

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 388 - 396	SURABAYA 2017	ISSN: 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 1 Nomer 1/rekat/17 (2017)	
ANALISIS PENAMBAHAN <i>FLY ASH</i> TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF <i>Puspa Dewi Ainul Mala, Machfud Ridwan,</i>	01 – 12
PEMANFAATAN SERAT KULIT JAGUNG SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN PLAFON ETERNIT <i>Dian Angga Prasetyo, Sutikno,</i>	13 – 24
PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KULIT BAMBU PADA PLAFON GIPSUM DENGAN PEREKAT POLISTER <i>Tiang Eko Sukoko, Sutikno,</i>	25 – 33
PENERAPAN SAMBUNGAN MEKANIS (METODE PEMBAUTAN) PADA BALOK DENGAN PERLETAKAN SAMBUNGAN ½ PANJANG BALOK DITINJAU DARI KUAT LENTUR BALOK <i>Hehen Suhendi, Sutikno,</i>	34 – 38
STUDI KELAYAKAN EKONOMI DAN FINANSIAL RENCANA PELEBARAN JALAN TOL WARU-SIDOARJO <i>Reynaldo B. Theodorus Tampang Allo, Mas Suryanto HS,</i>	39 – 48
PENGARUH SUBTITUSI <i>FLY ASH</i> DAN PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG KERANG DARAH PADA KUALITAS GENTENG BETON <i>Mohamad Ari Permadi, Sutikno,</i>	49 – 55

PENGARUH PENAMBAHAN *SLAG* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN PERMEABILITAS PADA CAMPURAN PANAS (*HOT MIX*) ASPAL PORUS

Rifky Arif Laksono, Purwo Mahardi, 56 – 64

ANALISA PEMANFAATAN LIMBAH *STYROFOAM* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI KE DALAM ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS

Taufan Gerri Noris, Purwo Mahardi, 65 – 70

ANALISIS PERSEDIAAN MATERIAL PADA PEMBANGUNAN PROYEK *MY TOWER HOTEL & APARTMENT* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MATERIAL REQUIREMENT PLANNING* (MRP)

Tri Wahyuni, Arie Wardhono, 71 – 85

ANALISIS KECELAKAAN KERJA DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMENT GRAND SUNGKONO LAGOON SURABAYA

Great Florentino Miknyo Hendarich, Karyoto, 86 - 100

PEMANFAATAN *SLAG* BAJA SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA PEMBUATAN *PAVING BLOCK*

Arifin Kurniadi, Sutikno, 101 - 106

PENERAPAN *E-PROCUREMENT* PADA PROSES PENGADAAN PEKERJAAN KONSTRUKSI DI UNIT LAYANAN PENGADAAN PEMERINTAH KABUPATEN GRESIK

Anastastia Ria Utami, Hendra Wahyu Cahyaka, 107 - 116

PENGARUH PENAMBAHAN SULFUR TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN PERMEABILITAS PADA ASPAL BERPORI

Qurratul Ayun, Purwo Mahardi, 117 - 122

PENGARUH PENAMBAHAN DINDING GESER PADA PERENCANAAN ULANG GEDUNG FAVE HOTEL SURABAYA <i>Irwan Wahyu Wicaksana, Sutikno,</i>	123 - 128
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK (PET) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DAN PERMEABILITAS PADA ASPAL BERPORI <i>Rizky Putra Ramadhan, Purwo Mahardi,</i>	129 - 135
PENGARUH TREATMENT LUMPUR LAPINDO TERHADAP MUTU BATU BATA BAHAN LUMPUR LAPINDO BERDASARKAN SNI 15-2094-2000 <i>Ah. Yazidun Ni'am, Arie Wardhono,</i>	136 - 143
ANALISIS PRODUKTIVITAS TOWER CRANE PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG TUNJUNGAN PLAZA 6 SURABAYA <i>Sofia Dewi Amalia, Didiek Purwadi,</i>	144 - 155
ANALISIS PENAMBAHAN LIMBAH MARMER TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO GRESIK <i>Machfud Ridwan, Falaq Karunia Jaya,</i>	156 - 166
ANALISA PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA PADA PEMASANGAN DINDING BATA RINGAN DI PROYEK PERUMAHAN <i>Loga Geocahya Pratama, Sutikno,</i>	167 - 181
ANALISA PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA PADA PEMASANGAN GENTENG ATAP METAL DI PROYEK PERUMAHAN <i>Siti Komariyah, Hasan Dani,</i>	182 - 191
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARBIT TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO GRESIK <i>Nur Fauzan, Nur Andajani,</i>	192 - 200

PEMANFAATAN BAHAN TAMBAH <i>POZZOLAN</i> LUMPUR SIDOARJO SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DENGAN AGREGAT <i>PUMICE</i> PADA KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON RINGAN <i>Dwi Kurniawan, Arie Wardhono,</i>	201 - 211
PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI BAHAN DASAR PENGGANTI PASIR PADA PEMBUATAN <i>PAVING BLOCK GEOPOLYMER</i> <i>Feminia Heri Cahyanti, Arie Wardhono,</i>	212 - 219
<i>ANALISIS PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BUSUR RANGKA BAJA</i> <i>Siswo Hadi Murdoko, Karyoto,</i>	220 - 228
<i>ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PELENGKUNG BAJA</i> <i>Achmad Fajrin, Karyoto,</i>	229 - 237
<i>ANALISA HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA MENGGUNAKAN GEMPA SNI 1726-2002 DENGAN MENGGUNAKAN PERHITUNGAN BETON SNI 2847-2013</i> <i>Mohamad Sukoco, Sutikno,</i>	238 - 241
<i>ANALISA PENGARUH VARIASI BENTANG KOLOM PADA PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG LABORATORIUM TERPADU FMIPA UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TERHADAP PERSYARATAN KOLOM KUAT BALOK LEMAH PADA SRPMK</i> <i>Imam Awaludin Asshidiq Ramelan, Arie Wardhono,</i>	242 - 246
<i>PENGARUH PENAMBAHAN SERAT IJUK TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG</i> <i>Dyah Rinjani Ratu Pertiwi, Bambang Sabariman,</i>	247 - 255
<i>PENGARUH PENAMBAHAN SERAT IJUK DALAM PEMBUATAN BALOK BETON BERTULANG BERDASARKAN UJI KUAT GESER</i> <i>Dennes Yuni Puspita, Bambang Sabariman,</i>	256 - 265

PERBANDINGAN PERHITUNGAN EFISIENSI BESI JEMBATAN GELAGAR BETON STRUKTUR ATAS ANTARA JARAK GELAGAR JEMBATAN 1,10 METER; 1,38 METER; 1,83 METER; DAN 2,75 METER

Tri Wida Amaliya, Sutikno, 266 - 271

ANALISA PENYEBAB KETERLAMBATAN PROYEK PADA PEMBANGUNAN APARTEMEN *ROYAL CITYLOFT* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS*

Reffi Ike Parastiwi N, Mas Suryanto H.S, 272 - 277

ANALISA PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA UNTUK PEKERJAAN PEMASANGAN ALUMUNIUM COMPOSITE PANEL PADA PROYEK GEDUNG BERTINGKAT

Eka Yuliawati, Mas Suryanto H.S, 278 - 290

STUDI KELAYAKAN INVESTASI PEMBANGUNAN PEMANFAATAN BEKAS LAHAN TAMBANG BATU KAPUR SEBAGAI PERUMAHAN DI DESA BEKTIHARJO KECAMATAN SEMANDING KABUPATEN TUBAN

Shintiya Nofen Rosila Putri, Mas Suryanto H.S, 291 - 300

PENGARUH LEBAR PEMOTONGAN PROFIL (e) TERHADAP KEKUATAN LENTUR CASTELLATED BEAM PADA BUKAAN LINGKARAN (CIRCULAR) UNTUK STRUKTUR BALOK

Arditya Ridho Putra Pratama, Suprpto, 301 - 307

PENGARUH SUDUT PEMOTONGAN PROFIL ((Ø)) TERHADAP KEKUATAN LENTUR CASTELLATED BEAM PADA BUKAAN RHOMB (RHOMB) UNTUK STRUKTUR BALOK

Muhammad Irfan Yasin, Suprpto, 308 - 315

MODEL PENANGGULANGAN BANJIR PADA CATCHMENT AREA KETINTANG SURABAYA (STUDI KASUS JALAN UTAMA KETINTANG)

Yulis Qamariyah, Kusnan, 316 - 326

ANALISA PENGARUH VARIASI DIMENSI BALOK PADA PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG LABORATORIUM TERPADU FMIPA UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TERHADAP PERSYARATAN KOLOM KUAT BALOK LEMAH PADA SRPMK

Akhmad Aras Rosiqin, Arie Wardhono, 327 - 331

IDENTIFIKASI AWAL STASIUN DAN SHELTER YANG MENJADI TEMPAT PEMBERHENTIAN KA UNTUK PERJALANAN ORANG DI KOTA SURABAYA

Anita Susanti, Ria Asih Aryani Soemitro, Hitapriya Suprayitno, 332 - 335

PENGARUH LEBAR PEMOTONGAN PROFIL (E) TERHADAP KEKUATAN LENTUR *CASTELLATED BEAM* BUKAAN BELAH KETUPAT (RHOMB) UNTUK STRUKTUR BALOK

Mochammad Alvin Hidayatulloh, Suprpto, 336 - 342

IDENTIFIKASI AWAL LAYANAN ANGKUTAN KERETA API UNTUK PERJALANAN ORANG DI KOTA SURABAYA

Anita Susanti, Ria Asih Aryani Soemitro, Hitapriya Suprayitno, 343 - 347

ANALISIS ALTERNATIF KERUSAKAN JALAN PADA RUAS JALAN LEGUNDI-KRIAN

Mashita Nur Ayuningtyas, Soeparno, 348 - 357

PENGARUH KEKUATAN SAMBUNGAN BAJA TULANGAN DENGAN MENGGUNAKAN SAMBUNGAN MEKANIS DITINJAU DARI PERILAKU BALOK BETON BERTULANG

Sony Arifianto, Andang Widjaja,..... 358 - 364

ANALISIS KECELAKAAN LALU LINTAS PADA RUAS JALAN NASIONAL DI KOTA SURABAYA

Nunung Fadylah, Anita Susanti,..... 365 - 370

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARBIT TERHADAP POTENSIAL SWELLING PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO GRESIK

Machfud Ridwan, Nur Fauziah,..... 371 - 380

ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI ASBUTON LGA (*LAWELE GRANULAR ASPHALT*) PADA ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP CAMPURAN ASPAL PORUS

Ayuningtyas Surya Mukti, Purwo Mahardi,..... 381 - 387

PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR DALAM PEMBUATAN PAVING STONE GEOPOLMER BERBAHAN DASAR LUMPUR LAPINDO DAN ABU TERBANG TERHADAP KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS (PENYERAPAN)

Siwi Dias Artini, Arie Wardhono,..... 388 - 396

PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR DALAM PEMBUATAN PAVING STONE GEOPOLMER BERBAHAN DASAR LUMPUR LAPINDO DAN ABU TERBANG TERHADAP KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS (PENYERAPAN)

Siwi Dias Artini

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

siwidias@gmail.com,

Abstrak

Semakin berkembangnya konstruksi di era globalisasi khususnya bidang sarana transportasi di Indonesia sebagai contoh yaitu paving stone sudah menjadi alternatif bahan perkerasan jalan raya. Namun, ketersediaan pasir dan semen portland yang dirasa semakin menipis ketersediaannya, sehingga perlu ditinjau untuk beberapa bahan alternatif untuk menggantikan. Dalam penelitian bahan baku pembuatan paving menggunakan fly ash, kapur dan lumpur Sidoarjo (lumpur lapindo). Bahan tersebut akan diikat dengan bahan kimia dengan natrium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na_2SiO_3) dengan konsentrasi 10M dan perbandingan sebesar 1,5. Pengikatan dengan bahan kimia tersebut akan menghasilkan ikatan polimerisasi. Jenis penelitian yang dilakukan yaitu penelitian uji laboratorium yang akan didahului dengan pendahuluan uji laboratorium dengan pembuatan mortar. Mortar paving tersebut akan dilakukan pengujian kuat tekan pada usia 28 hari dan akan diambil hasil komposisi terbaik untuk dibuat benda uji sampel paving sesungguhnya. Pembuatan paving dalam penelitian akan dibuat dengan metode press hidrolik. Hasil mortar terbaik akan dibuat benda uji sampel paving yaitu komposisi BU 3 dengan penambahan kapur sebesar 30%, BU 4 dengan penambahan kapur sebesar 40% dan BU 5 dengan penambahan kapur sebesar 50%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan optimum sebesar 2,83 dari hasil komposisi BU 4 dengan penambahan kapur sebesar 40%. Hasil permeabilitas dalam penelitian menunjukkan benda uji hancur disebabkan penggunaan alkali aktifator yang tidak sesuai dengan kebutuhan yaitu dengan menggunakan 55% dari seluruh kebutuhan dan sifat lumpur lapindo mengikat air cukup besar sehingga mengalami kehancuran.

Kata kunci : fly ash, geopolimer, kapur, kuat tekan, lumpur lapindo, paving, permeabilitas.

Abstract

The continued development of the construction era of globalization, particularly the field of transportation in Indonesia as an example of paving stone has become an alternative road pavement materials. However, the availability of sand and Portland cement were deemed dwindling availability, so it needs to be reviewed for a couple of alternative materials to replace. In the study raw material for paving using fly ash, chalk and Sidoarjo mud (Lapindo mud). Such materials will be bound by the chemical sodium hydroxide (NaOH) and sodium silicate (Na_2SiO_3) with 10M concentration and ratio of 1.5. The binding with these chemicals will produce a bond polymerization. This type of research is conducted laboratory tests that will be preceded by preliminary laboratory testing to manufacture mortar. The paving mortar compressive strength testing will be done at the age of 28 days and will take the results of the best compositions for prepared specimen sample actual paving. Paving will be made by the hydraulic press method. Best results will be made mortar specimen samples paving is BU composition 3 with the addition of chalk by 30%, BU 4 with the addition of chalk by 40% and BU 5 with the addition of chalk by 50%. The results showed that the optimum compressive strength of 2.83 from the composition of BU 4 with the addition of chalk by 40%. The results of the study showed permeability test object is destroyed, because use of alkaline activator which does not comply with that requirement by using 55% of the needs and nature of the Lapindo mud binds water large enough so that experienced destruction.

Keywords: chalk, compressive strength, fly ash, geopolymer, Lapindo mud, paving, permeabilitas, Sidoarjo mud.

PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi di era globalisasi saat ini khususnya dalam bidang sarana transportasi di Indonesia menjadikan para peneliti berlomba-lomba membuat inovasi baru. Tidak hanya aspal atau beton saja, paving stone juga menjadi alternatif bahan perkerasan jalan raya. Saat ini, paving stone dimanfaatkan sebagai bahan perkerasan jalan

perumahan, pelataran parkir, trotoar maupun untuk memperindah taman.

Konstruksi perkerasan dengan paving merupakan konstruksi yang ramah lingkungan, dimana paving sangat baik dalam membantu mempermudah konservasi air tanah, pelaksanaan pekerjaan yang lebih cepat, mudah dalam pemasangan dan pemeliharaan, memiliki aneka ragam bentuk yang menambah nilai estetika, serta

harganya yang mudah dijangkau yang dapat meningkatkan tingginya minat konsumen terhadap paving dibandingkan perkerasan lainnya. Hal di atas membuat paving stone semakin diminati sebagai alternatif perkerasan. Namun, ketersediaan pasir dan semen portland yang dirasa semakin sulit untuk diperoleh, maka dirasa perlu ditinjau beberapa bahan alternatif yang dapat menggantikan pasir dan semen pada bahan baku pembuatan paving stone. Selain itu melihat nilai ekonomis dari semen yang juga semakin tinggi maka perlu ditinjau pula bahan-bahan yang tersedia seperti fly ash (abu terbang), kapur dan Lumpur Sidoarjo (Lumpur Lapindo) sebagai alternatif bahan pengikatnya.

Saat ini, banyak peneliti yang menganalisis kandungan yang terdapat didalam lumpur Sidoarjo. Salah satunya, pada tahun 2007 hasil penelitian (Ekaputri, dkk) menunjukkan bahwa lumpur Sidoarjo memiliki kandungan SiO₂ sebesar 53% dan Al₂O₃ sebesar 18%. Melihat kandungan SiO₂ yang dimiliki lumpur Sidoarjo lebih dari 50%, menunjukkan bahwa lumpur Sidoarjo berpotensi sebagai alternatif bahan dasar pembuatan beton geopolimer karena karakteristiknya menyerupai fly ash (A.M Mustafa Al Bakri, dkk. 2012). Selain itu, jumlah lumpur Sidoarjo yang melimpah dan belum dimanfaatkan dengan baik.

Terkait dengan latar belakang tersebut, sehingga muncul rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah lumpur Sidoarjo dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku paving stone non struktural seperti kelas C atau kelas D?
2. Berapa komposisi yang tepat dalam pembuatan paving stone berbahan dasar lumpur Sidoarjo dan fly ash (abu terbang) dengan penambahan kapur?
3. Bagaimana pengaruh penambahan kapur dalam pembuatan paving stone berbahan dasar lumpur Sidoarjo dan fly ash (abu terbang) terhadap kuat tekan dan permeabilitasnya?

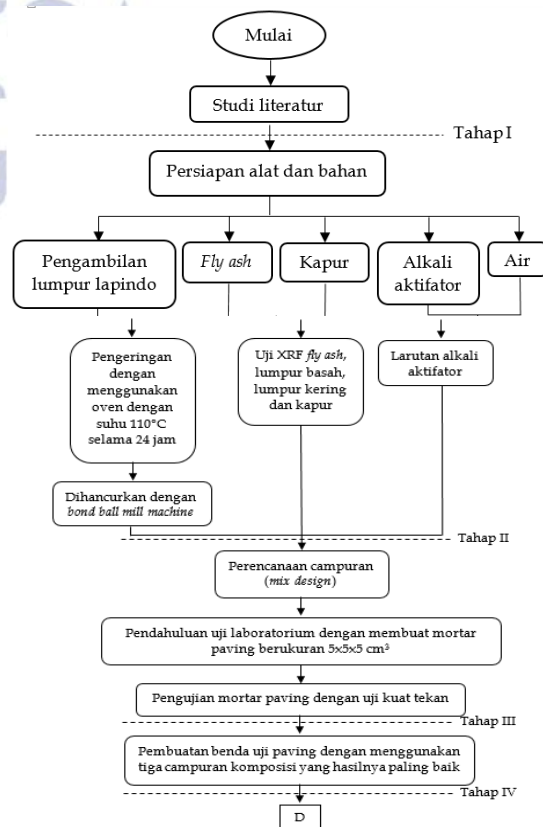
Dari masalah yang yang dibuat akan menghasilkan manfaat dari hasil penelitian ini sebagai berikut:

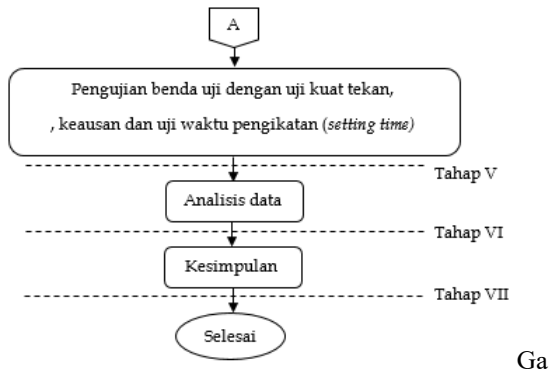
1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan lumpur Sidoarjo yang sebenarnya berpotensi sebagai bahan baku konstruksi yang memiliki nilai lebih dari bahan-bahan bangunan yang sudah ada.
2. Menjadikan suatu alternatif baru dalam dunia konstruksi dengan pembuatan paving stone tanpa semen yang berbahan dasar lumpur Sidoarjo dan fly ash dengan penambahan kapur.
3. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan manfaat ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), terutama di bidang konstruksi perkerasan jalan.
4. Paving stone berbahan dasar lumpur lapindo dan fly ash (abu terbang) dengan bahan tambahan kapur, diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan paving stone serta memberikan alternatif harga yang lebih ekonomis pada penggunaan paving stone.

METODE PENELITIAN

A. Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian ini diawali dengan studi literatur, kemudian dilanjutkan penelitian di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya. Tahapan pelaksanaan penelitian sebagai berikut:





mbar 1. Tabel alur penelitian

Tabel 1 Komposisi benda uji

Kebutuhan	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Uji 6
Lumpur Lapindo	3	3	3	3	3	3
Fly ash	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
Kapur	-	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Aktifator	10 M	10 M	10 M	10 M	10 M	10 M
Jumlah	12 bh	12 bh	12 bh	12 bh	12 bh	12 bh
Usia	7,14,28 hari					

B. Variabel Penelitian

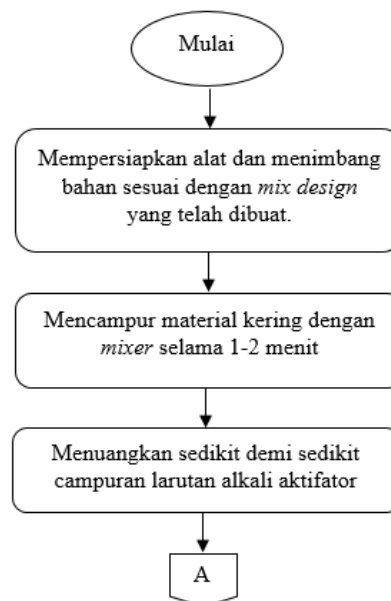
- Variabel bebas**
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah proporsi substitusi fly ash dan kapur.
- Variabel terikat**
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah uji kuat tekan dan permeabilitas (penyerapan) yang disesuaikan dengan pengujian SNI 03-0961-1996.
- Variabel kontrol**
Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah
 - Perbandingan $Na_2SiO_3 : NaOH = 1,5$, Molaritas $NaOH = 10 M$,
 - fly Ash tipe C dari CV. Dwi Mitra Surya,
 - pengujian paving pada usia 7,14 dan 28 hari,
 - proporsi lumpur lapindo, sodium silicate (Na_2SiO_3), sodium hidroxide ($NaOH$) dan air, alat-alat pengujian beton,
 - tempat pengujian beton (laboratorium) yang mana hal-hal tersebut diperlakukan sama pada setiap perlakuan.

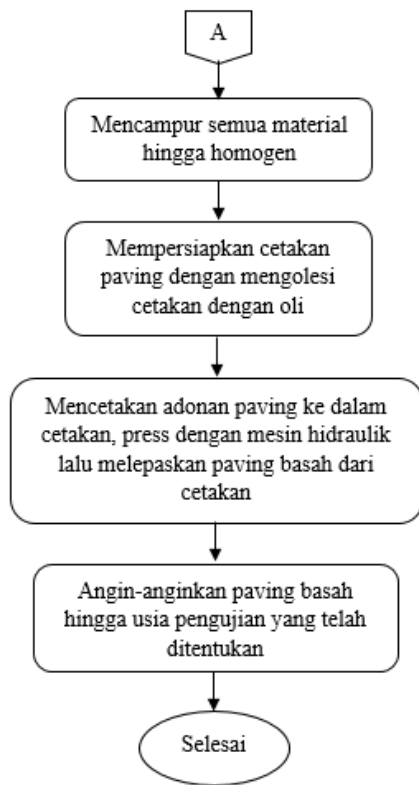
C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan penelitian ini dengan menggunakan metode uji laboratorium. Metode ini dilakukan dengan melakukan pendahuluan uji laboratorium terdahulu dengan membuat mortar paving lalu akan dilakukan pengujian pada usia 28 hari dan hasil yang terbaik akan dibuat sampel benda uji paving. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir penggunaan bahan yang digunakan.

D. Pembuatan Benda Uji

Dalam pembuatan benda uji paving ini memiliki beberapa teknik yang perlu diperhatikan seperti pencampuran material yang digunakan.





Langkah-langkah pembuatannya sebagai berikut:

Gambar 2 Alur pembuatan benda uji paving

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik fisik dan kimia lumpur lapindo

Tabel 2 karakteristik fisik dan kimia lumpur lapindo

	Parameter	Satuan	Hasil Analisis
Fisik	Berat jenis	gr/cm ³	2,142
Kimia	Uji XRF kering oven		
	Fe ₂ O ₃	%	37,7
	SiO ₂	%	30,5
	CaO	%	9,12
	Al ₂ O ₃	%	10

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Widya (2010) dalam Ganjar dkk (2012), berat jenis pasir seberat 1,4 gr/cm³, kadar air pasir 5,9%, dan berat isi sebesar 1,3 gr/cm³. Berat jenis maupun berat isi dari lumpur lapindo lebih besar daripada berat jenis dan isi dari pasir. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak kandungan lumpur lapindo

yang digunakan, berat paving block akan semakin besar pula.

Menurut Wiryasa (2009) dalam Ganjar dkk (2012), kandungan kimia yang dimiliki oleh lumpur lapindo memiliki kadar SiO₂ yang cukup tinggi. Kandungan kimia seperti CaO, SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ merupakan kandungan terpenting dalam pembuatan beton. Kandungan CaO dan SiO₂ merupakan kandungan utama yang diperlukan untuk menentukan kualitas beton. Al₂O₃ berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan. Sedangkan Fe₂O₃ memiliki suhu leleh yang rendah yang berguna untuk proses pembakaran bagi klinker dan Fe₂O₃ bukan unsur yang aktif dalam semen.

Selain kandungan kimia yang menguntungkan yang dimiliki lumpur Lapindo, kandungan logam berat Lumpur Lapindo ternyata masih cukup besar dan melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam Kepmenkes no.907/2002, PP no.82/2001, dan PP no.18/1999. Hal ini cukup membahayakan bagi kelangsungan makhluk hidup yang ada di sekitar lokasi Lumpur Lapindo. Oleh karena itu diperlukan sebuah treatment untuk mengatasi permasalahan Lumpur Lapindo dan meminimalisir bahaya akibat kandungan logam berat Lumpur Lapindo. (Ganjar dkk, 2012)

B. Hubungan karakteristik lumpur lapindo dengan permeabilitas

Seperti yang telah diketahui, pada saat pengujian permeabilitas benda uji paving dibuat mengalami kehancuran pada saat beberapa jam direndam. Menurut Rofikatul Karimah (2012), pengaruh lumpur lapindo pada daya serap air dikarenakan lumpur mempunyai ukuran butiran yang besar sampai ukuran yang dalam bentuk cair, apabila kandungan lumpur lapindo banyak di dalamnya maka semakin besar daya serap air terhadap benda uji tersebut dikarenakan pori-pori

benda uji yang memiliki kadar lumpur yang tinggi berukuran besar. Semakin besar daya serap air yang terjadi, sehingga hasil mutu benda uji yang dibuat semakin tidak memenuhi syarat. Hal tersebut diungkapkan pula oleh Juniawan (2010) dalam Fakhri Aji dkk (2013), bahwa lumpur lapindo memiliki nilai porositas yang hampir sama dengan nilai porositas tanah yang biasanya berkisar antara 30- 60%. Dalam lumpur Lapindo dapat disimpulkan bahwa kemampuan lumpur Lapindo dalam mengikat air cukup besar yang dikarenakan persentase ruang pori dalam Lapindo sangat tinggi, sehingga memudahkan molekul-molekul air untuk terikat di dalamnya. Karena dalam penelitian ini menggunakan lumpur lapindo sebagai pengganti pasir seluruhnya, sehingga daya serap air benda uji ini sangat tinggi sekali sehingga mengalami kehancuran.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Fakhri Aji dkk (2013), mengungkapkan bahwa peranan lumpur lapindo sebagai substitusi sebagian pasir, mempengaruhi daya serap air pada paving block. Fungsi lumpur lapindo sebagai bahan pengisi (filler) kurang baik karena kadar lumpur terlalu banyak. Berdasarkan analisis pendahuluan, kadar air lumpur Lapindo cukup tinggi, yaitu 43,34%. Oleh sebab itu, 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 pada paving block.

Menurut PBI 1971, salah satu syarat agregat halus yaitu pasir harus terdiri dari butir tajam dan keras dan butiran pasir harus terdiri dari beraneka ragam. Sedangkankan lumpur lapindo yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk serbuk halus seperti semen sehingga tidak memenuhi syarat tersebut. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa lumpur lapindo tidak

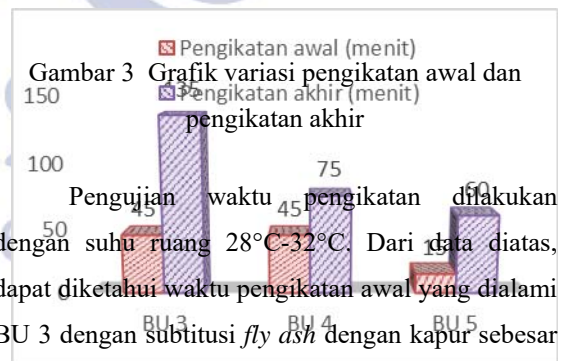
dapat dijadikan sebagai pengganti pasir sepenuhnya, melainkan hanya digunakan sebagai substitusi atau pengurang penggunaannya saja.

C. Hubungan waktu pengikatan dan penambahan kapur terhadap penggunaan fly ash

Kode	Pengikatan awal (menit)	Pengikatan akhir (menit)
BU 3 (30% kapur)	45	135
BU 4 (40% kapur)	45	75
BU 5 (50% kapur)	15	60

Hasil hubungan waktu pengikatan pasta dengan penambahan kapur bisa dilihat pada tabel 13.

Tabel 3 Variasi waktu pengikatan awal dan akhir pasta



Pengujian waktu pengikatan dilakukan dengan suhu ruang 28°C-32°C. Dari data diatas, dapat diketahui waktu pengikatan awal yang dialami BU 3 dengan substitusi fly ash dengan kapur sebesar 30% yaitu pada menit ke 45 sedangkan waktu pengikatan akhir terjadi pada menit ke 135. Waktu total pengikatan yang dialami BU 3 yaitu selama 135 menit atau 2 jam lebih 15 menit. Waktu pengikatan awal yang dialami BU 4 dengan substitusi fly ash dengan kapur sebesar 40% yaitu pada menit ke 45, sedangkan waktu pengikatan akhir terjadi pada menit ke 75. Waktu total pengikatan yang

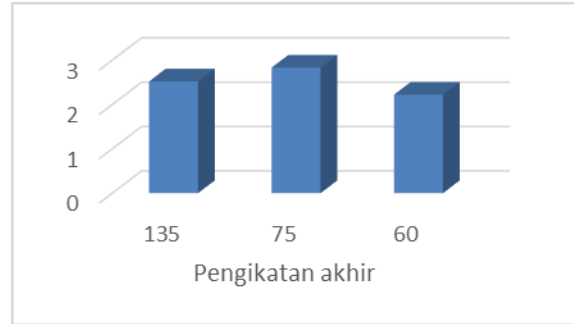
dialami BU 4 yaitu selama 75 menit atau 1 jam lebih 15 menit. Sedangkan waktu pengikatan awal yang dialami BU 5 dengan substitusi *fly ash* dengan kapur sebesar 50% yaitu pada menit ke 15, sedangkan waktu pengikatan akhir terjadi pada menit ke 60. Waktu total pengikatan yang dialami BU 5 yaitu selama 60 menit atau 1 jam. Dari hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak menambahkan kapur dalam pasta maka semakin cepat waktu pengikatan yang terjadi.

Seperti yang telah dipapar oleh Nath and Sarker tahun 2012, bahwa pada umumnya dalam kondisi suhu ruang, pasta *geopolymer* dengan komposisi 100% *fly ash* membutuhkan waktu pengikatan yang sangat lama. Sehingga untuk mempercepat waktu pengikatan, Nath and Sarker menambahkan slag yang merupakan material yang memiliki CaO yang tinggi dan bersifat sama seperti kapur. Sehingga, dari penelitian tersebut material yang mengandung CaO yang tinggi dapat mempercepat waktu pengikatan pasta *geopolymer* dengan suhu normal ruang tanpa harus dilakukan *curing*.

C. Hubungan kuat tekan dengan waktu pengikatan

Tabel 4 Hubungan waktu pengikatan dan kuat tekan

Kode benda uji	Pengikatan akhir (menit)	Rata-rata kuat tekan usia 28 hari (MPa)
BU 3	135	2,52
BU 4	75	2,83
BU 5	60	2,22



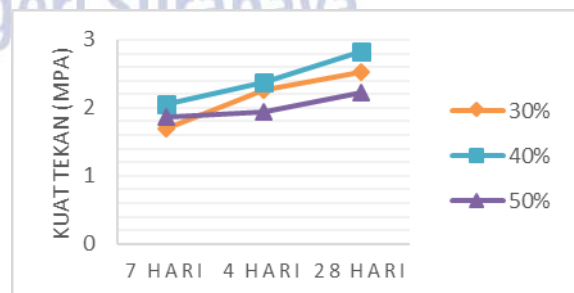
Gambar 4 Grafik hubungan waktu pengikatan dan kuat tekan

Kandungan CaO yang tinggi dalam campuran beton juga mempengaruhi proses polimerisasi dan dapat menurunkan nilai kuat tekan beton. Hal ini menyebabkan waktu pengikatan semakin lama dikarenakan proses polimerisasi terganggu. Sehingga kuat tekan mengalami penurunan. Kandungan kalsium yang tinggi dapat mengganggu proses polimerisasi dan mengubah *mikrostruktur* (Gourley, 2003; Gourley and Johnson, 2005 dalam (Pugar Septia G, 2011)).

D. Hubungan kuat tekan dan penambahan kapur terhadap penggunaan *fly ash*

Tabel 5 Hasil rata-rata pengujian kuat tekan

Penambahan kapur (%)	7 hari (MPa)	14 hari (MPa)	28 hari (MPa)
30 %	1,7	2,27	2,52
40 %	2,06	2,38	2,83
50 %	1,86	1,95	2,22



Gambar 5 Grafik hubungan hasil kuat tekan dengan umur pengujian

Adanya penambahan kapur pada campuran beton *geopolymer* berbahan dasar lumpur lapindo

akan cepat mengeras dan menghasilkan kuat tekan yang lebih baik daripada beton *geopolymer* berbahan dasar lumpur lapindo tanpa kapur. Karena material kapur dapat membantu proses pengikatan agregat dan pengerasan beton dengan sangat cepat (As'at Pujianto, dkk. 2013).

Menurut As'at Pujianto dkk (2013), memaparkan bahwa beton geopolimer berbahan dasar bubuk lumpur lapindo mempunyai sifat yang berbeda seperti beton geopolimer berbahan dasar fly ash saja. Salah satu hal yang membedakan yaitu kandungan kapur yang ada di dalam bubuk lumpur lapindo lebih sedikit jika dibandingkan dengan fly ash. Hal ini mengakibatkan beton tidak cepat mengeras sehingga mengakibatkan kuat tekan beton kecil. Selain itu, Bubuk lumpur lapindo merupakan material yang banyak menyerap air, sehingga adukan campuran beton dapat berubah, perubahan ini mengakibatkan turunnya kuat tekan dari beton. Bubuk lumpur lapindo yang bersifat licin dapat mengurangi daya ikat antar agregat. Jika daya ikat antar agregat berkurang maka akan menurunkan kuat tekan beton.

E. Klasifikasi benda uji dengan SNI 03-0691-1996

Tabel 6 Klasifikasi paving berdasarkan kuat tekan

Kode uji	Kuat tekan rata-rata pada usia 28 hari (MPa)	Klasifikasi
BU 3	2,52	-
BU 4	2,83	-
BU 5	2,22	-

Tabel 7 Klasifikasi paving berdasarkan permeabilitas

Kode uji	Permeabilitas pada usia 28 hari (%)	Klasifikasi
BU 3	Hancur	-
BU 4	Hancur	-
BU 5	Hancur	-

Tabel 8 Klasifikasi berdasarkan ketahanan aus

Kode uji	Ketahanan aus rata-rata pada usia 28 hari (mm/menit)	Klasifikasi
BU 3	0,27	-
BU 4	0,1	B
BU 5	0,2	D

Dari seluruh analisis klasifikasi diatas, dengan perbandingan hasil kuat tekan, permeabilitas dan ketahanan aus dengan kalsifikasi mutu kelas paving menurut SNI dapat disimpulkan bahwa benda uji paving yang dibuat dalam penelitian ini belum dapat memenuhi kalsifikasi mutu kelas paving manapun. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu dari sifat kimia dan fisis lumpur lapindo sebagai pengganti material pasir keseluruhan untuk material paving, metode pembuatan benda uji paving tersebut dan kadar alkali aktivator yang digunakan.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Benda uji dalam penelitian ini belum dapat digolongkan dalam mutu kelas paving menurut SNI.
2. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, permeabilitas, ketahanan aus dan waktu pengikatan, dapat diketahui bahwa hasil yang paling optimal dari keseluruhan yaitu komposisi campuran 4 (BU 4) dengan perbandingan *fly ash* dan kapur sebesar 60%:40% yang menghasilkan kuat tekan sebesar 2,83 MPa dan ketahanan aus sebesar 0,1 mm/menit.
3. Pengaruh penambahan kapur dalam pembuatan paving geopolimer berbahan dasar lumpur lapindo dan *fly ash* dapat menurunkan *workability* yang berpengaruh penurunan kuat tekan dan menaikkan kuat tekan tekan paving. Penurunan hasil kuat tekan pada BU 5 disebabkan oleh *workability* yang berkurang dan berakibat menurunkan tegangan yang dimiliki.

Saran

Ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Untuk menggunakan metode lainnya seperti press manual sehingga dalam pembuatan sampel benda uji paving untuk selanjutnya dapat menggunakan kebutuhan air yang semestinya,
2. Untuk mengolah lebih lanjut material lumpur lapindo itu sendiri contohnya dengan cara dibakar dengan suhu tinggi supaya kandungan yang terdapat dalam lumpur lapindo meningkatkan potensi penggantian material khususnya pada bidang konstruksi,
3. Perlu dilakukannya penelitian selanjutnya mengenai penggantian material konstruksi dengan menggunakan lumpur lapindo kering oven atau secara dibakar,
4. Perlu dilakukannya penelitian lain yang meninjau faktor lain seperti konsentrasi molaritas alkali aktivator,

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, Andi Arham. 2009. *Strength and Durability Properties of Alkali Activated Slag and Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. Melbourne, Australia: RMIT University.
- Aji, Fakhrian, dkk. 2013. Solidifikasi Lumpur Lapindo dalam Upaya Pencegahan Pencemaran Lingkungan sebagai Bahan Campuran Paving Block. Semarang : Teknik Lingkungan FT UNDIP.
- A. M. Mustafa Al Bakri, dkk. 2012. *Characterization of LUSI Mud Volcano as Geopolymer Raw Material, Advanced Materials Research*, Vol. 548 pp 82-86.
- Deb, Partha Sarathi, dkk. 2014. *The Effects of Ground Granulated Blast-Furnace Slag Blending with Fly Ash and Activator Content on the Workability and Strength Properties of Geopolymer Concrete at Ambient Temperature*. Perth, Australia: Department of Civil Engineering, Curtin University.
- Derucher, dkk. 1998. *Materials For Civil And Highway Engineers*. x United State of America : Department of Civil Engineering, Curtin University.
- Dyahsiswanti, Nana, dkk. 2011. *Utilization of Sidoarjo Mud as The Raw Material of Making Portland Cement*. Surabaya: Department of Chemical Engineering FTI UPN "Veteran".
- Ekaputri, J.J. dan Triwulan. 2006. *Study on Porong Mud-Based Geopolymer Concrete*. Jurnal HAKI (Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia), Vol. 7 No 2.
- Ekaputri, J.J dan Triwulan. 2011. Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash, Trass dan Lumpur Sidoarjo. *Journal of Civil Engineering* vol.31 no.2. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Hardjito, D., & Rangan, B. V. 2005. *Development and Properties of Low -Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. Research Report GC1, Perth, Australia: Faculty of Engineering, Curtin University of Technology.
- Karimah, Rofikatul. 2012. Batako Lumpur Lapindo Sebagai Alternatif Material Pasangan Dinding. *Media Teknik Sipil*, Vol. 10, No. 2. Februari 2012 : 41-48. Malang : Universitas Negeri Malang.
- Lisantono, Ade dan Yoseph Purnandani. 2010. Pengaruh Penambahan Kapur Padam terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton *Geopolymer*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4), Bali.
- Munir, Stefano. 2010. Penggunaan Bahan Pengisi Abu Terbang dalam Industri Karet. *Prosiding SnaPP2010 Edisi Eksakta*, Bandung.
- M.F, Nurudin. 2010. *Sidoarjo Mud : A Potential Cement Replecement Material*. *Civil Engineering Dimension*, Vol. 12, No. 1.
- Mushafa, N. (2012).Makalah dan Artikel Pendidikan Penelitian Kuantitatif. [Online]. Tersedia: <http://www.blogspot.com>. [02 September 2016].

- Nath, P. and Sarker, P.K. 2012. *Geopolymer concrete for ambient curing condition*. Australia : Curtin University.
- Nath, P. and Sarker, P.K. 2014. *Effect of GGBFS on setting, workability and early strength properties of fly ash geopolymer concrete cured in ambient condition*. Construction and Building Materials 66 : pp (163-171).
- Deb, P.S., Nath, P and Sarker, P.K.. 2013. "Strength and Permeation Properties of Slag Blended Fly Ash Based Geopolymer Concrete". *Advanced Materials Research* 651 : pp (168-173)
- Pujianto, As'at, dkk. 2013. *Kuat Tekan beton Geopolimer dengan Bahan Utama Bubuk Lumpur Lapindo dan Kapur*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Rosanti, Wenny Masita. 2015. *Pemanfaatan Lumpur Lapindo dan Fly Ash sebagai Bahan Campuran pada Pembuatan Bata Beton Ringan*. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
- Samudro, Ganjar, dkk. 2016. *Penentuan Campuran Lumpur Lapindo Sebagai Substitusi Pasir dan Semen Dalam Pembuatan Paving Block Ramah Lingkungan*. Jurnal PRESIPITASI Vol. 13 No. 1 Maret 2016, ISSN 1907-187X. Semarang : Universitas Diponegoro.
- SNI 03-0691. 1997. *Bata Beton (Paving Block)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Triwulan, Ekaputri, J. J dan Adiningtyas, T. 2007. *Analisa Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dan Lumpur Porong Kering sebagai Pengisi*. TORSI Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sipil, 27(3), hal. 33 – 46.
- Valentino, Edwin, dkk. *Batako Berlubang Geopolimer Berbahan Dasar Lumpur Sidoarjo*. Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Wardhono, Arie, David W. Law dan Thomas C.K. Molyneaux. 2015. *Long term performance of alkali activated slag concrete*. Journal of Advanced Concrete Technology, March 2015, Vol. 13, No. 3, page 187-192.
- Wardhono, Arie, David W. Law dan Anthony Strano, 2015. *The strength of alkali-activated slag/fly ash mortar blends at ambient temperature*. Journal of Procedia Engineering, Vol. 125, page 650-656.
- Wardhono, Arie, David W. Law dan Thomas C.K. Molyneaux. 2016. *Flexural Strength of Low Calcium Class F Fly Ash-based Geopolymer Concrete in Long Term Performance*. Journal of Materials Science Forum, Vol. 841, page 104-110.