

KARAKTERISASI SIFAT MORFOLOGI DAN UNSUR KIMIA BATAKO DARI LIMBAH ABU BATUBARA DAN LIMBAH INDUSTRI KARET (*RUBBER SLUDGE*)

Hendri Faisal

Institut Kesehatan Helvetia Medan
hendri_faisal2002@yahoo.co.id

Abstrak : *Material abu terbang (fly ash) dan abu dasar (bottom ash) yang berasal dari sisa pembakaran batu bara dan rubber sludge dari industri karet merupakan limbah industri. Fly ash mengandung unsur kimia seperti silika, alumina, besi oksida, kalsium oksida, serta unsur logam lainnya yang memiliki sifat sebagai pengikat jika dicampur dengan air. Bottom ash dan rubber sludge juga berfungsi sebagai agregat untuk dapat mengurangi pemakaian pasir. Penambahan abu batubara dan rubber sludge adalah untuk mengetahui pengaruhnya terhadap densitas, dan daya serap batako. Persentase penambahan fly ash adalah 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari berat awal semen. Persentase penambahan bottom ash dan rubber sludge sebagai agregat adalah 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat awal pasir dengan waktu pengerasan selama 28 hari. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel abu batu bara mengandung logam berat Pb 0,75 ppm; Cr 0,16 ppm; Cu 0,21 ppm; dan sampel rubber sludge mengandung logam Zn sebesar 454,69 ppm. Untuk batako dengan variasi komposisi terbaik adalah 20% fly ash dan 5% agregat bottom ash dan sludge. Pada komposisi tersebut batako yang dihasilkan memiliki densitas 1,60 gr/cm³, dan penyerapan air = 18,9 8%.*

Kata Kunci : *Abu Batu Bara, Rubber Sludge, Logam Berat, Batako, Mikroskopik.*

1. PENDAHULUAN

Material *fly ash* yang berasal dari sisa pembakaran batu bara dan merupakan limbah industri, sampai saat ini masih belum ditemukan penggunaan yang tepat, sedangkan produksi limbah batu bara ini semakin meningkat dari tahun ke tahun. *Fly ash* memiliki potensi untuk dibuat bahan bangunan dengan mutu yang baik dan biaya produksinya relatif murah.

Abu terbang batubara (*fly ash*) memiliki sifat sebagai pengikat jika dicampur dengan air. Disamping itu juga merupakan pengikat pasir. Pasir silika mempunyai sifat *hidrophilic*, yaitu sifat yang dimiliki sebuah material untuk menarik dan mengikat air pada permukaannya. Sehingga jika abu terbang batubara (*fly ash*) dicampur dengan air dan pasir, maka terjadi ikatan di antara abu terbang batubara dan pasir

yang mengakibatkan berkurangnya celah atau pori-pori di antara butiran pasir, selain itu juga dapat ditambahkan abu dasar (*bottom ash*) dari limbah batubara tersebut sebagai agregat yang dapat mengurangi pemakaian pasir pada pembuatan batako tersebut. Bottom ash merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran pada pembangkit listrik tenaga uap yang secara kimia memiliki kesamaan dengan fly ash dan juga dapat berfungsi sebagai pengganti semen seperti halnya pada fly ash.

Selain limbah batubara limbah yang digunakan adalah limbah padat (*sludge*) industri pengolahan karet. Limbah ini berbentuk padatan yang diperoleh dari hasil pengolahan limbah cair melalui proses aerasi dan koagulasi, dimana limbah padat ini masih belum dimanfaatkan (terbuang begitu saja).

Lianasari (2013) telah memanfaatkan *fly ash* dan bubur kertas pada pembuatan batako dengan variasi penambahan bubur kertas sebanyak 10% - 50% dan penambahan *fly ash* sebanyak 10% menghasilkan batako dengan kemampuan menyerap air sebesar 22% lebih tinggi dari batako normal (masih memenuhi standar yang ditetapkan oleh PUBI 1982) dan menurut Zul Alfian (2017) bahwa *fly ash* yang merupakan limbah batubara dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan dalam pembuatan batako yang menghasilkan batako dengan kemampuan menyerap air sebesar 11,982%.

2. METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

H₂SO₄ (pekat), HNO₃ (pekat), limbah abu terbang batubara (*fly ash*), limbah abu dasar batubara (*bottom ash*), limbah padat industri karet (*sludge*), semen portland, pasir, aquades, neraca, ayakan, cetakan benda uji, alat mikroskop elektron, dan seperangkat alat gelas.

Prosedur

Analisis Logam B3 dengan ICP-AES

Sampel padat abu batubara (*fly ash* dan *bottom ash*) dan limbah padat (*sludge*) industri karet dihaluskan dan ditimbang sebanyak 0,5 gram, lalu ditambahkan 3 ml H₂SO₄ pekat, dipanaskan hingga mendekati kering, dan setelah dingin ditambahkan 10 ml HNO₃ pekat, kemudian setelah semua sampel larut, diencerkan dengan akuades dalam labu takar 50 ml hingga tanda batas. Sampel diuji dengan menggunakan Spektrometer ICP AES (Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometer).

Pembuatan Batako

Untuk menentukan komposisi bahan baku mengacu pada proporsi campuran agregat dalam beton yaitu sekitar 70% - 80% atau perbandingan semen terhadap agregat 1 : 4, sehingga sampel batako pada penelitian ini mengacu pada batako

standar dengan komposisi semen : pasir : air = 1 : 4 : 0,6. Sampel dibuat dalam 2 kategori yaitu sampel A adalah untuk mengetahui peranan *fly ash* sebagai pengikat dan sampel B adalah untuk mengetahui peranan *bottom ash* dan *sludge rubber* dalam kekuatan sampel. Pada penelitian ini digunakan variasi penambahan abu terbang batubara (*fly ash*) sebagai campuran semen (pengikat) dengan persentase penambahan *fly ash* adalah 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari berat awal semen. Persentase penambahan *bottom ash* dan *sludge* sebagai campuran pasir (agregat) adalah 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat awal pasir dengan waktu pengerasan selama 28 hari. Semen, *fly ash* dan pasir dicampur sesuai dengan proporsi rancangan diatas kemudian diaduk sampai campuran merata. Setelah itu tambahkan air kemudian diaduk sampai merata (untuk sampel A). Semen, *fly ash*, pasir, *bottom ash* dan *rubber sludge* dicampur sesuai dengan proporsi rancangan diatas kemudian diaduk campuran sampai merata. Setelah itu tambahkan air ke dalam adukan kemudian diaduk sampai merata (untuk sampel B). Pencetakan batako dilakukan setelah pencampuran dan pengadukan material. Adonan batako basah dimasukkan di dalam cetakan balok (12x3x3) cm dan cetakan kubus (5x5x5 cm), kemudian dipadatkan dengan alat press hidrolik, dikeluarkan dari cetakan dan dikeringkan selama 28 hari.

Uji Densitas

Sampel batako kering berbentuk kubus ditimbang diudara dan massanya dicatat sebagai masa kering (W_k) kemudian direndam dengan air selama 24 jam, dikeringkan dengan kertas koran dan ditimbang diudara, massanya dicatat sebagai masa basah (W_b), kemudian sampel uji ditimbang dalam air dan massanya dicatat sebagai massa dalam air (W_g) kemudian dihitung densitas sampel batako dengan rumus :

$$\text{densitas} = \frac{W_k}{W_b - W_g} \times \rho_{\text{air}}$$

Uji Serapan Air

Sampel batako kering berbentuk kubus ditimbang diudara dan massanya dicatat sebagai masa kering (W_k) kemudian direndam dengan air selama 24 jam lalu dikeringkan dengan kertas koran dan ditimbang diudara, massanya dicatat sebagai masa basah (W_b). Kemudian dihitung nilai serapan airnya dengan rumus persamaan :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\%$$

Uji Morfologi Dengan SEM

Sampel dilapisi dengan emas bercampur palladium dalam suatu ruangan bertekanan (*vacum evaporator*) 1492 x 102 atm, Kemudian disinari dengan pancaran elektron bertenaga ± 10 kV pada ruangan khusus sehingga mengeluarkan elektron sekunder dan elektron terpental yang dapat di deteksi oleh detektor *Scientor* yang diperkuat dengan suatu rangkaian listrik yang menyebabkan timbulnya *Cathode Ray Tube* (CTD). Hasil pemotretan dilakukan setelah memilih bagian tertentu dari objek (sampel) dan dilakukan perbesaran mencapai 100 kali, 500 kali, 1000 kali, dan 5000 kali sehingga diperoleh foto yang baik dan jelas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Logam B3 dengan ICP-AES

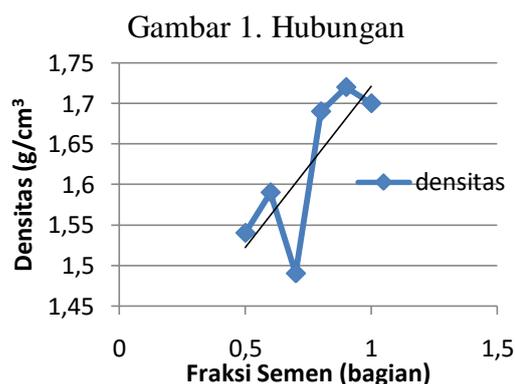
Hasil analisis pengujian logam berat pada sampel abu batubara (*fly ash* dan *bottom ash*) dan *sludge* limbah industri karet dilakukan dengan Spektrometer Emission ICP. Berdasarkan hasil uji logam tersebut terlihat bahwa limbah padat industri karet (*sludge*) mempunyai kandungan logam yang tinggi yaitu mengandung logam Zn sebesar 454,695 ppm (mg/l) sedangkan untuk abu batu bara kandungan logam beratnya masih kecil yaitu logam Pb, Cr dan Cu. Adapun hasil analisa logam dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Logam Berat Pada Sampel *Sludge* dan Abu Batu Bara

No	Parameter	Sludge (mg/L)	Abu Batubara (mg/L)
1	Zn	454,695	-
2	Pb	-	0,7359
3	Cd	-	-
4	Cr	-	0,1636
5	Cu	-	0,2077

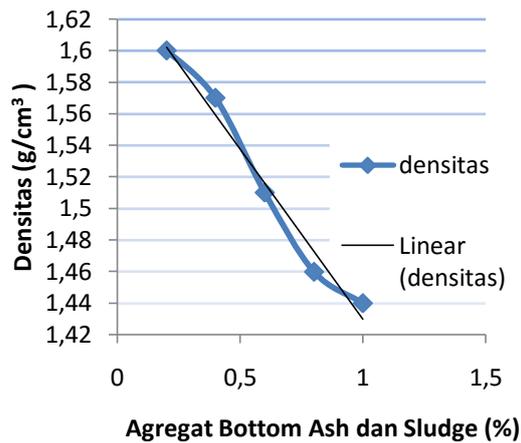
Hasil Pengujian Densitas

Pengujian densitas menggunakan prinsip Archimedes dan mengacu pada standar ASTM C-00-2005 dimana bertujuan untuk menentukan besarnya densitas sampel. Selanjutnya, dapat dilihat bahwa dari hasil pengukuran densitas, pengujian dilakukan setelah sampel berumur 28 hari dari mulai masa pencetakan.

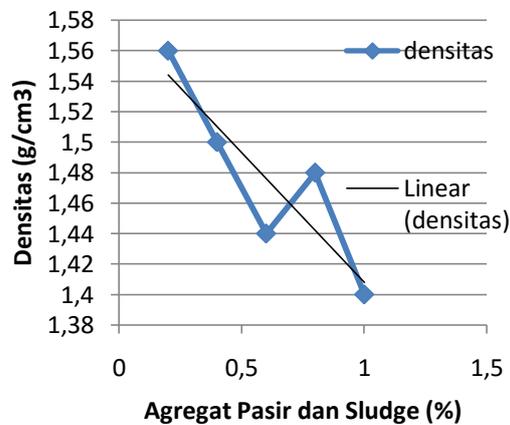


Fraksi Semen Dan Densitas Dengan Penambahan *Fly Ash* 0%, 10%,20%,30%,40% dan 50%

Dari grafik hasil pengukuran densitas pada uji sampel batako untuk komposisi *fly ash* 0% - 50% terhadap berat awal semen berkisar antara 1,49 g/cm³ – 1.70 g/cm³. Sedangkan nilai densitas batako dengan komposisi *fly ash* ditambah *bottom ash* dan limbah padat industri karet (*sludge*) diperoleh nilai antara 1,40 g/cm³ – 1,60 g/cm³. Penyebab turunnya nilai densitas ini adalah pada sampel batako dengan adanya penambahan *fly ash* sebagai campuran/aditif pada semen maka nilai densitas juga mengalami penurunan karena nilai densitas *fly ash* 0,66 g/cm³ lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai densitas semen 1,04 g/cm³.



Gambar 2. Hubungan Pesentase *Bottom Ash* dan *Slugde* Dengan Densitas Pada Komposisi Semen 80% dan *Fly Ash* 20%



Gambar 3. Hubungan Pesentase *Bottom Ash* Dan *Slugde* Dengan Densitas Pada Komposisi Semen 70% dan *Fly Ash* 30%

Dari grafik hasil pengukuran densitas pada uji sampel batako untuk komposisi *fly ash* 0% - 50% terhadap berat awal semen berkisar antara $1,49 \text{ g/cm}^3$ - $1,70 \text{ g/cm}^3$. Sedangkan nilai densitas batako dengan komposisi *fly ash* ditambah *bottom ash* dan limbah padat industri karet (*sludge*) diperoleh nilai antara $1,40 \text{ g/cm}^3$ - $1,60 \text{ g/cm}^3$. Penyebab turunnya nilai densitas ini adalah pada sampel batako dengan adanya penambahan *fly ash* sebagai campuran/aditif pada semen maka nilai densitas juga mengalami penurunan karena nilai densitas *fly ash* $0,66 \text{ g/cm}^3$ lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai densitas semen $1,04 \text{ g/cm}^3$. Hal ini juga disebabkan karena terjadinya reaksi eksotermal antara CaO dan SiO₂ pada semen yang akan menimbulkan

panas serta gelembung-gelembung gas yang terbentuk selama pencetakan, dan pada saat pengeringan gelembung-gelembung gas ini akan terurai. Dan juga disebabkan karena adanya *fly ash* pori-pori pada sampel akan semakin besar yang mengakibatkan kerapatan semakin berkurang, hal ini dapat diakibatkan karena *fly ash* mengandung CaO yang bersifat higroskopis.

Sedangkan pada sampel batako dengan penambahan *fly ash*, *bottom ash* dan *rubber sludge* densitasnya juga cenderung mengalami penurunan seiring dengan penambahan agregat *bottom ash* dan limbah padat industri karet (*sludge*) sebagai campuran pasir, hal ini karena nilai densitas *bottom ash* dan limbah padat industri karet (*sludge*) lebih kecil jika dibandingkan dengan dengan nilai densitas pasir dan juga dengan adanya *fly ash* sebagai campuran semen juga menambah penurunan nilai densitas batako.

Berdasarkan densitasnya, beton dapat diklasifikasikan antara lain : beton ringan dengan densitas $< 1,75 \text{ g/cm}^3$, medium dengan densitas $1,75 - 2,016 \text{ g/cm}^3$, dan beton normal dengan densitas $> 2,016 \text{ g/cm}^3$ (Carolyn Schierhorn, 2008).

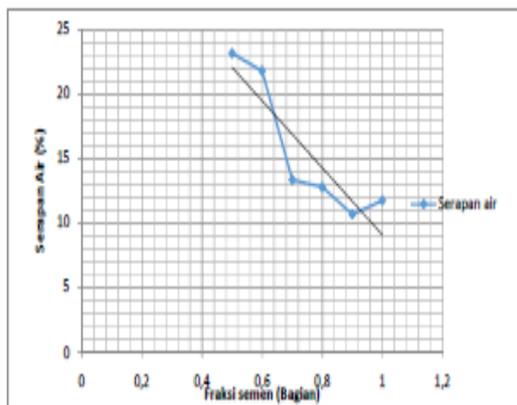
Dari hasil pengukuran seluruh sampel batako pada batako sampel A dengan waktu pengerasan 28 hari terlihat bahwa nilai densitasnya berkisar antara $1,49 \text{ g/cm}^3$ - $1,70 \text{ g/cm}^3$, dan pada sampel batako sampel B nilai densitasnya antara $1,40 \text{ g/cm}^3$ - $1,60 \text{ g/cm}^3$. Dengan membandingkan klasifikasi beton berdasarkan densitasnya maka dapat ditarik kesimpulan bahwa sampel batako tersebut termasuk pada kategori batako ringan.

Hasil Pengujian Serapan Air

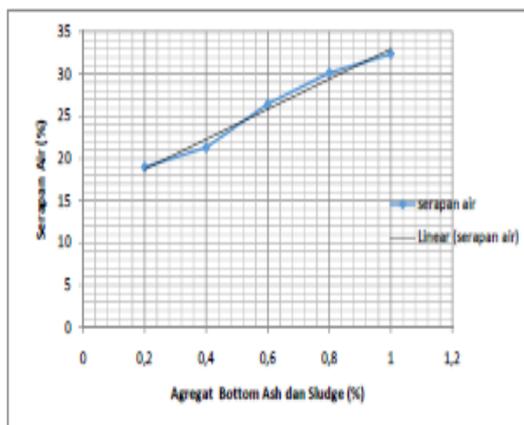
Pengujian penyerapan air ini mengacu pada ASTM C-20-00-2005 dimana bertujuan untuk menentukan besarnya persentase air yang terserap oleh sampel. Dimana diketahui bahwa serapan air sangat dipengaruhi oleh rongga-rongga udara yang terdapat dalam sampel

batako, sedangkan rongga-rongga udara tergantung pada kualitas pemadatan. Semakin banyak rongga berarti semakin banyak mengandung udara yang berarti semakin besar resapan air yang dialami sampel batako dan akhirnya sangat mempengaruhi kuat tekan dari batako.

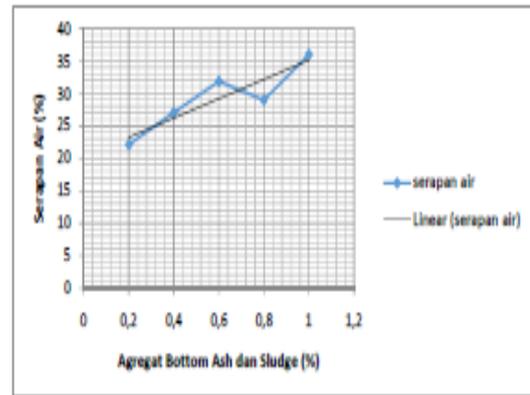
Nilai serapan air untuk penggunaan *fly ash* sebagai campuran/aditif pada semen adalah antara 10,66% - 23,16% yang dapat dilihat dari grafik pada gambar 4 bahwa nilai serapan airnya semakin bertambah dengan bertambahnya persentase *fly ash* yang ditambahkan sedangkan nilai serapan air untuk blanko yaitu sampel batako tanpa penambahan *fly ash* adalah 11,73%, peningkatan yang signifikan terjadi pada penambahan *fly ash* sebanyak 40%-50%.



Gambar 4. Hubungan Fraksi Semen Dan Serapan Air Dengan Penambahan *Fly Ash* 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% Dari Berat Semen



Gambar 5. Hubungan Persentase *Bottom Ash* Dan *Sludge* Dengan Serapan Air Pada Komposisi Semen 80% dan *Fly Ash* 20%



Gambar 6. Hubungan Persentase *Bottom Ash* dan *Sludge* Dengan Serapan Air Pada Komposisi Semen 70% dan *Fly Ash* 30%

Pada penambahan *fly ash* 10% - 30% nilai serapan airnya masih kecil karena pada komposisi ini semua *fly ash* yang ditambahkan pada campuran batako bereaksi dengan kalsium hidroksida yang terdapat dalam semen sehingga nilai serapan airnya rendah. Sedangkan pada penambahan *fly ash* sebesar 40% - 50% terdapat sisa *fly ash* yang tidak bereaksi dengan kalsium hidroksida dari semen yang membentuk kalsium silika hidrat sehingga hal ini akan menyebabkan kenaikan nilai penyerapan air pada batako tersebut.

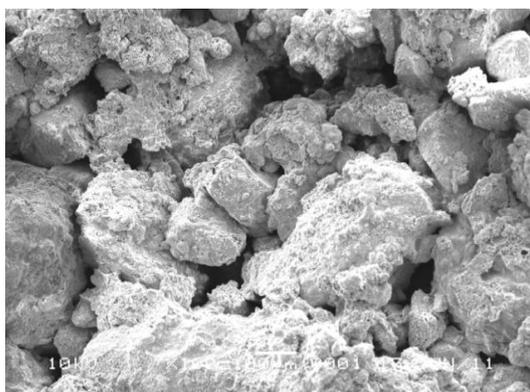
Pada batako sampel B yaitu batako yang dibuat dari campuran semen 80% , *fly ash* 20% dan penambahan agregat *bottom ash* dan limbah padat industri karet (*sludge*) sebanyak 5% sampai 25% nilai penyerapan airnya adalah 18,98% - 32,37% dimana nilai penyerapan airnya mengalami kenaikan dibandingkan nilai serapan air sampel blanko 11,73%. Hal yang sama juga terjadi pada batako yang dibuat dari campuran semen 70%, *fly ash* 30% dan penambahan agregat *bottom ash* dan limbah padat industri karet (*sludge*) sebanyak 5% sampai 25% nilai penyerapan airnya adalah 22,11% - 36,01%. Tingginya nilai penyerapan air pada sampel batako tersebut dikarenakan bahan *sludge* dari limbah industri karet yang yang tidak semuanya berikatan dengan semen pada saat pencampuran dan cenderung mengikat air lebih banyak. Pada komposisi semen 80%, *fly*

ash 20%, agregat *bottom ash* dan *sludge* 5% serta komposisi semen 70%, *fly ash* 30% agregat *bottom ash* dan *sludge* 5% menunjukkan persentase penyerapan air yang paling kecil yaitu sebesar 18,98 % dan 22,11%. Ini menunjukkan bahwa pada komposisi tersebut adalah yang terbaik pada uji penyerapan air dibandingkan komposisi campuran batako yang lain.

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI) Departemen pekerjaan umum, 1982 bahwa penyerapan air rata-rata maksimum 25% untuk batako mutu B2 dan 35% untuk batako mutu B1 dan hal ini menunjukkan bahwa semua sampel yang telah diujikan, untuk nilai penyerapan airnya telah memenuhi nilai maksimum.

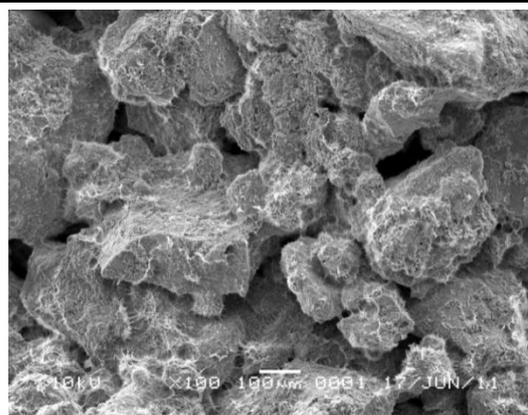
Hasil Pengujian Morfologi (Struktur Permukaan) Sampel dengan SEM

Foto SEM yang dilakukan pada sampel batako bertujuan untuk mengamati ada atau tidak ikatan yang terjadi antar material yang digunakan. Hasil foto mikroskopik dari batako ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Foto SEM Batako Dengan Campuran *Fly Ash* 20% Semen 80%, *Bottom Ash* dan *Sludge* 5%

Dari Gambar 7 dan Gambar 8 tersebut terlihat morfologi dari campuran *fly ash* dengan agregat *bottom ash* dan *sludge* dimana distribusi penyebarannya masih belum cukup merata yang ditandai adanya pori-pori yang yang tersebar dan juga adanya perbedaan ukuran partikel yang terlihat.



Gambar 8. Foto Sem Batako Dengan Campuran *Fly Ash* 30% Semen 70%, *Bottom Ash* dan *Sludge* 5%

Yothin Ungkoon (2007) menyatakan bahwa batako ringan yang dikeringkan secara alami mempunyai permukaan yang lebih kasar, ukuran pori lebih besar dengan jumlah yang sedikit dan pori terdistribusi tidak merata.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil riset diketahui bahwa sampel limbah abu batubara dari industri oleokimia mengandung logam berat Pb 0,75 ppm; Cr 0,16 ppm; dan Cu 0,21 ppm; sedangkan pada sampel limbah padat industri karet (*sludge*) adalah Zn sebesar 454,69 ppm. Limbah abu terbang batubara (*fly ash*), abu dasar batubara (*bottom ash*) dan limbah padat industri karet (*rubber sludge*) dapat dipakai sebagai campuran pada pembuatan batako dengan komposisi optimum abu terbang batubara (*fly ash*) adalah 20% dari berat awal semen, abu dasar batubara serta limbah padat industri karet (*sludge*) adalah 5% dari berat awal pasir yang menghasilkan nilai penyerapan air 18,98%, dan telah memenuhi Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI) Departemen Pekerjaan Umum 1982 yang menyatakan bahwa penyerapan air rata-rata maksimum adalah 25%-35%. Nilai densitas pada komposisi batako optimum adalah 1,60 kg/cm³ dan dikategorikan sebagai batako ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, Zul.,dkk. 2017. *Penggunaan dan Pemanfaatan Kembali Limbah Batubara sebagai Material Bangunan*. Jurnal Sain Teknologi Farmasi dan Kesehatan. STIKes Nurliana. Medan.
- Carolyn, Schierhorn. 2008. *Producing Structural Light Weight Concerete Block*.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Cipta Karya. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*. Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Lianasari., A. E., Paiding, S. D. 2013. *Penggunaan Limbah Bubur Kertas dan Fly Ash Pada Batako (202M)*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Mulyono,T. 2005. *Teknologi Beton*, Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. *Metode Pengujian Kerapatan Penyerapan Dan Rongga Dalam Beton Yang Telah Mengeras*. SNI 03-6433-2000. ICS 91.100.30. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Yothin Ungkoon, et all.. 2007. *Analysis of Microstructure and Properties of Autoclaved Aerated Concrete Wall Construction Materials*. J. Ind. Eng. Chem. Vol. 13, No. 7.
- Zacoeb, A., Dewi, S.M., Jamaran, I. 2013. *Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur dan Perembesan Air*. Jurnal Rekayasa Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.