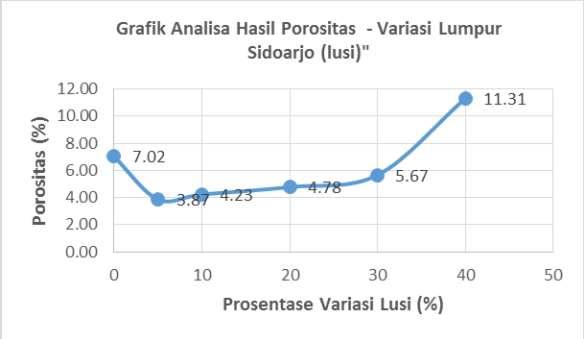
Berdasarkan tabel 6 diatas, terlihat hasil porositas tertinggi terdapat pada Beton Ringan Normal variasi BRL40.5 yaitu sebesar 13,07%. Hal ini terjadi karena pada tabel 6 rekapitulasi data porositas menujukkan variasi BRL40.5 mempunyai daya serap tinggi terhadap air, hal ini disebabkan hasil berat kering oven sebesar 2,58 kg dan berat kering permukaan sebesar 2,78 kg sehingga terdapat kehilangan air yang besar.

Sedangkan hasil porositas terendah terdapat pada Beton Ringan Lusi 5% variasi BRL5.4 yaitu sebesar 3,03%. Hal ini terjadi karena pada tabel 6 rekapitulasi data porositas menunjukkan variasi BRL5.4 mempunyai daya serap air yang rendah, hal ini disebabkan hasil berat kering oven sebesar 2,58 kg dan berat kering permukaan sebesar 2,85 kg sehingga beton hanya sedikit kehilangan air.

Selanjutnya, untuk mengetahui pola perubahan yang terjadi. Berikut grafik hubungan hasil pengujian

UNESA Universitas Negeri Surabaya

porositas dengan variasi lumpur Sidoarjo akan disajikan pada gambar 4



Gambar 4. Hasil Porositas Beton Ringan

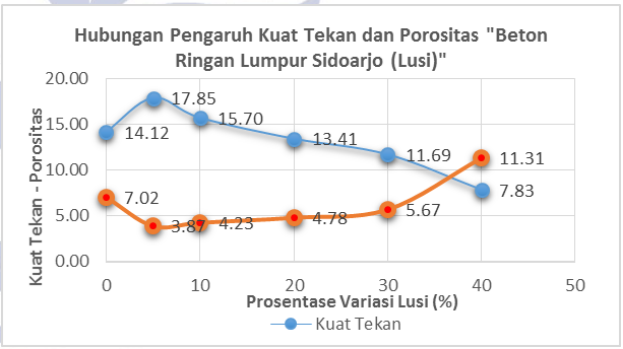
Pada gambar 4 diatas, pengujian porositas beton ringan menunjukkan variasi BRN mempunyai nilai porositas rata–rata sebesar 7,02%.Pada variasi BRN ini, hasil pengujian porositas sebagai acuan atau kontrol.

Sedangkan pada variasi BRL5 mempunyai nilai porositas rata–rata sebesar 3,87% menunjukkan adanya pengaruh penurunan porositas sebesar 44,91% terhadap BRN dan mencapai batas optimum porositas terendah. Hal ini terjadi karena, Hal ini terjadi karena menurut *Basic Design* PLS secara fisik bahan lusi mempunyai ukuran partikel yang halus, membuat ruang yang ditempati akan semakin kecil, dan jarak antar partikel semakin kecil sehigga berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) pori–pori pada adukan beton ringan khususnya batu apung yang memiliki sifat berongga atau berporous. Sehingga, dengan mengurangi komposisi agregat halus menjadi 95%, maka lusi 5% mampu mengisi pori–pori beton secara baik dan seimbang menjadikan daya serap air pada beton semakin kecil.

Selanjutnya, pada variasi BRL10, BRL20, BRL30, dan BRL40 mempunyai nilai porositas rata–rata secara berurutan sebesar 4,23%, 4,78%, 5,67%, dan 11,31% menunjukkan adanya pengaruh penurunan porositas secara berurutan sebesar 39,75%, 31,96%, 19,32%, dan 61,07% terhadap acuan BRN. Hal ini terjadi, karena secara kimiawi menurut Munir (2008) jumlah pasir yang semakin sedikit daripada jumlah Lumpur Lapindo yang membuat daya ikatan (setting) atau proses pengikatan antara pasir dan semen tidak berjalan dengan sempurna. Pengikatan ini dipengaruhi oleh senyawa trikalsium silikat (C^3S) dan dikalsium silikat (C^2S) yang sedikit dan proses pengikatan tidak berjalan dengan baik. Selanjutnya, menurut Murdock dan Brook (1991) kadar air Lumpur Lapindo cukup tinggi sebesar 43,34%, sehingga ketika proses hidrasi semen terjadi, rongga udara yang terbentuk semakin banyak karena air yang menguap akan lebih besar. Rongga rongga udara inilah yang akan meningkatkan daya serap air. Selain itu, secara kimiawi menurut Wiryasa (2009) besar kecilnya daya serap air lebih dipengaruhi oleh besarnya kandungan SiO^2 yang ada pada lumpur sidoarjo.

6. Analisa Hubungan Pengaruh Kuat Tekan dan Porositas

Berikut akan disajikan grafik hubungan pengaruh kuat tekan dan porositas beton ringan pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Hubungan Kuat Tekan dan Porositas Beton Ringan Lumpur Sidoarjo

Secara teoritik hubungan atau korelasi antara porositas terhadap kuat tekan beton berbanding terbalik yaitu semakin tinggi porositas beton maka semakin rendah kuat tekan beton yang dihasilkan begitu pula sebaliknya. Meningkatnya nilai porositas menunjukkan bahwa beton memiliki pori yang cukup besar akibat terjadinya penguapan air dan pemuaian material pengisi beton. Hal ini merupakan salah satu penyebab turunya kualitas beton dalam memikul

beban, khususnya kemampuan beton dalam memikul beban tekan. (Retno Anggraini, 2008).

Beradasarkan uraian hubungan dan kajian peneliti pendahulu diatas hal ini selaras dengan hasil yang diperoleh pada penelitian menunjukkan bahwa semakin meningkatnya variasi lumpur sidoarjo (lusi) sampai penambahan sebesar 5% semakin meningkat pula kuat tekan yang dihasilkan dan berbanding terbalik dengan hasil porositas yang semakin menurun pada variasi BRL5 dan mencapai kondisi optimum pada BRL5. Hal ini terjadi karena secara fisik lusi memiliki partikel halus yang mampu menutup atau mengisi pori–pori beton ringan sehingga mampu mengurangi porositas dan meningkatkan kuat tekan mencapai kondisi optimum.

Selanjutnya, berdasarkan gambar 5 diatas setelah mencapai batas optimum kuat tekan tertinggi dan porositas terendah pada variasi BRL5 menunjukkan adanya pengaruh penambahan lusi sebesar 10% sampai 40% cenderung mengalami penurunan kuat tekan dan berbanding terbalik dengan meningkatnya porositas beton ringan. Hal ini terjadi karena ketika semakin bertambahnya lusi dapat mengakibatkan penurunan nilai *slump* karena penyerapan lusi lebih tinggi daripada pasir sehingga saat pelaksanaan pencampuran antar material kurang optimal serta proses pengikatan atau perekatan pada beton menjadi berkurang.

Dari uraian diatas dapat diperoleh kandungan optimum penambahan lusi dengan kuat tekan tertinggi dan porositas terendah adalah pada variasi BRL5 yaitu sebesar 17,85 MPa dan 3,87%. Pada variasi penambahan lusi sebesar 10%, 20%, 30% dan 40% mempunyai pengaruh cenderung mengalami penurunan kuat tekan dan meningkatnya porositas beton ringan.

7. Aplikasi Pemanfaatan Beton Ringan

Pada penelitian ini, didapatkan hasil kuat tekan optimum pada variasi lusi 5% (BRL5) dengan rata–rata sebesar 17,85 MPa sehingga mencapai kuat tekan mutu rencana karena dalam perencanaan *mix design* ditentukan sebesar f'c 16,60 MPa. Berdasarkan dari hasil klasifikasi penggunaan, didapatkan bahwa hasil penelitian beton ringan ini dapat diaplikasikan sebagai beton kelas II untuk perumahan, *paving block* mutu C untuk pejalan kaki, dan bata beton pejal mutu I untuk memikul beban di ruangan terbuka.

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil dan analisa pada bab sebelumnya dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Penambahan variasi lusi sebesar 5%-10% mempunyai pengaruh terhadap peningkatan kuat tekan beton ringan, selanjutnya pada penambahan lusi sebesar 20%, 30%, dan 40% cenderung mengalami penurunan kuat tekan beton ringan.
2. Penambahan variasi lusi sebesar 5%-10% mempunyai pengaruh terhadap penurunan porositas beton ringan, selanjutnya pada penambahan lusi sebesar 20%, 30%, dan 40% cenderung mengalami peningkatan porositas beton ringan.
3. Kondisi optimum penmbahan lusi terhadap kuat tekan tertinggi dan porositas terendah terjadi pada variasi komposisi Beton Ringan Lusi 5% (BRL5) diperoleh kuat tekan sebesar 17,85 MPa dan porositas 3,87%. Jadi termasuk beton ringan mutu struktural karena sesuai *ASTM C 567* beton ringan struktural nilai kuat tekan minimum sebesar 17,24 MPa.
4. Dengan tema penelitian beton ringan memanfaatkan batu apung dan lumpur sidoarjo, maka bisa direkomendasikan untuk diaplikasikan sebagai beton kelas II, *paving block* mutu C, dan bata beton pejal mutu I.

B. Saran

Melihat penelitian ini masih dapat dikembangkan lebih lanjut, berikut adalah beberapa saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pengecoran ketika pemadatan pada cetakan harus dilakukan

UNESA Universitas Negeri Surabaya

secara bertahap sehingga menghasilkan benda uji benar-benar padat dan tidak keropos atau berlubang, sehingga dapat menurunkan mutu beton.

2. Perlu dilakukan pengontrolan/pengukuran waktu yang sama pada semua benda uji saat pengujian berat kering permukaan *(SSD)* dan kering *oven* guna mendapatkan berat beton yang stabil.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan nilai *slump* sebagai variabel kontrol beton ringan, sehingga dapat mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan lusi dengan nilai *slump* yang tetap terhadap kualitas beton ringan.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan meninjau sifat mekanis beton ringan yang lain, sehingga dapat mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan lusi terhadap kualitas beton ringan.

DAFTAR PUSTAKA

Akmaluddin. 2009. "*Pengaruh Ukuran Butir Batu Apung Terhadap Sifat Mekanik Beton Ringan"*. Mataram: Universitas Mataram

Astanto, Triono Budi, 2001. *"Konstruksi Beton Bertulang"*. Yogyakarta: Kanisius

ASTM Standard C33. 2006. "*Specification for Concrete Aggregates".*West Conshocken

ASTM Standard C330. 2006. "*Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete".*West Conshocken

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) 2002," *Hasil Kandungan Lumpur Sidoarjo (Lusi)*". Bandung: BPPT

Badan Standardisasi Nasional. 2002. "*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung".* SNI 03-2847-2002. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum

Badan Standarisasi Nasional 2011. "*Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*."

Basic Design Penanggulangan Lumpur Sidoarjo (PLS). "*Karakteristik Lumpur Sidoarjo (Lusi)*".Kontr. AHR Infra

BSI 1983."*British Standard Code Practice For Method Testing Concrete*". London: *British Standard Institutions*.

Dionius Tripiyo., I Gusti Putu Raka dan Tavio. 2010."*Beton Agregat Ringan dengan Substitusi Parsial Batu Apung sebagai Agregat Kasar*," Konferensi Nasional Teknik Nasioanal 4 (konteks4), Sanur-Bali, 2-3 Juni.Mulyono, Tri. 2004. "*Teknologi Beton*". Yogyakarta: Andi.

Juwairiah, 2009. "*Efek Komposisi Agregat Batu Apung dan Epoxy Resin Dalam Pembuatan Polymer Concrete Terhadap Karakteristiknya*". Medan: Universitas Sumatera Utara

Karimah, Rofikatul (2012). Batako Lumpur Lapindo Sebagai Alternatif Material Pasangan Dinding. Universitas Muhammadiyah Malang.

Oesman, Mardiana (2008). Pemanfaatan Limbah Lumpur Lapindo Dalam Campuran Beton Normal. Politeknik Negeri Bandung

Rifky, Muhammad. 2011. "*Tinjauan Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Pada Beton Menggunakan Pasir Normal, dan Pasir Merapi serta Penambahan Pozzolan Lumpur Lapindo*. "Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta

Setiawan, Dedi Budi. 2012. "*Pemanfaatan Beton Ringan dari Agregat Pumice dengan Penambahan Abu Sekam Padisebagai Pengganti Beton Biasa untuk Struktur Bangunan"*. Jurnal Wahana Teknik Sipil Vol.17 No.2 Desember 2012 69-76.

Sutikno. 2010, "*Teknologi Beton*." Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya

Tjokrodimulyo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: KMTS FT UGM.

UNESA Universitas Negeri Surabaya