

**PEMANFAATAN LIMBAH FLY ASH BATUBARA UNTUK PEMBUATAN PAVING BLOCK GEOPOLIMER DENGAN VARIASI KONSENTRASI NaOH DAN RASIO NATRIUM SILIKA TERHADAP NATRIUM HIDROKSIDA ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ )**

**Wyda N Saragi<sup>1</sup>, Ahmad Fadli<sup>2</sup>, Drastinawati<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

[Wydasaragi27@gmail.com](mailto:Wydasaragi27@gmail.com)

**ABSTRACT**

*Paving block geopolymer is a material synthesized through a polymerization process which can be used in the construction, especially of homes, buildings and roads. The objective of this research are to determine the effect of the concentration of NaOH and sodium silica to sodium hydroxide ratio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3 / \text{NaOH}$ ) and characterization of geopolymer paving blocks made from coal ash. Paving block geopolymer prepared by mixing coal ash and fine aggregate and then added liquid activator (sodium hydroxide and sodium silica). Paving block pour into cube mould with size  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ . Subsequently the mixture put at room temperature for 24 hours and then dried at curing temperature of  $90^\circ \text{C}$  for 24 hours. Characteristic of geopolymer paving blocks ie compressive strength, density, porosity, morphology and TCLP test were determined. The compressive strength of paving block geopolymer increase with concentration NaOH and sodium silica to sodium hydroxide ratio. The obtained of compressive strength of paving block geopolymer of 13,730 MPa at concentration NaOH 10M and increase to 19,068 Mpa at concentration NaOH 14 M. The highest density of paving block geopolymer is  $2,17 \text{ gr/cm}^3$  at concentration NaOH 14 M.*

**Key words :** fly ash, geopolymer paving block, sodium hydroxide, sodium silicate

**1. Pendahuluan**

Beton merupakan campuran yang memiliki bahan dasar semen, air, kerikil dan pasir. Banyaknya campuran ini membuat para pengusaha industri mengembangkan berbagai macam semen dan yang paling umum digunakan pada pembuatan infrastruktur adalah semen portland. Semen ini merupakan semen hidrolisis hasil penghalusan dari klinker yang memiliki kandungan utama silika, kapur dan alumina pada suhu  $1550^\circ\text{C}$ . Walaupun biaya pemeliharannya cukup kecil dan menguntungkan dari segi ekonomi tapi hal lain yang timbul dan merugikan.

Bahan kimia tambahan dan material semen semakin marak dikembangkan pada era kini, salah satunya material geopolimer. Geopolimer memiliki komponen utama yaitu material aluminasilikat yang berasal dari material alami atau hasil produk seperti abu terbang (*fly ash*).

*Fly ash* mengandung beberapa logam berat seperti Fe, Mn, Zn, Cr dan Cd dimana logam tersebut tidak terurai dilingkungan sehingga perlu dicari alternatif pemanfaatan limbah *fly ash*. Pengolahan *fly ash* menjadi bata beton geopolimer (*paving block geopolimer*) terbentuk dengan proses geopolimerasi yang melibatkan proses

aktivasi dengan bantuan alkali aktivator sehingga menjadi lebih reaktif dan dapat mengikuti tahap-tahap polimerisasi. Alkali yang umum digunakan sebagai alkali aktivator adalah natrium atau kalium yang dapat menstabilkan monomer alumina silikat.

Inovasi pada formulasi geopolimer abu terbang (*fly ash*) telah banyak dilakukan untuk mengetahui kuat tekan yang mampu menggantikan beton konvensional (beton yang menggunakan semen portland). Abu layang (*fly ash*) merupakan suatu material dengan kandungan utama berupa silika dan alumina yang dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dengan adanya air sehingga menghasilkan suatu hidrat yang mempunyai sifat mengikat (*binding*), oleh karena itu abu layang ini disebut juga bersifat *pozzolanik*. Silika dan alumina dari abu layang sangat berperan dalam pembentukan rantai Si-O-Al dalam *paving block* geopolimer (Juharmito dkk, 2015).

Tujuan penelitian ini adalah membuat *paving block* geopolimer dari *fly ash* batubara sebagai bahan baku pembuatan *paving block*, mengetahui pengaruh konsentrasi NaOH dan rasio natrium silika terhadap natrium hidroksida ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ ) terhadap karakterisasi *paving block* geopolimer (kuat tekan, porositas, densitas, kristalinitas dan morfologi) dan melakukan uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) *paving block* geopolimer.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Abu terbang (*fly ash*) dari PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* bagian Boiler unit *Steam* sebagai bahan baku, Natrium Hidroksida (NaOH) (*Merck, Germany*), Natrium silikat (*waterglass*) [ $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ] (*Merck, Germany*), Aquades dan *Superplastitizer* (*Sikament-NN*, Indonesia)

### 2.2 Alat yang dipakai

Alat-alat yang digunakan adalah Gelas piala 20 mL, labu ukur 100 mL, labu ukur 1000 mL, cawan Petri, neraca analitik, pengaduk / *stirrer*, cetakan (*mould cube concrete*) berbentuk kubus  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ , oven, *mould* aluminium berbentuk balok  $30 \times 30 \times 5 \text{ cm}^3$ , peralatan atau instrumen untuk karakterisasi antara lain pengujian kuat tekan (*press concrete compressive strength*), *Spectroscopy Electron Microscopy* (SEM), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Rotary Agitator* dan *Atomic Absorption Spectroscopy*.

### 2.3 Variabel Penelitian

Variabel yang akan dilakukan pada penelitian ini terbagi atas variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap yang digunakan yaitu perbandingan massa *liquid activator* terhadap *fly ash* = 1 : 1 dan temperatur curing  $90^\circ\text{C}$ . Sementara variabel berubah yang digunakan adalah konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) 10 M, 12 M dan 14 M serta rasio *liquid activator* ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ ) 3 : 2; 4 : 2 dan 5 : 2.

### Prosedur Penelitian

Penelitian ini melalui beberapa tahapan dalam pengerjaannya, yaitu:

#### 1. Persiapan Bahan Baku dan Peralatan

*Fly ash* yang akan digunakan terlebih dahulu dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam untuk mengurangi kadar air didalamnya. Kemudian *mould* yang akan digunakan dilapisi pelumas. Sodium hidroksida yang akan digunakan yang berbentuk padatan dilarutkan dalam aquades pada konsentrasi yang telah ditentukan. Komposisi larutan hidroksida dan sodium silikat ditentukan karena konsentrasi mempengaruhi reaksi polimerisasi yang akan terjadi.

#### 2. Proses Pembuatan *Paving Block* Geopolimer

Langkah awal pada proses ini adalah

dengan mencampurkan *fly ash* yang telah dioven dan agragat halus (pasir) kemudian ditambahkan dengan aktivator alkali. Penggabungan tersebut diberi pengadukan dengan tujuan agar bahan tercampur dengan homogen. Setelah pengadukan, bahan tersebut dimasukkan kedalam mould berbentuk kubus berukuran  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$  yang telah dilapisi pelumas. Adonan dipadatkan agar campuran mengisi seluruh sisi mould. Mould yang telah berisi *paving block* geopolimer dilakukan *rest period* selama 24 jam. Kemudian, *paving block* diberi perlakuan temperatur *curing* pada suhu  $90^\circ \text{C}$  selama 24 jam. Selanjutnya *paving block* yang diperoleh akan dianalisa setelah 28 hari setelah diberi temperatur *curing* dan dikeringkan pada kondisi temperatur ruang.

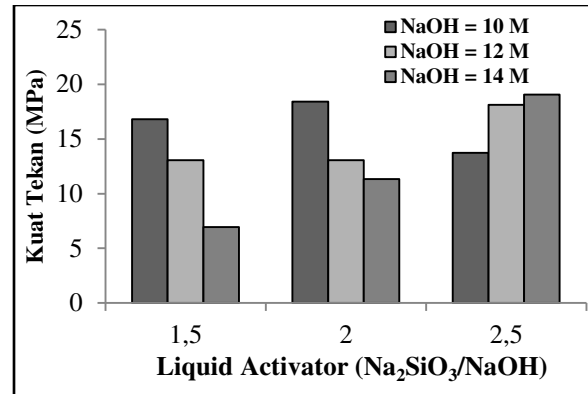
### 3. Karakterisasi *Paving Block* Geopolimer

Karakterisasi *paving block* geopolimer yang akan dilakukan yaitu analisa kuat tekan, analisa densitas dan porositas, analisa kristalinitas, analisa morfologi dan melakukan uji *Toxicity Characteristic Leached Procedure* (TCLP).

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Pengaruh Rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ dan Konsentrasi NaOH terhadap Kuat Tekan

Gambar 1 adalah hasil analisa kuat tekan *paving block* geopolimer dengan variasi konsentrasi NaOH dan rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ . Kuat tekan *paving block* geopolimer mengalami penurunan pada saat penambahan larutan aktivator 1,5 dan kemudian mengalami peningkatan pada larutan aktivator 2,0 dan 2,5.

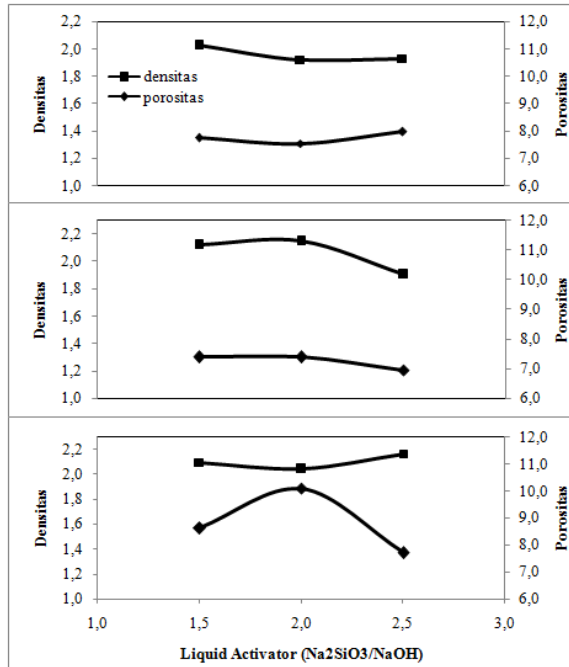


**Gambar 1** Grafik Pengaruh *Alkaline Activator* dan konsentrasi NaOH terhadap Kuat Tekan

Kuat tekan terendah sebesar 6,93 Mpa terdapat pada *paving block* dengan larutan aktivator 1,5 sedangkan kuat tekan tertinggi sebesar 19,068 terdapat pada *paving block* dengan larutan aktivator 2,5. Hadad dan Alshbuol [2016] menjelaskan bahwa komposisi *paving block* geopolimer dengan konsentrasi tertinggi akan menghasilkan kuat tekan yang tinggi. Hal ini dikarenakan NaOH yang digunakan berperan dalam pembentukan formasi geopolimerisasi. Ion  $\text{OH}^-$  dan  $\text{Na}^+$  pada larutan alkali bekerja secara aktif melarutkan unsur dan membentuk rangkaian *paving block* geopolimer.

### 3.2 Pengaruh Alkali Aktivator ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ ) terhadap Densitas (*Density*) dan Porositas (*Porosity*)

Gambar 2 menunjukkan pengaruh alkali aktivator terhadap densitas dan porositas pada suhu *curing*  $90^\circ\text{C}$ . Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa densitas mengalami kenaikan kecuali pada *paving block* ke 9 mengalami penurunan dengan konsentrasi NaOH 14 M dan perbandingan liquid activator 2,5.



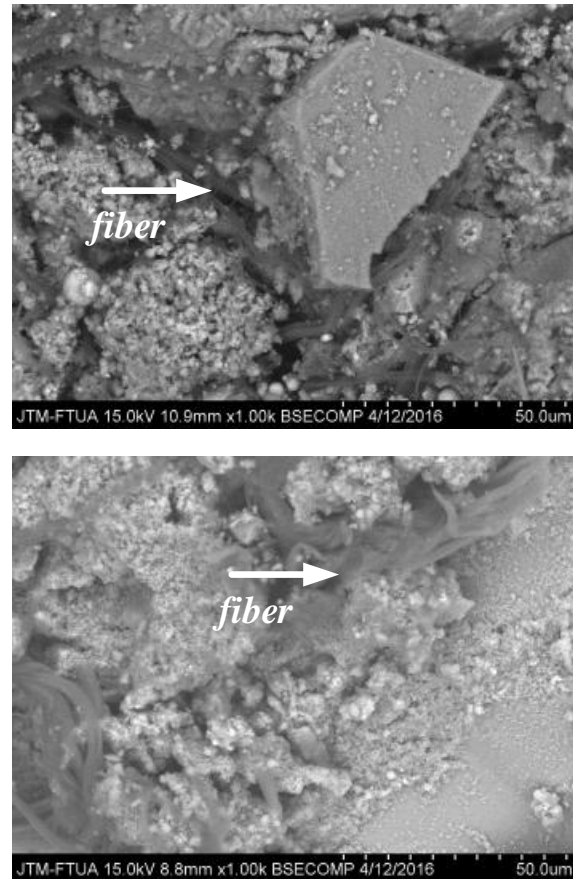
**Gambar 2** Hubungan densitas dan porositas pada paving block geopolimer (a) NaOH 10 M (b) NaOH 12 M (c) NaOH 14 M pada temperatur curing 90<sup>0</sup>C

Densitas tertinggi diperoleh pada paving block geopolimer ke 9 dengan konsentrasi NaOH 14 M dan liquid activator 2,5. Sementara porositas naik pada geopolimer paving block ke 2 dengan konsentrasi NaOH 10 M dan perbandingan alkali aktivator 2,0 sebesar 10,09% dan pada paving block geopolimer berikutnya mengalami penurunan namun tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Porositas yang rendah lebih baik daripada porositas yang tinggi karena porositas rendah memiliki kuat tekan yang tinggi dan terhindar dari retak (Januarti, 2013). Faktor lain yang mempengaruhi densitas dan porositas adalah pengadukan material dan kuat tekan yang diberikan pada saat mencetak paving block.

### 3.3 Morfologi

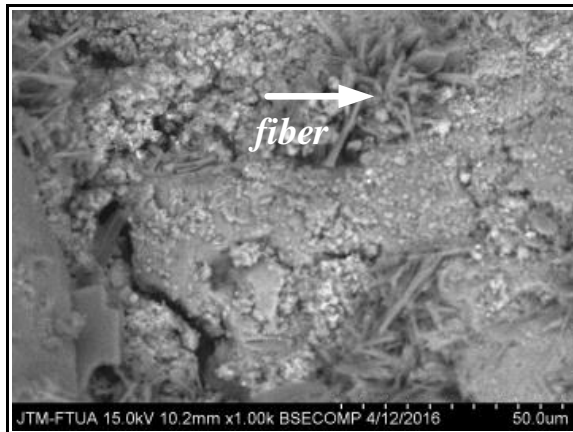
Analisa morfologi dilakukan pada sampel konsentrasi 10 dan 14 M dan rasio liquid aktivator 1,5 dan 2,5 yang memiliki

kuat tekan terendah dan tertinggi seperti ditampilkan pada gambar 3.



**Gambar 3** Morfologi paving block geopolimer a) 10 M dan b) 14 M

Analisa mikrostruktural dari permukaan paving block geopolimer memiliki struktur yang berbeda seperti terlihat pada gambar. Pada gambar terlihat dengan jelas fiber (serat) dan matrix (batuan) geopolimer. Paving block menunjukkan peningkatan jumlah fiber yang terbentuk pada permukaan. Kenaikan jumlah fiber yang terdapa dalam paving block geopolimer disebabkan oleh kenaikan konsentrasi NaOH yang digunakan. Pada pembentukan monomer, pemutusan rantai ikatan mineral Si-O-Al oleh OH<sup>-</sup> membentuk ion silikat lainnya yang kemudian dilanjutkan oleh pembentukan ion aluminat. Hal ini menyebabkan kelarutan Si selalu lebih tinggi dibanding Al.



**Gambar 4** Morfologi paving block geopolimer dengan rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  a) 1,5 dan b) 2,5 pada konsentrasi NaOH 14 M

Gambar 3 menunjukkan pengaruh konsentrasi natrium silika ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) yang digunakan dalam pembuatan *paving block* geopolimer. Peran  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dalam larutan aktivator juga berperan dalam meningkatkan kuat tekan karena mempercepat terjadinya reaksi pada proses polimerisasi. Beton yang mengandung sedikit  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dalam larutan NaOH pekat tidak dapat mencapai kuat tekan yang tinggi (Januarti, 2013). Faktor lain yang mempengaruhi adalah pada permukaan *paving block* geopolimer terbentuk ruang yang lebar sangat jelas berada diantara bebatuan dan serat yang ada. Dalam hal ini, retak kecil dapat dilihat pada permukaan paving block sehingga ikatan antara fiber dan matrix tidak dapat dibentuk kembali sehingga kuat tekan akan mengalami penurunan (Alomayri, 2013).

### 3.4 Analisa Toxicity Characteristic Leaching Procedure (Analisa TCLP)

Uji TCLP dilakukan pada *paving block* geopolimer setelah sampel yang dikeringkan pada suhu ruang selama 28 hari. Hasil pengujian kandungan logam pada *paving block* bisa dilihat seperti Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Hasil analisa *toxicity characteristic leaching procedure* (TCLP) paving block geopolimer.

Parameter	Pada fly ash	GP 1 (mg/L)	GP 9 (mg/L)	PP 85/1999 (mg/L)
Kadmium	0,550	0,114	0,13	1
Timbal	1,620	1,154	1,654	5
Seng	3,136	3,091	3,682	50

Dari tabel diatas terlihat bahwa hasil analisa AAS menunjukkan abu terbang yang diuji mengandung logam berat Cd, Pb, Zn diatas ambang batas yang diizinkan oleh PP No.85 Tahun 1999. Namun jumlah limbah B3 mengalami penurunan setelah menjadi paving block. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa geopolimer mempunyai kemampuan untuk mempertahankan unsur-unsur logam berat yang ada didalam bahan baku berupa abu terbang dengan diimmobilisasi oleh matrik beton geopolimer (Dedi dkk, 2015).

### DAFTAR PUSTAKA

- Adisty, D., 2009, Sintesis Geopolimer Berbahan Baku Abu Terbang ASTM Kelas C, *Skripsi*, Universitas Indonesia
- Alomayri, T., dan Shaikh, F. U.A., 2013, Thermal and Mechanical Properties of Cotton Fabric-Reinforced Geopolymers Composites, *Department of Civil Engineering*, 48 : 6746-6752
- ASTM C 618-12a., 2012. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, United States
- Chindaprasirt, P., Silva, P.D., Sagoe, K.C., Hanjitsuwan, S., 2012, Effect of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  on the Setting and Hardening of High Calcium Fly Ash-Based on Geopolymer Systems, *Department of Civil Engineering, Sustainable Infrastructure Research and Development Center*, 4876-4883

- Davidovits, J., 1999, *Proceeding 2<sup>nd</sup> International Conference Geopolymer*. Universite de Picarde, France
- Dedi, S., Fadli, A., dan Drastinawati, 2015, *Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (Fly Ash) Batubara Sebagai Bahan Pembuatan Beton Geopolimer*, *Skripsi*, Universitas Riau
- Julharmito., Fadli, A., dan Drastinawati, 2015, *Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (Fly Ash) Batu Bara Sebagai Bahan Pembuatan Beton Geopolimer*, *Skripsi*, Universitas Riau
- Ditjen Mineral dan Batubara., 2015, *Produksi Batubara (PKP2B & BUMN) / Tahun 2014*. Diakses tanggal 14 November 2015 [www.minerba.esdm.go.id/public/38477/produksi-batubara/produksi/2014/2016]
- Fernandez-Jimenez, A., dan Palomo, A., 2005, *Composition and microstructure of alkali activated fly ash binder: Effect of the activator*. *Cement and Concrete Research*. 35:1984-1992.
- Hadad, R.H., dan Alshbuol, O., 2016, *Production of Geopolymer Concrete Using Natural Pozzolan : A Parametric Study*, *Construction and Building Materials*, 699-707
- Januarti, J., Y., 2013, *Pengaruh Molaritas Aktifator Alkalin Terhadap Kuat Tekan Mekanik Beton Geopolimer dengan Tras Sebagai Pengisi*, *Seminar Nasional X Teknik Sipil Surabaya*, 847-856
- Jeyalakshmi, R., Dhinesh, M., Baskar Sundara, R., Rajamane, N.P., 2015, *Geopolymer : Portland Cement Free Binder System From Industri Wastes*, *Internationall Journal of ChemTech Research*, 2846-2854
- Julharmito., Fadli, A., dan Drastinawati, 2015, *Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (Fly Ash) Batu Bara Sebagai Bahan Campuran Beton Geopolimer*, *Skripsi*, Universitas Riau
- Khairizal, Y., 2014, *Sertifikat analisis Abu batubara(fly ash) Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau*, Pusat Sumber Daya Geology Bandung
- Kushal, G., 2012, *Effect of Synthesizing Parameters on Compressive Strength of Fly Ash Based Geopolymer Paste*, *International Journal of Structural and Civil Engineering*, 2277-7032
- Nessya, A.P., 2012, *Optimasi Nilai Kuat Tekan Fleksural Geopolimer Abu Terbang Suralaya Dengan Variabel Alkali, Konsentrasi Alkali Dan Suhu Curing*, *Skripsi*, Universitas Indonesia
- Pandiangan, J. A., 2013. *Ketahanan beton mutu tinggi di lingkungan asam*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Parthiban, K.S., (2014). *Effect of sodium hidroxide cocentration and alkaline ratio on the compressive strength of slag based on geopolymer concrete*. *International Journal of ChemTech Research*, 6 : 2446-2450.
- Swastika, N., 2010, *Ketahanan Beton Geopolimer Berbahan Abu Terbang Dan Metakaolin Terhadap Paparan Air Laut ASTM*, *Skripsi*, Universitas Indonesia
- SNI 03-0691-1996, *Bata Beton (Paving Block)*, *Badan Standarisasi Nasional*, Bandung
- Yulia, P.W., Januarti, J.E., Triwulan., 2014, *Paving Geopolimer dari Coal Ash Limbah Pabrik*, *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW)*, 33-42
- Wardani, S.P.R., 2008, *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan Semarang*, *Skripsi*, Universitas Diponegoro