

# Pemanfaatan Limbah Padat *Spent Bleaching Earth* pada PT. SMART Tbk. Surabaya Sebagai Pengganti Agregat Halus pada Campuran Beton

Moch. Luqman Ashari, Denny Dermawan, Refin Bagus Sunarya  
Jurusan Teknik Permesinan Kapal  
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya  
Surabaya, Indonesia

**Abstract**— PT. Sinar Mas Agro Resources And Technology (SMART) Tbk Surabaya merupakan salah satu pabrik pengolahan minyak kelapa sawit terbesar di Indonesia yang menghasilkan limbah padat *Spent Bleaching Earth* (SBE) mencapai 737,19 Ton dalam satu bulan. SBE tersusun dari beberapa komposisi kimia yang salah satunya berupa  $\text{SiO}_2$  dengan prosentase mencapai 83,05%.  $\text{SiO}_2$  yang biasa dikenal dengan debu silika berpotensi menyebabkan penyakit silikosis apabila terlalu sering dihirup oleh pekerja. Di sisi lain,  $\text{SiO}_2$  merupakan salah satu senyawa penyusun semen Portland. Oleh karena itu perlu diadakan penelitian tentang pengolahan dan pemanfaatan limbah SBE di PT. SMART Tbk. Surabaya sebagai bahan campuran pembuatan beton.

Pada penelitian ini, SBE digunakan sebagai pengganti agregat halus dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Pengujian yang dilakukan adalah *fineness modulus* dan uji kuat tekan. Metode *mix design* yang digunakan yaitu SNI 03-2834-2000 dengan kuat tekan beton rencana  $f'_c=28,5$  MPa dan nilai slump  $12 \pm 2$  cm. Penelitian ini menunjukkan bahwa beton dengan campuran SBE yang memenuhi kuat tekan rencana adalah beton SBE 10% dan SBE 20% dengan nilai kuat tekan masing-masing sebesar 34,16 MPa dan 29,06 MPa.

**Keywords**— *Spent Bleaching Earth; agregat halus; minyak sawit; Uji kuat Tekan*

## I. PENDAHULUAN

Pembangunan disektor kemaritiman khususnya bidang infrastruktur perlu terus ditingkatkan seperti pembangunan dermaga, bangunan pantai, bangunan pemecah gelombang, jalan akses dan prasarana lainnya. Tanpa disadari perlu gagasan dan ide dalam membuat inovasi material baru, yang bisa untuk menggantikan material yang sudah ada. Berpijak dari pemikiran tersebut, tercetuslah gagasan untuk menggunakan material limbah padat B3 hasil pengolahan Pabrik PT. Smart Tbk sebagai campuran beton pengganti agregat halus. Hal ini dikarenakan perusahaan tersebut menghasilkan limbah padat *Spent Bleaching Earth* (SBE) mencapai 737,19 Ton dalam satu bulan. *Spent Bleaching Earth* (SBE). Berdasarkan Lampiran I PP No. 101 Tahun 2014 Tabel 4, SBE termasuk dalam daftar limbah B3 dari sumber spesifik khusus dengan kategori bahaya 2. Industri menyediakan TPS di area pabrik dan melimpahkan pengelolaan limbah tersebut ke vendor pengelolaan Limbah B3.

*Spent Bleaching earth* (SBE) terdiri dari beberapa jenis antara lain: Ca-bentonit, *simnit* dan arang aktif. Pada umumnya industri *refinery* minyak nabati di Indonesia menggunakan Ca-bentonit sebagai *bleaching agent* pada proses *bleaching Crude Palm Oil* (CPO). Bentonit atau  $(\text{MgCa})\text{OAl}_2\text{O}_3\cdot 5\text{SiO}_2\cdot 8\text{H}_2\text{O}$  adalah jenis mineral lempung, dengan komposisi kimianya  $\pm 80\%$  terdiri dari mineral *monmorillonite* (pembangun struktur bentonit)  $(\text{Na.Ca})_{0,33}, (\text{Al.Mg})_{12}\text{Si}_4\text{O}_{10}, (\text{OH})_{2,n}\text{H}_2\text{O}$  (Rouquerol, 1999). Bahan galian ini bersifat lunak, dengan tingkat kekerasan satu pada skala Mohs, berat jenisnya berkisar antara 1,7–2,7, mudah pecah, terasa berlemak bila dipegang, mempunyai sifat mengembang apabila kena air (Szostak, 1992).

Beberapa penelitian sejenis telah dilakukan oleh Kurniasari (2008); Silitonga (2008); Syamsiah (2008); Li et al (2014) telah mempelajari konsentrasi unsur-unsur logam berat pada limbah dapat diturunkan dengan metode solidifikasi. Pada penelitian lain Asavapisit et al., (2001); Mohamed (2011); Susanti (2011), Dewi et al (2016), Dermawan dan Ashari (2016) telah dijelaskan penambahan debu silika dapat meningkatkan nilai kuat tekan campuran beton.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. *Spent Bleaching Earth* (SBE)

*Bleaching Earth* (BE) adalah nama dagang dari bentonite. BE merupakan bahan pemucat yang berfungsi sebagai absorben yang bertugas untuk menyerap unsur-unsur pembawa warna yang terdapat pada CPO. CPO semula berwarna orange kemerahan namun setelah melewati tahapan *bleaching*, warna CPO berubah menjadi kuning pucat. Jumlah BE yang dibutuhkan pada proses *bleaching* berbanding lurus dengan kuantitas dan kualitas produk yang ingin dihasilkan.

Tabel 1. Unsur Kimia Pada SBE

Komponen	Persentase (%)
$\text{SiO}_2$	83,05
$\text{Al}_2\text{O}_3$	3,93
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	3,57
CaO	0,41

Sumber: Hasil uji lab, 2017.

## B. Beton

Beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen dan air. Pembuatan beton pada saat ini telah banyak mengalami modifikasi seperti pembuatan beton dengan campuran bahan pembantu dimana mengalami peningkatan kuat tekan terhadap beton normal.

## C. Semen

Semen Portland adalah bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai bahan tambahan. Fungsi semen portland adalah sebagai perekat butir-butir agregat sehingga terjadi suatu massa yang padat. Jika semen portland dicampur dengan air, dalam beberapa waktu dapat menjadi keras. Campuran antara air dengan semen portland tersebut dinamakan pasta semen. Semen portland dibuat dengan memanaskan suatu campuran yang terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina, oksida, besi, dan oksida-oksida lain secara baik dan merata (Utomo, 2010).

## D. Agregat Halus

Pasir yang digunakan dalam campuran beton jika dilihat dari sumbernya dapat berasal dari sungai atau dari galian tambang (quarry). Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan. (Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971).

## E. Agregat Kasar

Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5mm.

## F. Air

Agar kestabilan dan kekuatan campuran beton terpenuhi, maka salah satu cara adalah dengan meninjau atau menetapkan faktor air semen (fas) yang digunakan dalam adukan. Air berfungsi untuk reaksi semen memulai pengikatan serta menjadi pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan di padatkan.

### 2.1. Perhitungan modulus kehalusan

Modulus kehalusan dari suatu agregat halus yang digunakan pada campuran beton sebaiknya tidak kurang dari 2,3 dan tidak lebih dari 3,1. Perhitungan modulus kehalusan menggunakan formula sebagai berikut:

$$FM = \frac{K}{100} \quad (2.1)$$

Dimana:

- FM = *Fineness Modulus*
- K = Jumlah % kumulatif tertahan sampaiayakan 0,15 mm

### 2.2. Perhitungan berat jenis agregat

Perhitungan berat jenis agregat digunakan sebagai dasar perhitungan proporsi campuran pada saat *mix design*. Perhitungan berat jenis agregat menggunakan formula sebagai berikut:

$$\rho = \frac{W}{V_2 - V_1} \times SG \quad (2.2)$$

Dimana:

- $\rho$  = Berat jenis agregat (g/ml)
- W = Berat agregat (g)
- $V_1$  = Volume cairan (ml)
- $V_2$  = Volume cairan + agregat (ml)
- SG = *Specific gravity* cairan

### 2.3. Perhitungan kadar semen

Kadar semen merupakan jumlah semen yang dibutuhkan per  $m^3$  beton. Nilai kadar semen dihitung menggunakan formula berikut ini:

$$K_s = \frac{K_a}{FAS} \quad (2.3)$$

Dimana:

- $K_s$  = Kadar semen ( $kg/m^3$ )
- $K_a$  = Kadar air bebas ( $kg/m^3$ )
- FAS = Faktor air semen

### 2.4. Perhitungan kadar agregat gabungan

Perhitungan kadar agregat gabungan menggunakan formula sebagai berikut:

$$B_{Ag} = BJ_B - K_s - K_a \quad (2.4)$$

Dimana:

- $B_{Ag}$  = Kadar agregat gabungan ( $kg/m^3$ )
- $BJ_B$  = Berat jenis beton ( $kg/m^3$ )
- $K_s$  = Kadar semen ( $kg/m^3$ )
- $K_a$  = Kadar air ( $kg/m^3$ )

## III. METODOLOGI

Langkah langkah yang dilakukan dalam penelitian Studi Pemanfaatan Limbah Padat Industri Pengolahan Minyak Kelapa Sawit *Spent Bleaching Earth* Sebagai Pengganti Agregat Halus pada Campuran Beton Adalah sebagai berikut:

- Mengidentifikasi potensi pemanfaatan limbah SBE sebagai bahan campuran beton.
- Mempersiapkan alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini. Persiapan meliputi mempersiapkan cetakan silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm sebanyak 30 buah, mesin uji kuat tekan

- c. Memeriksa bahan-bahan yang akan digunakan meliputi:
  1. Pemilihan agregat kasar. Agregat kasar yang dipilih berasal dari paserpan dengan ukuran 5-10 mm dan 10-20 mm.
  2. Pemilihan agregat halus dari limbah SBE. Agregat halus dipilih dengan cara diayak dengan menggunakan ayakan 4.75mm, 2.36mm, 1.19mm, 0.60mm, 0.30mm, 0.15mm, 0.075mm. Pemilihan agregat halus ini disesuaikan dengan standart PBI 1971.
  3. Perencanaan komposisi SBE. Komposisi yang digunakan ada lima. Tujuan dari adanya variasi ini adalah untuk mengetahui komposisi yang terbaik guna menghasilkan kuat tekan yang sesuai dengan SNI 03-2834-2000. Adapun komposisi yang akan digunakan adalah sebagaimana terdapat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Variasi Komposisi Campuran SBE dengan Agregat Halus

Komposisi	SBE	Agregat Halus
Blangko/Kontrol	0%	100%
Komposisi 1	10%	90%
Komposisi 2	20%	80%
Komposisi 3	30%	70%
Komposisi 4	40%	60%

- d. Pembuatan benda uji. Benda uji dibuat dengan cara mencampurkan semen, agregat kasar, komposisi agregat halus dan limbah SBE yang telah ditentukan, beserta air. Semua bahan dicampur dengan rata lalu isikan campuran beton yang akan dibuat benda ujinya ke dalam cetakan secara bertahap 3 (tiga) lapis. Masing-masing ditumbuk sebanyak 25 kali. Beton dikeringkan dengan cara di angin-anginkan dan tandai masing-masing sampel
- e. Perendaman. Kegiatan dilakukan pada bak-bak perendaman yang terhindar dari matahari dengan tujuan mengurangi penguapan dan menghindari keretakan pada beton. Perendaman dilakukan selama 7 dan 28 hari.
- f. Pengujian kuat tekan. Kegiatan dilakukan menggunakan alat *universal testing machine*. Pembebanan dilakukan hingga benda uji retak/hancur sehingga didapatkan kekuatan maksimal dari beton

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 3.1 Analisis Gradasi

Analisis gradasi dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir material SBE dan juga sebagai dasar perhitungan modulus kehalusan (*fineness modulus*). Pengujian gradasi

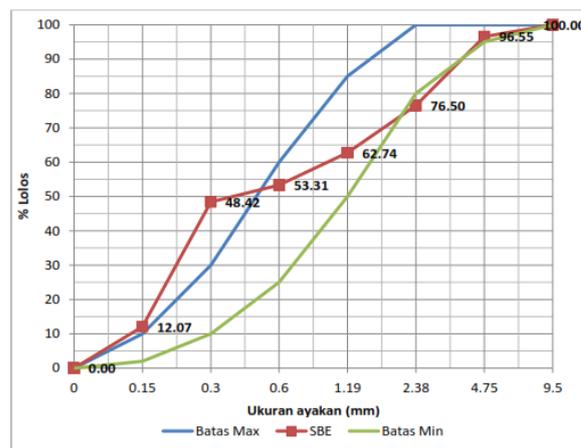
agregat halus dan penentuan batas minimum dan maksimum yang ideal berdasarkan pada standar ASTM C33 “*Standard Specification for Concrete Aggregates*”.

Hasil pengujian gradasi material SBE dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 1 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Gradasi *Spent Bleaching Earth*

Ukuran ayakan (mm)	Berat Tertahan (g)	% Tertahan	% Kumulatif Tertahan	% Lolos
4,75	34,5	3,45	3,45	96,55
2,38	200,5	20,05	23,5	76,5
1,19	137,6	13,76	37,26	62,74
0,60	94,3	9,43	46,69	53,31
0,30	48,9	4,89	51,58	48,42
0,15	363,5	36,35	87,93	12,07
0,075	117,0	11,7	99,63	0,37
Pan	3,7	0,37	100	
Jumlah	1000			

Sumber: Hasil uji lab, 2017.



Gambar 1. Gradasi *Spent Bleaching Earth*

Grafik hasil analisis gradasi SBE di atas menunjukkan bahwa pola distribusi ukuran butir SBE secara umum berada pada rentang batas maksimum dan minimum yang ideal menurut standar ASTM C33 “*Standard Specification for Concrete Aggregates*”. Akan tetapi pada ayakan dengan ukuran 0,3 mm prosentase lolos SBE mencapai 48,42% yang menunjukkan bahwa SBE memiliki ukuran butir yang sangat halus.

##### 3.2 Perhitungan Modulus Kehalusan (*Fineness Modulus*)

Pada tabel 1 jumlah % kumulatif tertahan sampai ayakan 0,15 mm yaitu 3,45 + 23,5 + 37,26 + 46,69 + 51,58 + 87,93 = 250,41.

$$\begin{aligned}
 FM &= \frac{250,41}{100} \\
 &= 2,5041
 \end{aligned}$$

### 3.3 Pengujian Berat Jenis Agregat

Diketahui:

$$- W = 32,5 \text{ gr}$$

$$- V_2 - V_1 = 20,9 \text{ ml}$$

$$- \times \frac{W}{V_2 - V_1} \rho L = 0,8$$

$$\rho = \frac{W}{V_2 - V_1} \times SG$$

$$= \frac{32,5 \text{ gr}}{20,9 \text{ ml}} \times 0,8$$

$$= 1,244 \text{ gr/ml}$$

### 3.4 Mix Design

Proporsi campuran untuk masing-masing komposisi dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Proporsi Campuran Setiap Komposisi

Material	Komposisi (kg/m <sup>3</sup> )				
	SBE 0%	SBE 10%	SBE 20%	SBE 30%	SBE 40%
Semen	489,13	489,13	489,13	489,13	489,13
Air	225	225	225	225	225
Kerikil 5-10	145,626	143,58	140,51	137,255	134,651
Kerikil 10-20	825,213	813,619	796,228	777,783	763,027
Pasir	595,03	528	459,304	392,581	330,114
SBE	0	58,667	114,826	168,249	220,076

### 3.5 Analisis Uji Kuat Tekan Beton

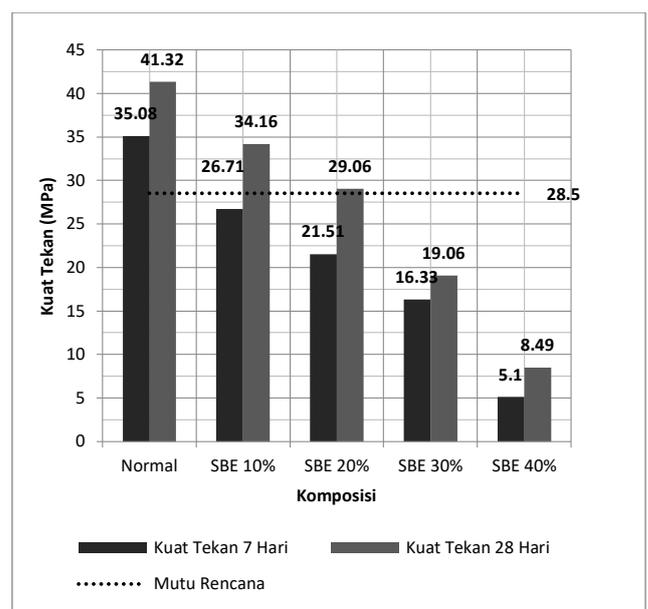
Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah beton direndam di dalam bak perendaman selama 7 dan 28 hari. Uji kuat tekan bertujuan untuk mengetahui apakah proporsi campuran pada masing-masing komposisi telah memenuhi mutu yang direncanakan yaitu 28,5 MPa pada 28 hari. Hasil uji kuat tekan beton umur 7 hari dan 28 hari dapat dilihat pada tabel 5, tabel 6, dan gambar 2 berikut ini.

Tabel 5. Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Komposisi	Kode	Berat (kg)	Luas (mm <sup>2</sup> )	P (N)	F'ci (MPa)	F'cr (MPa)
Normal	A <sub>1</sub>	12,5	17662,5	627000	35,49	35,08
	A <sub>2</sub>	12,6	17662,5	632000	35,78	
	A <sub>3</sub>	12,5	17662,5	600000	33,97	
SBE 10%	B <sub>1</sub>	12	17662,5	470000	26,61	26,71
	B <sub>2</sub>	12	17662,5	465000	26,33	
	B <sub>3</sub>	12,1	17662,5	480000	27,18	
SBE 20%	C <sub>1</sub>	11,55	17662,5	390000	22,08	21,51
	C <sub>2</sub>	11,75	17662,5	380000	21,51	
	C <sub>3</sub>	11,5	17662,5	370000	20,95	
SBE 30%	D <sub>1</sub>	11,3	17662,5	295000	16,70	16,33
	D <sub>2</sub>	11,3	17662,5	285000	16,14	
	D <sub>3</sub>	11,2	17662,5	285000	16,14	
SBE 40%	E <sub>1</sub>	11	17662,5	95000	5,38	5,1
	E <sub>2</sub>	11	17662,5	85000	4,81	
	E <sub>3</sub>	10,8	17662,5	90000	5,1	

Tabel 6. Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Komposisi	Kode	Berat (kg)	Luas (mm <sup>2</sup> )	P (N)	F'ci (MPa)	F'cr (MPa)
Normal	A <sub>4</sub>	12,7	17662,5	700000	39,63	41,32
	A <sub>5</sub>	12,6	17662,5	725000	41,04	
	A <sub>6</sub>	12,4	17662,5	765000	43,31	
SBE 10%	B <sub>4</sub>	12,1	17662,5	600000	33,97	34,16
	B <sub>5</sub>	12	17662,5	615000	34,82	
	B <sub>6</sub>	12,15	17662,5	595000	33,69	
SBE 20%	C <sub>4</sub>	11,85	17662,5	520000	29,44	29,06
	C <sub>5</sub>	11,75	17662,5	505000	28,59	
	C <sub>6</sub>	11,7	17662,5	515000	29,16	
SBE 30%	D <sub>4</sub>	11,5	17662,5	345000	19,53	19,06
	D <sub>5</sub>	11,6	17662,5	330000	18,68	
	D <sub>6</sub>	11,6	17662,5	335000	18,97	
SBE 40%	E <sub>4</sub>	11	17662,5	145000	8,21	8,49
	E <sub>5</sub>	11	17662,5	150000	8,49	
	E <sub>6</sub>	10,8	17662,5	155000	8,78	



Gambar 2. Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari dan 28 Hari

### KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Pada dasarnya penggunaan SBE sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton dapat di terima terlihat dengan hasil pengujian analisa gradasi ASTM C33.
2. Berdasarkan hasil uji kuat tekan umur 28 hari, beton normal dan campuran limbah SBE 10%, 20%, 30%, dan 40% memiliki nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 41,32 MPa; 34,16 MPa; 29,06 MPa; 19,06 MPa; dan 8,49 MPa. Beton dengan komposisi SBE 10%, 20%, 30%, dan 40% mengalami penurunan kuat tekan terhadap beton normal berturut-turut sebesar 17,32%; 29,67%; 53,87%; dan 79,45 %. Beton dengan campuran SBE yang memenuhi kuat tekan rencana (28,5 MPa) adalah beton SBE 10% dan SBE 20% dengan nilai kuat tekan masing-masing sebesar 34,16 MPa dan 29,06 MPa.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah membiayai Penelitian ini dan kerjasama dengan PT. Smart Tbk Surabaya terkait dengan pengambilan sample material *Spent Bleaching Earth*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asavapisit, S., Nanthamonty, W., Polprasert, C. (2001). *Influence of Condensed Silica Fume on the Properties of Cement-Based Solidified Wastes*. Cement and Concrete Research, Vol. 31, pp. 1147-1152.
- [2] Aswad, N. (2013). *Penggunaan Limbah Las Karbit Dan Fly ash Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Paving Block*. *Metropilar*, Vol. 11.
- [3] *Badan Standarisasi Nasional, (2000), Standart Nasional Indonesia nomor 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Republik Indonesia.
- [4] *Badan Standarisasi Nasional, (2000), Standart Nasional Indonesia nomor 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. (2002). Jakarta: Republik Indonesia.
- [5] Budiarto. (2007). *Pengaruh Limbah Karbit dan Fly Ash Terhadap Kekuatan Mortar*. Bachelor Thesis, Universitas Kristen Petra
- [6] *Building Code Requirement for Structural Concrete (ACI 318-08) and commentary*. (2008). U.S.A: American Concrete Institute.
- [7] Connor, R.J. (1990). *Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Waste*. Mc. Graw-Hill Inc. United States.
- [8] Dermawan, D., Ashari, M.L. (2016). *Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting terhadap Limbah B3 Sandblasting dan Fly Ash sebagai Campuran Beton*. Seminar Nasional Maritim, Sains dan Teknologi Terapan 21 November 2016. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [9] Dewi, N. R., Dermawan, D., Ashari, M.L. (2016). *Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit dan Fly Ash sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (BSP) (Studi Kasus : PT. Varia Usaha Beton)*. *Jurnal Teknik Lingkungan UNDIP* Vol.13 / No.1 / Maret 2016. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [10] Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia N.I-2*. Bandung: Republik Indonesia.
- [11] Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Badan Penelitian dan Pengembangan (2002). *Metode, Spesifikasi, dan Tata Cara bagian 3 : Beton, Semen, Pengkerasan Beton Semen*. Jakarta.
- [12] Duggal, S.K.. (2008). *Bulding Materials*, Third Revised Edition. New Age International Publishes.
- [13] Gunawan., S. F. (2011). *Pemanfaatan Limbah Abu Terbang yang Ramah Lingkungan Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar*. Pusbalitbang Jalan dan Jembatan.
- [14] Guven, O., Ozdemir, O., Karaagaciloglu, I. E., Celik, M.S.. (2014). *Surface Morphologies and Floatability of Sand-Blasted Quartz Particles*. *Minerals Engineering*, Vol. 70, pp. 1-7..
- [15] *Hazardous Substance Fact Sheet*. (2009). United States: New Jersey Departemen of Health.
- [16] Madany, I. M., Raveendran, E. (1992). *Leachability of Heavy Metals from Copper Blasting Grit Waste*. *Waste Management & Research*, Vol. 10, 87-91
- [17] Madany, I. M., Al-Sayed, M. H., Raveendran, E. (1991). *Utilization of Copper Blasting Grit Waste as A Construction Material*. *Waste Management*, Vol. 11, pp 35-40.
- [18] Makaratat, N. e. (2010). *Effects of Calcium Carbide Residue–Fly Ash Binder on Mechanical Properties of Concrete*. *Journal of Materials in Civil*.
- [19] Muthoharoh, I (2012). *Self Healing Capability Beton Dengan Fly Ash Sebagai Pengganti Sebagian Semen Ditinjau Dari Workability, Kuat Tekan, dan Permeabilitas*. Universitas Sebelas Maret.
- [20] Ogunbode, E. B. (2013). *Feat of Blended Sorghum Husk Ash-Calcium Carbide Sludge Cment Laterized Concrete*. *Nigeria: School of Environmental Technology*.
- [21] *Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. (2014). Jakarta: Republik Indonesia.
- [22] Setyawan, D. (2012). *Pemanfaatan Beton Ringan Dari Agregat Pumice Dengan Penambahan Fly ash Sebagai Pengganti Beton Biasa Untuk Struktur Bangunan*. *Wahana Teknik Sipil* vol. 17 No.2 .
- [23] Sudarmaji, (2006). *Toksikologi Logam Berat B3 Dan Dampaknya*. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 2, No. 2 , Januari 2006:129 - 142 .
- [24] Susanti, R. (2011). *Teknologi BahanKonstruksi*. Medan: Institut Teknologi Medan.
- [25] Team Afiliasi dan Konsultasi Industri, *Keterangan Hasil Analisa Spent Bleaching Earth*, Surabaya: Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, 2014.
- [26] Tee, C. K., 2010. *Performance Of Spent Bleaching Earth As Cement Replacement In Concrete*, Pahang: University Malaysia Pahang.

Halaman ini sengaja dikosongkan