

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

# REKATS



## UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 402 - 411	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](http://tekniksipilunesa.org)

Email: [REKATS](mailto: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 SUBSTITUSI <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 PASIR SUNGAI LUMAJANG PADA BATU BATA LUMPUR LAPINDO  
UNTUK MENGURANGI PENYUSUTAN PADA SAAT PROSES PEMBAKARAN MENURUT SNI  
15-2094-2000

*Putri Dwi Rahayu, Arie Wardhono, .....* 397 – 401

PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR DENGAN BAHAN DASAR *FLY ASH* UNTUK PEMBUATAN *PAVING  
STONE GEOPOLYMER* TERHADAP NILAI KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS (PENYERAPAN)

*Jazaul Aummah, Arie Wardhono, .....* 402 – 411



**PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR DENGAN BAHAN DASAR FLY ASH UNTUK PEMBUATAN  
PAVING STONE GEOPOLYMER TERHADAP NILAI KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS  
(PENYERAPAN)**

Oleh :

**Jazaul Aummah**

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Negeri Surabaya

[Aummahjazaul@yahoo.com](mailto:Aummahjazaul@yahoo.com)

**ABSTRAK**

Pemakaian *paving stone* sebagai material konstruksi meningkat karena harga produksi semakin terjangkau dan dapat diproduksi secara massal. *Paving stone* merupakan campuran agregat halus, semen portland atau bahan perekat hidrolis, jenis agregat lain dan air, atau dengan bahan tambahan lain pada perbandingan tertentu. Pada proses memproduksi semen terjadi emisi CO<sub>2</sub> ke udara yang berakibat menipisnya lapisan ozon di bumi, sehingga menyebabkan efek rumah kaca pada lingkungan di bumi yang sering kita kenal dengan istilah *global warming* (Davidovits, 1994). Untuk mengurangi produksi semen yang kian meningkat, maka dibuat suatu alternatif bahan pengikat baru. Beton Geopolimer adalah jenis beton yang 100 % tidak menggunakan semen. Bahan yang digunakan adalah *fly ash* type C dan kapur yang diaktifkan dengan alkali aktifator berupa cairan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dan NaOH dengan perbandingan sebesar 1,5. Molaritas NaOH yang dipakai adalah 10M.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa komposisi optimum yang memiliki kuat tekan tertinggi adalah proporsi perbandingan sebesar 70% : 30% dengan nilai tekan 20,50 MPa dan nilai permeabilitas sebesar 9%. *Paving stone* dengan proporsi maksimum tersebut masuk dalam klasifikasi *paving stone* tipe B menurut SNI.

**Kata kunci :** *fly ash*, geopolimer, kapur, kuat tekan, permeabilitas.

**Abstract**

*The using of paving stone as construction material has increased because the price is more affordable and can be mass produced. Paving stone obtained by mixing fine aggregate, portland cement or hydraulic adhesive materials, other types of aggregates and water, or with other additives in a certain ratio. In the process of producing cement, CO<sub>2</sub> emissions occurred into the air resulting in the depletion of the ozone layer of the earth, cause the greenhouse effect on the environment on earth that are familiar with the term global warming (Davidovits, 1994). To reduce the production of cement increasing, then created a new alternative binder. Geopolymer concrete is a type of concrete that is 100% not using cement. Materials used are type C fly ash and chalk, activated by alkaline activator liquid Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> and NaOH ratio of 1.5 Molarity NaOH used is 10M. Results from the study showed that the optimum composition which has the highest compressive strength ratio is the proportion of 70%: 30% to the value of 20.50 MPa pressure and permeability values by 9%. Paving stone with the maximum proportion of paving stone was classified as a Type B according to SNI.*

**Keywords :** *chalk, compressive strength, fly ash, geopolymer, permeability.*

## A. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, pemakaian paving stone sebagai material konstruksi untuk penutup permukaan bangunan semakin banyak dipergunakan. Teknik produksi secara massal yang semakin baik dalam produksi paving stone semakin mudah didapatkan dan membuat harga *paving stone* semakin terjangkau oleh masyarakat. Sehingga saat ini pemakain paving stone semakin banyak dipergunakan untuk penutup permukaan halaman dan juga sebagai bahan penutup permukaan jalan. Paving stone ini didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir), semen portland atau bahan perekat hidrolis, jenis agregat lain dan air, kadang-kadang dengan bahan tambahan (*additive*) yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air.

Pada proses memproduksi semen terjadi pula emisi  $\text{CO}_2$  ke udara sebanding dengan 1 : 1 itu artinya apabila diproduksi 1 ton semen sama dengan diproduksi 1 ton gas emisi  $\text{CO}_2$  ke udara. Hal tersebut sangat tidak ramah lingkungan, karena dapat menyebabkan gas asam beracun dilangit yang berakibat menipisnya lapisan ozon dibumi, sehingga menyebabkan efek rumah kaca pada lingkungan dibumi yang sering kita kenal dengan istilah *global warming* (Davidovits, 1994).

Sebagai pengganti semen digunakan bahan pengganti diantaranya *fly ash* dan pemanfaatan kapur alam. *Fly ash* merupakan limbah dari hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara (ASTM C.168). Saat ini *fly ash* berpotensi sebagai bahan pengganti semen yang diharapkan sifat pozzolanik yang terkandung dapat meningkatkan kuat tekan paving stone tanpa semen. Selain penggunaan *fly ash*, paving stone tanpa semen ini juga menggunakan kapur padam.

Kapur tohor merupakan material hasil bakaran dari batu kapur. Sedangkan kapur padam merupakan kapur hasil pemadaman dari kapur tohor yang membentuk hidrat. Kapur bereaksi dengan bermacam-macam komponen pozzolan yang halus untuk membentuk kalsium silika semen. Silika adalah mineral utama dari *fly ash* jika beraksi dengan kapur maka akan membentuk gel  $\text{CaSi}^3$ . *Fly ash* mempunyai sifat pozzolan sehingga bila dicampur dengan kapur dan air akan bereaksi membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H). Dengan demikian pengembangan beton *geopolymer*, menjadi harapan utama mereduksi penggunaan semen untuk keperluan pembangunan infrastruktur (Ade Lisantonno, 2010) yang diolah sedemikian rupa sehingga menjadi salah satu material konstruksi yaitu paving stone tanpa semen yang mempunyai mutu tinggi.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat diambil suatu rumusan masalah yaitu:

1. Berapa komposisi optimum penambahan kapur pada pembuatan paving stone *geopolymer* berbahan dasar *fly ash*?
2. Bagaimanakah pengaruh penambahan kapur dengan bahan dasar *fly ash* terhadap kuat tekan dan permeabilitas (penyerapan) pada paving stone *geopolymer*?
3. Termasuk dalam klasifikasi manakah paving stone *geopolymer* dengan komposisi optimum sesuai dengan standar SNI?

Membatasi ruang lingkup penelitian ini, maka diperlukan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Perbandingan PC : PS = 1 : 3
2. Penelitian ini menggunakan *fly ash* tipe C yang diambil dari CV. Dwi Mitra Surya,
3. *Alkaline aktivator* yang digunakan adalah NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  di dapat dari PT. Bratacho,
4. Perbandingan NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  sebesar 1,5

5. Perbandingan campuran *fly ash* dan kapur yaitu 100%:0%, 90%:10%, 80%:20%, 70%:30%, 60%:40%, 50%:50%
6. Molaritas campuran alkaline aktivator sebesar 10 Mol.
7. Melakukan pengujian terhadap kuat tekan yang dilakukan pada umur beton 7,14, dan 28 hari.
8. Standar pengujian dan pengolahan data yang dilakukan adalah berdasarkan ASTM dan SK-SNI.
9. Uji permeabilitas yang dimaksud dalam penelitian ini adalah uji penyerapan air.

## B. KAJIAN PUSTAKA

### 1. Paving Stone

Menurut SNI 03 0691 1996, Bata Beton (*Paving Stone*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu.

. Tabel 1. Klasifikasi Paving Block Menurut Kuat Tekan SNI.  
Keterangan : \*MPa = Mega Pascal (1 MPa = 10 kg/cm = K 10)

Kekuatan (Mpa*)		Ketahanan Aus		Penyerapan air (rata - rata maksimum)
Rata - rata	Minimal	Rata - rata	Minimal	
A	40	35	0.09	3
B	20	17	0.13	6
C	15	12.5	0.16	8
D	10	8.5	0.219	10

(Sumber : SNI 03-0691-1996)

### 2. Geopolymer

Beton geopolimer adalah sebuah senyawa silikat alumino anorganik yang disintesis dari bahan-bahan produk sampingan seperti abu terbang (*fly ash*) abu sekam padi (*risk husk ash*) dan lain-lain, yang banyak mengandung silica dan aluminium (Davidovits, 1997) Geopolimer merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini Aluminium (Al) dan Silika (Si)

mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi (Davidovits, 1994) Reaksi Al dan Si dengan alkaline akan menghasilkan  $AlO_4$  dan  $SiO_4$ .

### 3. Material Penyusun *paving stone Geopolymer*

Berikut merupakan material-material yang digunakan dalam proses pembuat beton *geopolymer* :

#### a. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihalikan oleh alat-alat pemecah batu, dan mempunyai ukuran butir terbesar 5 mm.

#### b. Abu Terbang (*Fly ash*)

Menurut ASTM C618 (ASTM, 1995:304) abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batubara atau bubuk batu bara. Banyaknya hasil material, hanya *fly ash* dan slag telah terbukti menjadi sumber material yang dapat membuat geopolimer. *Fly ash* dianggap menguntungkan karena reaktivitas partikelnya lebih halus daripada slag. Selain itu, *fly ash* yang mengandung rendah kalsium lebih diharapkan dibandingkan slag yang digunakan sebagai bahan baku (Hardjito dan Rangan, 2005).

#### c. Kapur Padam

Kapur padam  $Ca(OH)_2$  terbentuk dari  $CaO$  yang direaksikan dengan air. Kapur yang direaksikan dengan air biasa disebut mortar kapur. Mortar kapur di udara akan menyerap karbon dioksida dengan proses kimia menghasilkan  $CaCO_3$  yang bersifat padat dan keras (Derucher, dkk, 1998).

#### d. Alkali Aktifator

Alkali aktifator merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mengaktifkan prekursor sehingga dapat menghasilkan ikatan polimerisasi yang kuat. Alkali mengaktifkan prekursor dengan



mendisolusikan SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ke dalam monomer Si(OH)<sub>4</sub> dan Al(OH)<sub>3</sub>. Selama proses curing, monomer monomer tadi terkondensasi dan membentuk jaringan polimer tiga dimensi dan berikatan silang (Septia, 2011).

#### 4. Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat desak beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat – sifat lain (Chu Kia Wang dan C. G. Salmon, 1990). Perhitungan kuat tekan berdasarkan SNI 03-0691-1996, dimana :

$$F_c = \frac{P}{A}$$

Dimana :

f'c	= Kuat Tekan Beton	(MPa)
P	= Beban Maksimum	(N)
A	= Luas Penampang	(mm <sup>2</sup> )

#### 5. Permeabilitas (Penyerapan)

Menurut Nugroho ( 2010 ) permeabilitas merupakan kemudahan cairan atau gas untuk melewati beton, sedangkan serapan (permeabiliitas) adalah masuknya cairan ke beton melalui pipa-pipa kapiler yang terdapat pada beton itu sendiri. Permeabilitas dipengaruhi oleh porositas beton. Perhitungan penyerapan air berdasarkan SNI 03-0691-1996, dimana :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\%$$

Dimana :

A	= Berat basah
B	= Berat kering

### C. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental untuk mencari dan menghasilkan data yang akan membuktikan hubungan antar variabel.

#### 1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di *home industry* yang terletak di wilayah Ngagel, Surabaya, Jawa Timur. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan mulai bulan September 2016 sampai dengan selesai.

#### 2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdapat 3 buah variabel, yaitu:

##### a. Variabel bebas

Variabel bebas yang dipakai dalam penelitian ini adalah prosentase substitusi kapur dan *fly ash*.

##### b. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kuat tekan beton dan permeabilitas.

##### c. Variabel kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah Perbandingan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>/NaOH = 1,5, Molaritas NaOH = 10 M, Fly Ash tipe C dari CV. Dwi Mitra Surya, Pengujian beton pada usia 7, 21 dan 28 hari, *water solid ratio* = 0,35, jumlah pasir, *sodium silicate* (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), Jumlah *sodium hidroxide* (NaOH) dan air, alat-alat pengujian paving stone, serta tempat pengujian beton (Laboratorium beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya) yang mana hal-hal tersebut harus diperlakukan sama pada setiap perlakuan.

#### 3. Peralatan Penelitian

- Timbangan/ Neraca
- Ayakan
- Gelas ukur
- Timbangan
- Sarung tangan
- Masker
- Wadah
- Cetok semen
- Alat cetak hidrolis
- Bak *curing*
- Alat uji tekan (*Hidraulic Universal Testing Machine*)



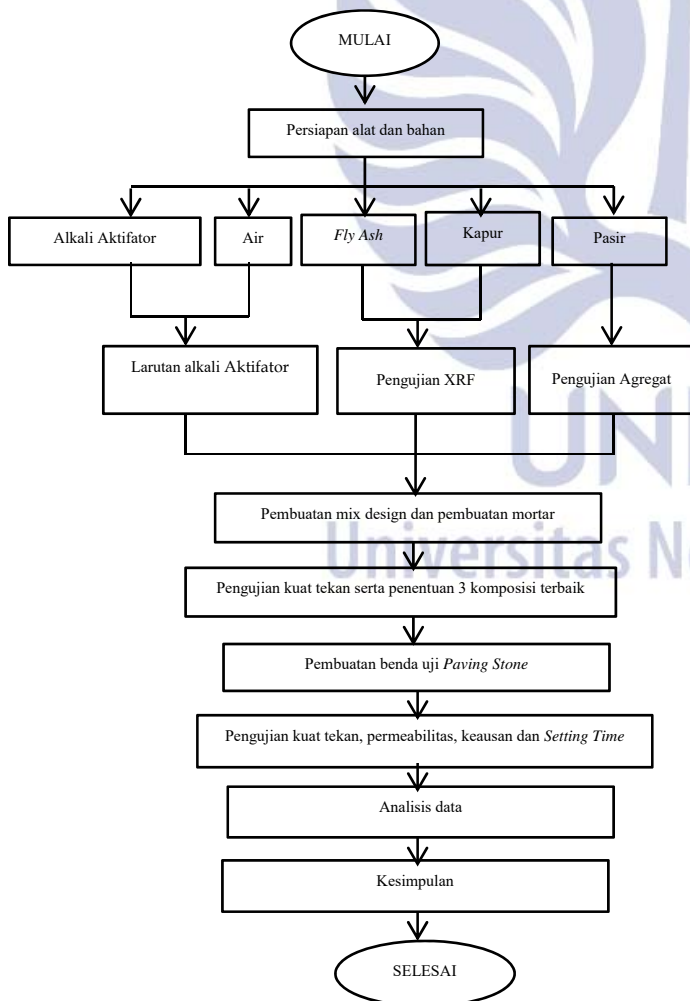
**4. Bahan Penelitian**

- a. Air
- b. Pasir
- c. Kapur
- d. Abu terbang (*Fly Ash*)
- e. Alkali Aktifator ( $\text{NaOH}$  dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )

**5. Standar pengujian**

Standar pengujian adalah acuan yang digunakan dalam melakukan penelitian. Standar ini penting, agar hasil penelitian yang dilakukan dapat diakui dan diterima dalam masyarakat. Standar yang digunakan dalam penelitian ini adalah SNI 03-0691-1996. Standart/ aturan tersebut digunakan dalam pengklasifikasian paving berdasarkan uji kuat tekan, penyerapan (permeabilitas) dan keausan.

**6. Tahap dan Prosedur Penelitian**



Gambar 1. Flowchart penelitian

Tabel 2. Rencana Komposisi Mortar

Campuran	Control	BU 1	BU 2	BU 3	BU 4	BU 5	BU 6
Semen	1	0	0	0	0	0	0
FA	-	100 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %
Kapur	-	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
Pasir	3	3	3	3	3	3	3
Aktifator	35 %	35 %	35 %	35 %	35 %	35 %	35 %
Usia	7, 14, 28 Hari	7, 14, 28 Hari	7, 14, 28 Hari	7, 14, 28 Hari	7, 14, 28 Hari	7, 14, 28 Hari	7, 14, 28 Hari

**7. Metode Pengumpulan Data**

Metode penelitian merupakan cara atau pendekatan yang akan di tempuh dalam melaksanakan penelitian eksperimen atau non eksperimen. Data Primer pada penelitian ini didapat dari eksperimen yang akan dilaksanakan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya.

**8. Teknik Analisis Data**

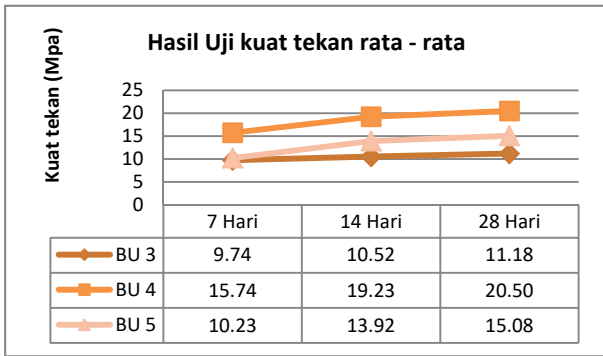
Data yang diperoleh berupa:

- a. Data pengujian kuat tekan.
- b. Data pengujian permeabilitas.
- c. Data pengujian keausan.
- d. Data pengujian *setting time*.

**D. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**1. Hasil pengujian kuat tekan**

Pengujian kuat tekan dilakukan pada usia 7, 14, dan 28 hari dengan sampel sebanyak 3 buah berbentuk kubus. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kekuatan paving dalam menerima beban persatuan luas.

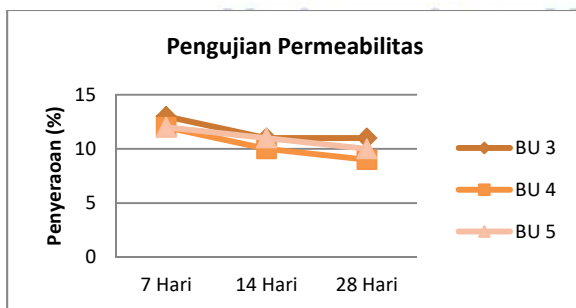


Gambar 2. Grafik perbandingan hasil kuat tekan rata-rata

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa grafik BU 4 menghasilkan kuat tekan rata - rata tertinggi dibandingkan dengan semua benda uji lainnya baik pada umur 7,14, dan 28 hari. Besar kekuatan rata - rata BU 4 adalah sebesar 15,74 MPa pada umur 7 hari lalu mengalami kenaikan menjadi 19,23 MPa pada umur 14 hari dan selanjutnya mengalami kenaikan kembali dengan kekuatan sebesar 20,50 MPa pada umur 28 hari. Hal ini sesuai dengan pengujian mortar normal terdahulu dimana benda uji 4 memiliki kuat tekan rata – rata tertinggi.

## 2. Hasil pengujian permeabilitas (Penyerapan)

Uji permeabilitas dilakukan dengan merendam benda uji seutuhnya dalam air bersih yang bersuhu ruangan selama 24 jam lalu dikeringkan dengan oven dan ditimbang untuk diketahui daya serapnya.



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Penyerapan dalam 3 Usia Pengujian

Dari tabel diatas didapatkan hasil uji penyerapan rata-rata pada paving adalah 10,85%.

Hal ini menunjukkan bahwa benda uji paving memiliki penyerapan air yang baik dimana menurut SNI 03-0349-1949 bata beton seharusnya memiliki penyerapan maksimal 35% untuk konstruksi memikul beban yang terlindungi dari cuaca luar, dan 25% untuk konstruksi memikul beban yang tidak terlindungi dari cuaca luar. Sesuai SNI 03-0691-1996 paving block, semua benda uji baik komposisi 3 tidak masuk dalam kategori paving menurut SNI karena penyerapan airnya sebesar 11%. Sedangkan untuk benda uji 4 dan 5 masuk kedalam klasifikasi paving mutu D.

## 3. Hasil pengujian aus

Pengujian ini dilakukan dengan menggosok benda uji dengan kertas gosok (amplas) pada salah satu permukaan selama satu menit untuk diketahui ukuran keausannya dengan menggunakan alat jangka sorong.

Tabel 3. Hasil pengujian ketahanan aus

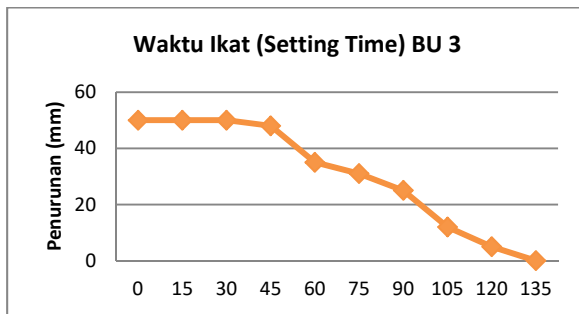
mm/menit	7 Hari	14 hari	28 hari
BU 3	0,20	0,20	0,10
	0,30	0,20	0,20
	0,30	0,20	0,20
<b>Rata-rata</b>	<b>0,27</b>	<b>0,20</b>	<b>0,17</b>
BU 4	0,20	0,2	0,10
	0,20	0,2	0,10
	0,20	0,1	0,20
<b>Rata-rata</b>	<b>0,20</b>	<b>0,17</b>	<b>0,13</b>
BU 5	0,30	0,30	0,20
	0,30	0,20	0,20
	0,30	0,20	0,10
<b>Rata-rata</b>	<b>0,30</b>	<b>0,23</b>	<b>0,17</b>

Dari tabel diatas didapatkan hasil uji keausan pada paving pada benda uji 3 usia 7 hari adalah 0,27 mm/ menit, 0,20 mm/menit pada umur 14 hari dan 0,17 pada umur 28 hari. Benda uji 4 usia 7 hari adalah 0,2 mm/ menit, 0,17 mm/menit pada umur 14 hari dan 0,13 pada umur 28 hari. Sedangkan benda uji 5 usia 7 hari adalah 0,3 mm/ menit, 0,23 mm/menit pada umur 14 hari dan 0,17 pada umur 28 hari. Sehingga dapat disimpulkan bahwa menurut SNI 03-0691-1996 paving block untuk benda uji 3,

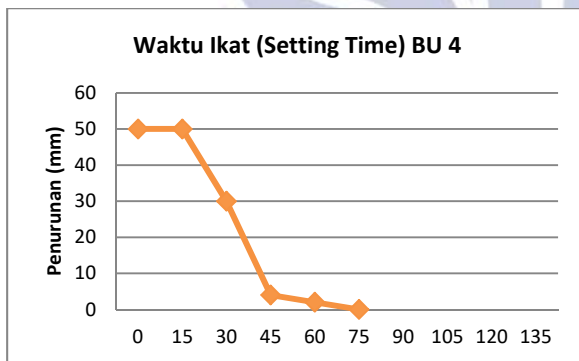
benda uji 4, maupun benda uji 5 dan masuk dalam kategori paving kelas B dimana dipergunakan untuk pelataran parkir dengan minimal ketahanan aus sebesar 0,13 mm/mnt.

#### 4. Hasil pengujian waktu ikat (*Setting Time*)

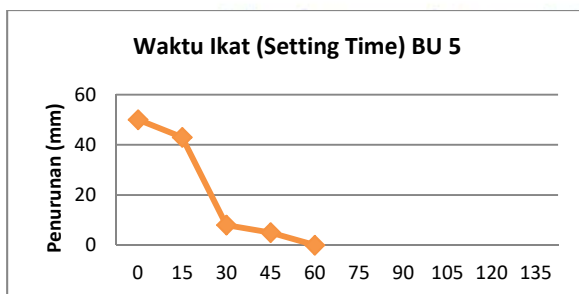
Pengujian dilakukan untuk mengetahui waktu pengikatan akibat bercampurnya bahan – bahan pengganti semen dengan alkali aktifator mulai dari bercampurnya air hingga pengerasan.



Gambar 4. Grafik waktu pengikatan BU 3



Gambar 5. Grafik waktu pengikatan BU 4

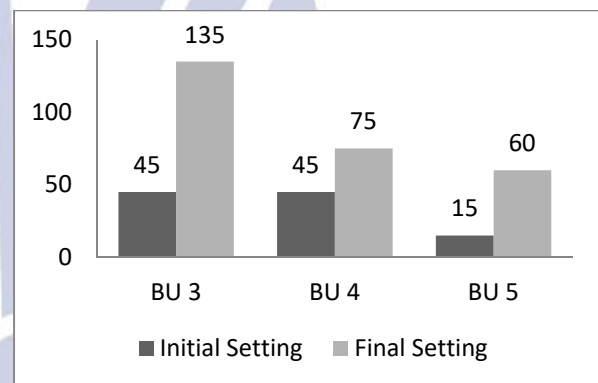


Gambar 6. Grafik waktu pengikatan BU 5

Dari ketiga grafik diatas didapatkan hasil uji waktu ikat (*setting time*) pada tiap – tiap komposisi berbeda. Proses pengujian waktu ikat (*setting time*)

dilakukan pada suhu normal ruangan sebesar 28°C-32°C .Semakin banyak perbandingan kapur yang digunakan maka akan semakin cepat proses *setting time* tersebut. Hal ini terlihat dari hasil pengujian dimana pada benda uji 3 didapatkan penurunan pada menit ke 45 sebesar 48 mm dan berakhir pada menit ke 135 dengan selisih terbesar 13 mm. Untuk benda uji didapatkan penurunan pada menit ke 30 sebesar 30 mm dan berakhir pada menit ke 75 dengan selisih terbesar 20 mm. Sedangkan pada benda uji 5 didapatkan penurunan pada menit ke 15 sebesar 43 mm dan berakhir pada menit ke 60 dengan selisih terbesar 35 mm.

#### 5. Hubungan *setting time* terhadap penambahan kapur



Gambar 7. Grafik variasi *initial setting* dan *final setting*

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak prosentase kapur yang digunakan, maka waktu pengikatan akan semakin cepat. Hal ini telah dijelaskan pada penelitian sebelumnya oleh Nath and Sarker pada tahun 2012, bahwa pada umumnya dalam kondisi suhu ruang, pasta *geopolymer* yang memiliki komposisi *fly ash* 100% membutuhkan proses waktu pengikatan yang sangat lama. Sehingga Nath and Sarker perlu menambahkan slag. Hal ini dikarenakan slag memiliki kandungan CaO yang tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa suatu material yang mempunyai CaO yang tinggi seperti halnya kapur yang dapat mempercepat proses pengikatan pasta

*geopolymer* dengan suhu normal ruangan tanpa dilakukan proses perendaman (*curing*) pada benda uji.

## 6. Hubungan antar hasil pengujian

Dari hasil data dan grafik bahwa menunjukkan kenaikan kekuatan seiring dengan bertambahnya usia benda uji. Untuk nilai uji kuat tekan menunjukkan grafik yang meningkat pada usia 7 hari ke 14 hari dan terus meningkat pada hari ke 28. BU 4 dengan komposisi *fly ash* dan kapur 70% : 30% memiliki nilai kuat tekan paling tinggi dimana pada usi ke 28 hari kuat tekan yang dimiliki sebesar 20,50 Mpa.

Untuk nilai permeabilitas, dari hasil grafik diatas diketahui bahwa dari usia 7 hari, 14 hari hingga 28 hari nilai yang dihasilkan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya umur. Semakin besar kuat tekan yang dihasilkan, maka nilai permeabilitas akan semakin kecil. Hal ini dapat ditunjukkan dari perbandingan grafik kuat tekan dan permeabilitas (penyerapan) dimana benda uji 4 yang memiliki nilai kuat tekan paling tinggi menghasilkan nilai permeabilitas paling kecil dibandingkan dengan benda uji lainnya.

Untuk nilai keausan, dari grafik diatas menunjukkan hasil yang baik karena nilai keausan cenderung menurun dari usia ke 7 hari hingga ke 28 hari. Semakin kecil nilai keausan yang dihasilkan maka paving tersebut memiliki kualitas yang baik karena dapat menahan gesekan – kesekan yang terjadi.

Untuk nilai waktu ikat (*Setting time*) semakin banyak komposisi kapur yang terkandung dalam suatu adonan paving, maka *setting time* yang dihasilkan cenderung lebih cepat. Hal ini karena kapur memiliki kandungan CaO yang tinggi yang dapat membantu proses pengikatan pasta pada suhu normal. Dari ketiga komposisi, benda uji 5 mendapatkan *setting time* paling cepat karena

memiliki kandungan kapur terbanyak dibandingkan dengan yang lainnya.

Dari hasil beberapa pengujian yang dilakukan, menurut pengamatan peneliti, benda uji 4 cenderung memiliki nilai kekuatan dan ketahanan yang paling baik dan stabil.

## E. KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Dari hasil analisa yang telah dibahas pada bab sebelumnya, penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Berdasarkan pada pembuatan dan pengujian benda uji paving peneliti menggunakan tiga komposisi. Dimana menggunakan komposisi benda uji 3 dengan perbandingan *fly ash* dan kapur sebesar 20% : 80% ; benda uji 4 dengan perbandingan sebesar 30% : 70% dan benda uji 5 dengan perbandingan 40% : 60%. Benda uji yang memiliki komposisi terbaik adalah benda uji keempat dengan perbandingan *fly ash* dan kapur sebesar 70% : 30%. Hasil kuat tekan yang dihasilkan adalah sebesar 20,50 Mpa dengan nilai permeabilitas sebesar 9% dan rata-rata keausan sebesar 0,13 mm/mnt.
- Pengaruh penambahan kapur terhadap pengujian yang dilakukan cenderung berbeda – beda. Dalam pengujian kuat tekan penambahan kapur akan memiliki nilai maksimal pada penggunaan perbandingan *fly ash* dan kapur sebesar 70% : 30%. Semakin besar nilai kuat tekan yang dihasilkan, maka nilai permeabilitas (penyerapan) akan semakin kecil.
- Berdasarkan hasil dan pembahasan benda uji sampel paving pada pengujian kuat tekan, permeabilitas (penyerapan), dan keausan peneliti dapat menyimpulkan bahwa benda uji dengan komposisi terbaik masuk dalam klasifikasi mutu paving menurut SNI tipe B.



Hal ini dikarenakan nilai kuat tekan dan nilai keausan menunjukkan angka minimal yang dijadikan sebagai standar dalam tipe tersebut. Walaupun nilai permeabilitas yang masuk kedalam paving tipe D, namun nilai permeabilitas (penyerapan) yang dihasilkan cenderung stabil dan baik.

## 2. Saran

Banyaknya faktor yang mempengaruhi hasil pengujian paving *stone geopolymer*, ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

- Pengujian kuat tekan hendaknya dilakukan di laboratorium khusus, karena nilai yang dihasilkan akan lebih akurat.
- Dalam pembuatan *paving stone*, disarankan untuk mencoba dengan metode pencetakan yang lainnya baik secara manual maupun dengan mesin vibrasi.
- Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan menggunakan konsentrasi molaritas NaOH yang lebih tinggi.
- Perlu dilakukan penelitian lain dengan penambahan cairan kimia tambahan untuk menambah kekuatan pada sampel benda uji paving.

## DAFTAR PUSTAKA

- Davidovits, Joseph. 2011. *Geopolymer Chemistry and Application 3<sup>rd</sup> Edition*. Saint-Quentin. Institut Geopolimere
- Davidovits, Joseph. 1991. "Geopolymer : Inorganic Polimeric New Material". Dimuat dalam *Journal of Thermal Analysis*. Vol. 37 (1633-1655)
- 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.
- Januarti, Jaya dan Triwulan. 2013. *Sodium Sebagai Aktivator Fly Ash, Trass dan Lumpur Sidoarjo dalam Beton Geopolimer*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Kosnataha, dan Utomo, JP. (2007). *Komposisi dan Karakteristik Brton Geopolimer Dari Fly Ash Tipe C dan Tipe F*. Surabaya: Fakultas Teknik dan Perencanaan Universitas Kristen Petra.
- Lisanton, Ade dan Pernandani, Yoseph. 2010. *Pengaruh Penambahan Kapur Padam Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Geopolymer*: Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 Sanur-Bali :S357-S364.
- Manuaha,Riger dkk. 2014. *Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)*. Manado: Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi.
- 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).
- Prasetyo, Ginanjar Bagus.2015. *Tinjauan Kuat Tekan Beton Geopolymer dengan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen*. Surakarta: Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Pujianto, As'at, dkk. 2013. *Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Bahan Utama Bubuk Lumpur Lapindo dan Kapur*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Rosanti, Wennt Masita. 2015. *Pemanfaatan Lumpur Lapindo dan Fly Ash sebagai Bahan Campuran pada Pembuatan Bata Beton Ringan*. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
- SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (*Paving Block*)



Wardhono, Arie, David. 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. 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. Law dan Thomas C.K. Molyneaux. 2016. *Flexural Strength of Low Calcium Class F Fly Ash Ash – Based Geopolymer Concrete in Long Term Performance*. Journal of Materials Science Forum, Vo.841, page 104 – 110.

