

**KOMPOSIT BATA BETON RINGAN DARI FLY ASH DAN BOTTOM ASH
LIMBAH BATUBARA PABRIK MINYAK NABATI****LIGHTWEIGHT CONCRETE BRICK COMPOSITE FROM FLY ASH AND
BOTTOM ASH COAL WASTE VEGETABLE OIL COMPANY**

A. Luher Ola dan Doly Prima Silaban
Balai Riset dan Standardiasi Industri Manado
Jalan Diponegoro No. 21-23 Manado
E-mail : alexius.ola@gmail.com

Diterima : 26-04-2018

Direvisi : 28-05-2018

Disetujui : 08-06-2018

ABSTRAK

Penelitian pembuatan komposit bata beton ringan dari *fly ash* dan *bottom ash* hasil pembakaran batubara di unit *boiler* pabrik minyak nabati sebagai pengganti agregat pasir, dengan bahan perekat semen Portland telah dilakukan dengan tujuan untuk mendapat komposit bata beton ringan. Bahan limbah batubara (*fly ash* dan *bottom ash*) diambil dari *boiler* industri minyak nabati di kota Bitung. Penelitian dilaksanakan dengan membuat prototype benda uji ukuran (100 x 100 x 100) mm dari *fly ash* dan *bottom ash* sebagai variabel bebas dan agregat pasir, semen serta larutan foam agent sebagai variabel konstan. Prototype benda uji di cetak sebanyak 12 buah tiap perlakuan, dilakukan pemeliharaan (curing) selama 28 hari kemudian dilakukan pengamatan dan uji fisik berdasarkan standar yang ada. Hasil pengujian diperoleh komposit yang terbaik A-5 (5 L *fly ash* tanpa *bottom ash*) dan A-7 (2,5 L *fly ash* dan 2,5 L *bottom ash*) dengan nilai kuat tekan rata-rata (19,06 dan 19,15 kg/cm²) dan bobot isi (1160,19 kg/m³ dan 1242,65 kg/m³) serta penyerapan air (21,96 % dan 14,96 %). Nilai kuat tekan dan penyerapan air memenuhi persyaratan bata ringan untuk untuk konstruksi pasangan dinding bangunan rumah.

Kata kunci: bata, batubara, beton-ringan, limbah

ABSTRACT

Research on the manufacture of lightweight concrete brick composites from fly ash and bottom ash coal waste vegetable oil company to replace sand aggregate with Portland cement adhesive has been done with the aim to obtain lightweight concrete brick composites which use fly ash and bottom ash from coal waste. Research begins with the taking of coal waste materials (fly ash and bottom ash) in the vegetable oil industry in Bitung city, then proceed with the preparation of other auxiliary materials and required equipment. The reward was carried out by making prototype (100 x 100 x 100) mm of the test object and the treatments were fly ash and bottom ash while the use of sand aggregate, cement and foam agent solution was constant. Prototype test object printed as much as 12 pieces each treatment, carried out maintenance for 28 days then conducted observations and physical tests based on existing standards. From test result of prototype of test object, it turns out that some of the best composite treatment A-5 (5 L fly ash and no bottom ash) and A-7 (2,5 L fly ash and 2,5 L bottom ash) was obtained with a compressive strength value of (19,06 and 19,15) Kg/cm² and weight of content (1160,19 Kg/m³ and 1242,65 Kg/m³) respectively with water absorption values (21,96% and 14,96%). Strength and absorption values fulfill requirement of lightweight concrete for house building wall.

Keywords: brick, coal, concrete-light, waste

PENDAHULUAN

Batu bara adalah bahan bakar fosil, di mana di Indonesia tersedia cadangannya dalam jumlah yang cukup melimpah dan diperkirakan mencapai 38,9 miliar ton. Dari jumlah tersebut sekitar 67% tersebar di Sumatera, 32% di Kalimantan dan sisanya tersebar di Pulau Jawa, Sulawesi dan Irian Jaya. Dengan kualitas Batu bara yang baik dan dengan jumlah yang besar tersebut serta tingkat produksi saat ini, Batu bara dapat menjadi sumber energi bagi Indonesia selama ratusan tahun. Bahan bakar fosil (batu bara) tetap saja merupakan sumber pemasok utama, meskipun pilihan terhadap daya energi telah meluas kepada sumber-sumber yang bersih dan dapat diperbaharui, seperti tenaga surya, air, ombak dan panas bumi, namun begitupun pertumbuhan pemakaian energi nuklir tidak dapat diharapkan karena tekanan masyarakat, Suryatono, 2004.

Produksi Batu bara pada tahun 2010 diperkirakan sekitar 153 juta ton, sedangkan pemakaian dalam negeri pada tahun tersebut adalah 108 juta ton, sedangkan sisanya 45 juta ton merupakan jumlah yang dapat diekspor. Dari pembakaran Batu bara dihasilkan sekitar 5% polutan padat yang berupa abu (*fly ash* dan *bottom ash*), di mana sekitar 10-20% adalah *bottom ash* dan sekitar 80-90% *fly ash* dari total abu yang dihasilkan. Di Sulawesi Utara pabrik minyak nabati dan pabrik lainnya pada umumnya menggunakan Batu bara sebagai bahan bakar dan menghasilkan limbah *fly ash* dan *bottom ash* yang cukup banyak karena Batu bara digunakan sebagai bahan bakar secara rutin. Dengan demikian limbah *fly ash* dan *bottom ash* ini cukup merepotkan karena tertimbun dalam pabrik dan harus dibuang pada lokasi tertentu karena merupakan limbah yang terus-menerus bertambah dan bagian terbanyak dari limbah batubara ini adalah *fly ash*. (Herni, 2007).

Fly ash merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus,

berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran Batu bara. Pada intinya *fly ash* dan *bottom ash* mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), sekitar 40-60%, aluminium (Al_2O_3) sekitar 20-35 %, peroksida ada sekitar 4-10 %, kalsium oksida sekitar 5-30 % dan mengandung unsur tambahan lainnya yaitu magnesium oksida, titanium oksida, alkalin, sulfur trioksida, fosfor oksida dan karbon yang relatif lebih kecil, Henry, 2007. Berdasarkan sifat dan unsur-unsur yang terkandung dalam *fly ash* dan *bottom ash*, maka limbah batu bara pabrik minyak nabati dapat dijadikan sebagai salah satu pilihan sebagai agregat halus dan ringan dalam adukan beton. Dengan demikian nantinya akan tumbuh Industri Kecil dan Menengah dalam bidang bahan bangunan dan dengan sendirinya akan dapat mengatasi masalah lingkungan disekitar pabrik akibat tertimbunnya limbah Batu bara tersebut. Salah satu jenis bahan bangunan yang akan diteliti untuk diproduksi menggunakan *fly ash* dan *bottom ash* limbah batu bara adalah bata beton ringan. Teknik bata beton ringan pertama kali dikembangkan oleh " Josep Hebel " di Jerman pada tahun 1943. Melalui produk Hebel, bata beton ringan pun mendapat julukan " *Aerated Lightweight Concrete (ALC)* " (Swaroopa., 2015). Material ini terbuat dari adonan kapur, pasir, silika, semen, air berikut bahan pengembangan yang dicampur dalam proses " Steam Curing ", yaitu sintesa kimiawi gas hydrogen yang menciptakan pori – pori kecil pada cetakan adonan bata beton ringan. Meski berbasis beton, namun justru memiliki berat jenis lebih ringan ketimbang material baja, beton bertulang, batu bata, batako, bahkan kayu. Bata ringan adalah beton yang memiliki berat jenis lebih ringan dari beton pada umumnya yang dibuat dari agregat pasir, semen, gypsum, air dan Aluminium pasta ataupun foam agent sebagai bahan pengembang dan kekerasan beton (Leslie, 2013). Bila beton ringan digunakan sebagai elemen non-struktur seperti dinding partisi, maka beban yang diterima elemen

structural seperti plat, justru dapat mengurangi *massa* total struktur yang menyebabkan beban menjadi lebih kecil sehingga desain akan menjadi lebih ringan. Selain itu material ini juga memiliki karakter sebagai isolator kebisingan maupun panas yang baik sehingga tidak mudah terbakar sampai lebih dari 3 jam (Sentosa, 2010). Berdasarkan tingkat kepadatan dan kekuatan beton yang dihasilkan dan berdasarkan jenis agregat ringan yang digunakan, beton ringan dapat dibagi menjadi 3 golongan (Tjurma, 2009) :

- a) Beton insulasi (insulating concrete) beton ringan dengan massa jenis berkisar 300-800 kg/m³ berkekuatan tekan berkisar 0,6-6,89Mpa.
- b) Beton ringan dengan kekuatan sedang (moderate strength concrete), beton ringan dengan massa jenis berkisar 800-1440 kg/m³ dengan kekuatan berkisar 6,89-17,24 Mpa.
- c). Beton struktur (Structural Concrete), beton ringan dengan massa jenis berkisar 1440-1850 kg/m³ dengan kuat tekan berkisar 17,24 Mpa pada saat umur beton diatas 28 hari.

Menurut SNI 03-0349-1989, "Conblock (concrete block) atau batu cetak beton adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen Portland

atau pozolan, pasir, air dan atau tanpa bahan tambahan lainnya (additive), dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding". Sedangkan Frick Heinz dan Koesmartadi berpendapat bahwa : " Batu-batuan yang tidak dibakar, dikenal dengan nama batako (bata yang dibuat secara pemadatan dari trass, kapur, air)". Berdasarkan SNI 03-0349-1989, persyaratan kuat tekan minimum bata beton pejal sebagai bahan bangunan dinding sebagai berikut : Mutu I : 9.7 MPa, Mutu II : 6.7 MPa, Mutu III : 3.7 MPa dan Mutu IV : 2 MPa. Dengan persyaratan nilai penyerapan air maksimum adalah 25 %. (Setia Winarno cs, 2013). Penelitian ini bertujuan memperoleh teknologi proses pembuatan bata beton ringan yang menggunakan bahan pengisi agregat dari limbah batubara yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan untuk pasangan pasangan dinding perumahan.

Prosedur

Penelitian dilakukan dengan kajian experimental untuk mendapatkan komposisi bahan terhadap contoh produk bata beton ringan yang dihasilkan sesuai tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Komposisi Bata Ringan Menggunakan *Fly ash* dan *Bottom ash*

No	Bahan baku	Volume dalam campuran (Liter)							
		B1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
1	Portland Cement	2	2	2	2	2	2	2	2
2	Agregat Pasir	10	5	5	5	5	5	5	5
3	<i>Fly ash</i>	-	4	3	2	1	5	-	2,5
4	<i>Bottom ash</i>	-	1	2	3	4	-	5	2,5
5	Larutan Foam Agent	-	4	4	4	4	4	4	4
6	Air Bersih	4	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan Tabel :

- Total komposisi per perlakuan = 16 Liter
- Larutan Foam Agent digunakan 4 liter tiap perlakuan (A1 – A7).
- Penelitian dilakukan dengan 2 (dua) kali ulangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Berdasarkan rancangan komposisi bahan pada Tabel 1, maka dibuatlah

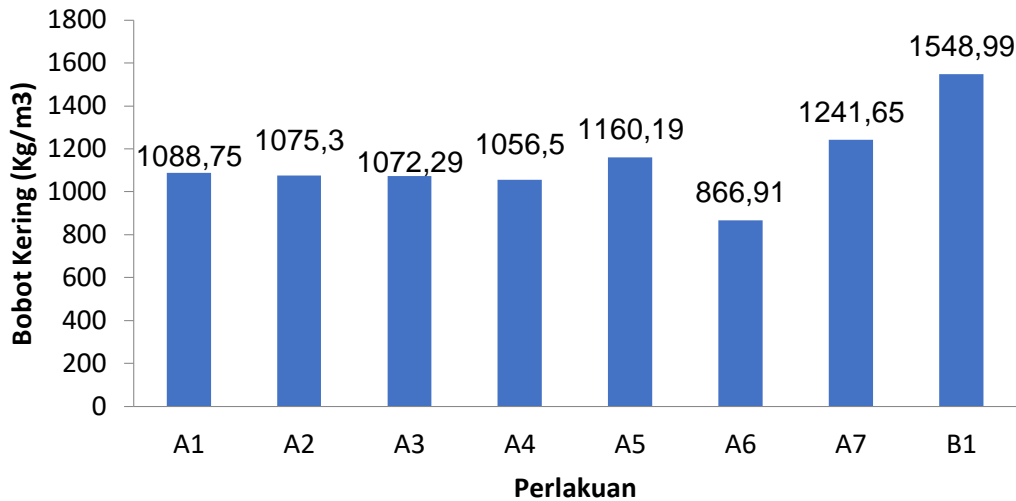
prototip sample bata beton ringan dengan ukuran (10x10x10)cm sebanyak 12 buah pada masing-masing perlakuan dengan ulangan 2 kali. Prototip bata ringan yang

telah mengalami pemeliharaan 28 hari di uji keadaan fisik dan mekaniknya.

Bobot Isi

Pengujian bobot isi dibutuhkan sebagai salah satu syarat dari bata beton

ringan. Hasil uji bobot isi dari bata beton ringan hasil penelitian yang menggunakan limbah padat *fly ash* dan *bottom ash* hasil pembakaran batubara pada boiler sebagaimana pada gambar 1.



Gambar 1. Bobot Isi Bata Beton Ringan yang Menggunakan Limbah Padat *Fly Ash* dan *Bottom Ash* Hasil Pembakaran Batubara

Berdasarkan data hasil uji bobot isi yang tercantum dalam gambar 1., maka dapat diketahui bobot isi dalam keadaan kering yang terendah rata – rata yakni 866,91 kg/m³ (A6) dan yang tertinggi terdapat pada kode contoh A7 rata – rata sebesar 1242,65 kg/m³. Untuk prototype benda uji bata beton biasa (tanpa *fly ash* dan *bottom ash*) kode B1 menunjukkan bobot isi rata – rata sebesar 1548,99 65 kg/m³, masih lebih besar jika dibandingkan dengan prototype benda uji kode A1–A7.

Dari hasil uji bobot isi benda uji dengan kode A1–A7 sudah tergolong sebagai bata beton ringan golongan sedang, karena nilai bobot isinya dibawah 1440 kg/m³ (Tiurma, 2009). Nilai bobot isi dari prototype benda uji bata beton ringan dari penelitian ini cukup dipengaruhi dengan penggunaan agregat limbah Batu bara(*fly ash* dan *bottom ash*) dan penggunaan larutan foam agent. Hal ini dapat dilihat pada kode contoh A5 dengan bobot isi rata – rata 1160,19 kg/m³ adalah prototype contoh bata beton ringan yang tidak menggunakan agregat *bottom ash*,

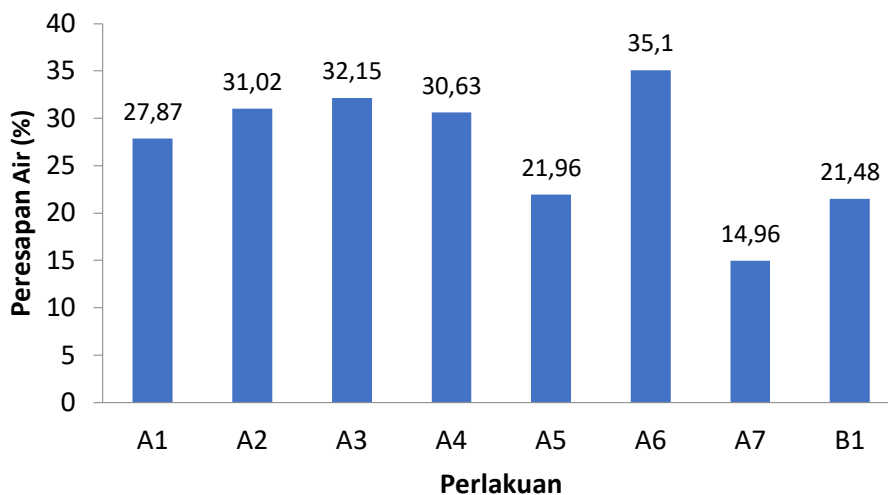
sedangkan prototype contoh yang hanya menggunakan *bottom ash* nilai bobot isinya lebih rendah yakni rata – rata 866,91 kg/m³ (sampel A6). Dilihat dari jumlah pemakaian *bottom ash* maka semakin banyak pemakaian *bottom ash* dalam komposit prototype bata beton ringan maka bobot isi semakin cenderung menurun. Demikian sebaliknya semakin banyak penggunaan *fly ash* semakin besar pula nilai bobot isi dari prototip bata beton ringan yang dihasilkan. Hal ini diduga disebabkan oleh keadaan fisik *bottom ash* butirannya lebih kasar dan lebih ringan dengan berat jenis yaitu 0,95 g/cm² dibandingkan dengan *fly ash* yang lebih halus dengan berat jenis 2,35 g/cm² bobot isi dari produk bata ringan yang dihasilkan lebih cenderung meningkat. Selain dari berat jenis *fly ash* dan *bottom ash* yang digunakan sangat kecil dan lebih ringan dibandingkan dengan pasir, juga dilakukan penambahan bahan lainnya seperti foaming agent sehingga berat beton bisa lebih ringan karena terbentuknya rongga-rongga dalam bata beton ringan. Menurut

Abdullah, 2008 bahwa penambahan material foaming agent digunakan untuk membantu proses pengembangan adonan bahan pasta sehingga dapat mengikat udara didalamnya dan membentuk rongga pada adonan pasta tersebut.

Penyerapan Air

Penyerapan air merupakan kemampuan bata beton untuk menyerap

air yang dilakukan selama 24 jam perendaman. Nilai penyerapan air dapat memberi gambaran fungsional penggunaannya pada konstruksi yang terlindung dari air. Hasil uji penyerapan air prototipe bata beton ringan cenderung naik seiring dengan bertambahnya penggunaan *bottom ash* dan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya pemakaian *fly ash*, sebagaimana pada gambar 2.



Gambar 2. Daya Serap Air Bata Beton Ringan yang Menggunakan Limbah Padat *Fly Ash* dan *Bottom Ash* Hasil Pembakaran Batubara

Hasil uji penyerapan air yang tercantum dalam gambar 2 dapat diketahui bahwa penyerapan air yang terendah terdapat pada perlakuan 2,5 *fly ash* dan 2,5 bagian *bottom ash* (A7), adalah dengan nilai rata-rata 14,96% dan yang tertinggi terdapat pada perlakuan 5 bagian *bottom ash* (A6) dengan nilai rata-rata 35,09%. Tingginya nilai serapan air pada perlakuan A1-A4 dan A6 kode dapat disebabkan oleh besar butir jenis bahan *bottom ash* yang digunakan sehingga porositas bata beton ringan yang dihasilkan semakin besar. Selanjutnya adanya penggunaan foam agent dalam pembuatan bata beton ringan menyebabkan pembentukan pori yang besar dapat memberikan rongga pada adonan pasta dan mengikat udara didalamnya sehingga meningkatkan nilai penyerapan air (Aroni, 2002).

Pada perlakuan penggunaan *fly ash* 5 bagian atau tanpa menggunakan *bottom*

ash (A5) dan perlakuan 2,5 *fly ash* dan 2,5 *bottom ash* (A7) nilai serapan air cukup rendah yakni rata-rata sebesar 21,96% (A5) dan rata-rata 14,63% (A7). Rendahnya nilai penyerapan air pada perlakuan prototype benda coba bata beton ringan diduga sehubungan dengan partikel fly cukup halus dengan kandungan silica yang relative cukup tinggi dapat berfungsi sebagai pengisi (filler).

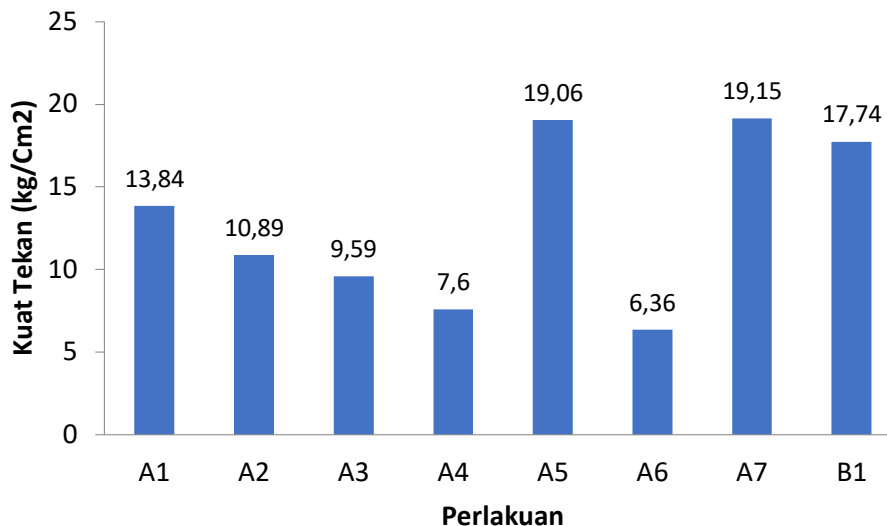
Dalam penelitian ini dapat diketahui bahwa penggunaan *bottom ash* semakin banyak akan menyebabkan nilai penyerapan air akan semakin tinggi. Hal ini dapat dilihat pada kode contoh A5 sebesar 21,96% lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai peresapan air pada contoh kode A6 yakni rata-rata 35,10%. Menurut Setia Winarno cs, 2013 persyaratan nilai penyerapan air maksimum adalah 25%. Dengan memperhatikan nilai penyerapan air prototipe contoh dengan kode A5 dan

A7 memenuhi syarat sebagai bata beton ringan untuk bahan bangunan sebagai dinding perumahan.

Kuat Tekan

Uji kuat tekan prototype sampel bata beton ringan dilakukan untuk melihat apakah memiliki kekuatan yang memenuhi persyaratan yang direncanakan sesuai

dengan kuat tekan yang diperuntukkan untuk tujuan struktur ringan. Kuat tekan prototype bata beton ringan setelah pengkondisian (*curing*) selama 28 hari berbanding terbalik dengan kenaikan jumlah penggunaan *bottom ash* dan *fly ash* limbah batubara sebagaimana tercantum pada gambar 3.



Gambar 3. Kuat Tekan Bata Beton Ringan yang Menggunakan Limbah Padat *Fly Ash* dan *Bottom Ash* Hasil Pembakaran Batubara

Nilai rata-rata kuat tekan prototype sampel bata ringan pada perlakuan (sampel A1) adalah 13,84 kg/cm² dari komposisi bahan 1 bagian *bottom ash* dan 4 bagian *fly ash*, pada sampel A2 dengan perlakuan bahan menggunakan 2 bagian *bottom ash* dan 3 bagian *fly ash* nilai rata-rata kuat tekan adalah 10,89 kg/cm² dan seterusnya (lihat gambar 3) pada sampel A6 dengan perlakuan bagian 5 bagian *bottom ash* dan tanpa *fly ash* nilai rata-rata kuat tekan yaitu 6,36 kg/cm². Sebaliknya semakin besar kenaikan penambahan *fly ash* semakin besar pula nilai kuat tekan prototype sampel bata beton ringan. Nilai rata-rata kuat tekan pada perlakuan yang menggunakan 1 bagian *fly ash* dan 4 bagian *bottom ash* (sampel A4) adalah 7,60 kg/cm², pada perlakuan bahan menggunakan 2 bagian *fly ash* dan 3 bagian *bottom ash* (sampel A3) diperoleh nilai rata-rata kuat tekan adalah 9,59

kg/cm² dan seterusnya pada perlakuan komposisi bahan menggunakan *fly ash* 5 bagian tanpa *bottom ash* (sampel A5) nilai rata-rata kuat. Berdasarkan data hasil uji kuat tekan adalah 19,06 kg/cm² setara dengan 1,86 MPa. Selanjutnya pada komposisi bahan prototype bata ringan (Tabel 1) yang menggunakan bahan 2,5 *fly ash* dan 2,5 *bottom ash* (kode A7) nilai rata kuat tekan adalah 19,15 kg/cm² setara dengan 1,87 MPa. Dan pada perlakuan sampel B1 dengan komposisi bahan tanpa *fly ash* dan *bottom ash* (adukan semen beton biasa) nilai rata-rata kuat tekan adalah 17, 74 kg/cm², masih lebih rendah dibandingkan dengan komposisi bahan yang menggunakan *bottom ash* sampai dengan maksimal sama banyak dengan penggunaan *fly ash* perlakuan A7 atau pada perlakuan sampel A5 tanpa menggunakan *bottom ash*.

Kuat tekan bata ringan yang masih cukup tinggi ditinjau dari karakteristik bahan dapat disebabkan oleh kandungan silica *fly ash* yang digunakan cukup tinggi yaitu sekitar 60%. Menurut Ismeik, 2009 silica dalam bentuk silica dioksida yang tinggi dalam bahan yang memiliki partikel padatan ringan dapat meningkatkan sifat kekuatan agregat lainnya seperti kemampuan mengikat, ketahanan kekuatan serta kekerasan. Fungsi silica dalam *fly ash* juga sebagai bahan pengisi (*filler*) sehingga dapat meningkatkan kepadatan materil yang akan berhubungan dengan kekuatan tekan. Sebagaimana dijelaskan oleh Wiryasa, 2009 bahwa fungsi silica selain sebagai penguat ikatan juga berfungsi sebagai bahan pengisi atau filler yang berperan dalam menentukan kekuatan ikatan semen terhadap bahan agregat lainnya.

Demikian pula silica dalam bentuk partikel halus memiliki sifat pozzolonic aktif yang dapat digunakan untuk membuat bahan dengan kekuatan tinggi atau high strength concrete (Tonnyopas, 2013). Selain itu pula kuat tekan bata ringan yang cukup tinggi, dapat pula disebabkan oleh besarnya reaksi pozzolanic dengan tekstur abu *fly ash* yang sangat halus, yang dapat meningkatkan pori material (Hasan, 2000).

Selanjutnya menurut Sriprabandiani, 2008 *fly ash* cukup baik digunakan pada adukan beton karena mempunyai sifat pozzolanic yang dapat meningkatkan strength, durabilitas dari beton. *Fly ash* yang merupakan material dengan ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan mengandung unsure kimia silikat, alumina dan kalsium oksida yang cukup tinggi. Dengan adanya unsur-unsur kimia tersebut pada bahan material *fly ash* dapat bersifat lebih reaktif sehingga akan lebih mudah bereaksi dengan semen potland dan akan menyebabkan produk yang dibuat lebih kuat.

Sebagai kontrol untuk prototip sampel bata beton ringan tanpa penggunaan *fly ash* dan *bottom ash* serta

foam agent (B1) dengan proses yang sama dalam penelitian ini dihasilkan kuat tekan yang lebih tinggi yaitu 17,74 kg/cm² dari prototip sampel bata ringan pada perlakuan A1, A2, A3, A4 dan A6. Kuat tekan yang lebih rendah dan bahkan menurun seiring kenaikan jumlah penggunaan limbah *bottom ash*, walaupun kuat tekan memperlihatkan ada kenaikan seiring dengan kenaikan jumlah penggunaan *fly ash* dibandingkan dengan control.

Sesuai dengan SNI. 03-0349-1989 dari seluruh protip sampel bata ringan yang memenuhi syarat mutu untuk penggunaan bata beton Kelas IV yaitu minimal 2 Mpa (17 kg/cm²) adalah perlakuan A5 (19,06 kg/cm²) dan perlakuan A7 (19,15 kg/cm²), yang dapat digunakan sebagai dinding pemisah atau dinding isolasi (*insulating concrete*) dengan syarat kuat tekan berkisar 6.11-70.25 kg/cm² (0,6-6,89 Mpa) (Iman Satyarno, 2004 dalam Tiurma, 2009). Sedangkan menurut SNI. 03-3449-2002 tentang tata cara Perancangan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan, tidak ada syarat kuat tekan minimum untuk struktural ringan sebagai bahan isolasi.

KESIMPULAN

Limbah batu bara (*fly ash* dan *bottom ash*) yang diperoleh dari pabrik minyak nabati kota Bitung dapat dimanfaatkan sebagai bahan agregat dalam pembuatan bata beton ringan yang kualitasnya memenuhi syarat minimal untuk konstruksi pasangan dinding bangunan rumah.

Hasil uji fisik prototip benda uji, untuk nilai bobot isi terendah terdapat pada komposisi bahan kode A6 (866,91 kg/m³), tertinggi pada kode A7 (1242,65 kg/m³) dengan penyerapan air terendah pada komposisi bahan kode A7 (14,96%) dan yang tertinggi pada kode A6 (35,09%). Sedangkan hasil uji kuat tekan yang terendah terdapat pada komposisi bahan kode A6 (6,56 kg/cm²) dan yang tertinggi pada kode A7 (19,15 kg/cm²).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Yudith. 2008. *Pengaruh zat aditive pada pembuatan bata beton ringan*, FT UI, Jakarta. *Coal Fly ash*://http://www.tfhr.gov/hnr20/ready/waste/cfa51.htm
- Aroni dan Wittman. 2002. *Autoclave aerated concrete, properties testing and design*, RILEM technical commites 78-MCM and 51-ALC.
- Hassan, K.E., Cabreta, J.G., and Maliehe, R.S. 2000. *The effect of mineral admixture on the properties of high performance concrete*. *Cement and concrete reserach*, Vol. 22, No. : 4; pp. 267-271.
- Henry, L., Hilliams, B., and Kirk, H. 2005. *Improving freezing and thawing properties of fly ash bricks*. 2005 *World of Coal Ash (WOCA)*, Lexington. USA.
- Herni, K. 2007 .Toksistas ahuy terbang dan abu dasar limbah pltu batu bara yang berada di sumatera dan kalimantan secara biologi. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batu bara.
- Iman Satyarno. 2004. Penggunaan Semen Putih untuk Beton Styrofoam Ringan (BATAFOAM).Program Swadaya (Ekstensi) Teknik Sipil, FT UGM. Yogyakarta
- Ismeik M. 2009. *Effect of mineral admixtures on mechanical properties of high strength concrete made with locally available materials*. Department of Civil Engineering, University of Jordan, Amman 11942, *Journal of Civil Engineering*, volume 3, No. 1.
- Leslie, dkk. 2013. Pengaruh penggunaan bahan tambahan (*accelerator admixture*), kapur dan pengaruh curing pada pembuatan bata beton ringan sebagai alternatif pengganti bata merah. Dep. Teknik Sipil USU. Medan.
- Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 tentang Perubahan atau Peraturan Pemerintah Tahun 1999 Tentang Pengolahan Limbah bahan berbahaya dan beracun.
- Sentosa, L. 2010. Produktivitas material beton ringan dalam pemakaian sebagai konstruksi dinding, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- SNI. 03-0349-1989. Persyaratan Kuat Tekan Minumum Bata Beton Pejal sebagai Bahan Bangunan pasangan dinding, Badan Standardisasi Nasional. Jakarta, Indonesia.
- SNI. 03-3449-2002. Tata cara Perancangan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- SNI. 03-6429-2000. Metode pengujian kuat tekan beton silinder dengan cetakan silinder di dalam cetakan. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta, Indonesia.
- Sri, P., dan Retno. W. 2008. Pemanfaatan limbah Batu bara (*fly ash*) untuk stabilitas tanah maupun keperluan teknis sipil lainnya dalam mengurangi pencemaran lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Suryatono. 2004. Hidup dengan Batu bara (dari kebijakan hingga pemanfaatan). No: 001/IX/2001, ISBN : 1979-96649-0-X.
- Swaroopaa, R.M., and Tejaanvesh, M. 2015. *Performance of high-strength concrete using palm oil fuel ash as partial cement replacement*. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, Vol . 5, Issue 4, (Part 1). Pages.08-12.
- Tiurma, S. 2009. Pembuatan dan karakterisasi bata beton ringan. Pasca Sarjana USU. Medan.
- Tonnayopas, D., Nilrat, F., Putto K., and Tantiwitayawanich J. 2013. *Effect of Oil Palm Fiber Fuel Ash on Compressive Strength of Hardening*, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112.
- Wiryasa, N.M.A., dan Sudarsan, I.W. 2009. Pemanfaatan lumpur lapindo

sebagai bahan substitusi semen
dalam pembuatan bata beton pejal.
Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 13,
No. 1. Hal. 39-46.