

LOCKBRICK MODULAR BETON UNTUK ALTERNATIF BAHAN DINDING YANG MEMENUHI MUTU SNI DENGAN BIAYA MURAH

Chundakus Habsya, Anis rahmawati, Sri Sumarni.

Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS Surakarta

Email: habsyasl.2004@gmail.com

ABSTRAK

Lockbrick modular merupakan hasil desain prapabrikasi komponen bangunan gedung. Lockbrick modular merupakan bahan dinding, yang pelaksanaannya tidak membutuhkan spesi pengikat, melainkan cukup disusun dan dirangkai, masing-masing saling mengunci oleh karena sisi sambungan berbentuk sambungan jantan betina. Lockbrick modular dapat untuk berbagai tinggi dan lebar dinding sesuai kelipatan dimensi modul 15 cm. Bagian dalam dinding Lockbrick modular ada lubang 7 cm x 7 cm menerus dari atas ke bawah berfungsi mengurangi bobot, penghambat panas, untuk perkuatan dinding, tempat pipa air bersih, dan kabel listrik. Tujuan penelitian untuk mengetahui kuat tekan, daya serap air lockbrick modular yang memenuhi syarat mutu SNI, dan biaya per- m^2 dinding yang menggunakan lockbrick. Metode penelitian eksperimen dengan uji kuat tekan, daya serap air dan menghitung biaya dinding menggunakan acuan Harga Satuan Pekerjaan Bahan dan Upah Pekerjaan Konstruksi Propinsi Jawa Tengah Untuk Kota Surakarta. Prosentase campuran adalah 1 pc : 4 agregat, yang terdiri dari pasir : ladu : kerikil dengan berbagai variasi komposisi. Masing-masing komposisi dicetak 3 lockbrick modular. Hasil penelitian adalah produk lockbrick modular memenuhi syarat mutu kuat tekan dan daya serap air SNI bata beton berlubang mutu II, III dan IV. Produk lockbrick modular dengan kuat tekan optimal 6.84 MPa, daya serap air 19.55% memenuhi syarat mutu II. Biaya dinding lockbrick modular per- m^2 , 24% lebih murah dari biaya dinding batako

Kata Kunci: *lockbrick, modular, beton, dinding*

PENDAHULUAN

Pembangunan bidang sipil mengalami peningkatan sangat pesat, seperti pembangunan gedung, jembatan, tower, maupun bidang konstruksi lainnya. Pada kegiatan pembangunan tersebut, beton menjadi salah satu bahan yang diminati dalam pembuatan struktur bangunan. Hal ini dikarenakan beton memiliki banyak kelebihan, diantaranya harga relatif murah, memiliki kuat tekan tinggi, dengan bentuk dapat disesuaikan dengan rencana, ketahanan yang baik terhadap cuaca dan lingkungan sekitar.

Salah satu komponen pembangunan gedung adalah dinding karena dinding pembatas ruang diperlukan di semua bagian bangunan gedung. Bahan dinding biasanya menggunakan batu bata atau batako yang membutuhkan spesi pengikat, plester *finishing* permukaan luar. Penggunaan batu bata atau batako membutuhkan waktu relatif lama, biaya

dinding mahal. Keadaan demikian akibat belum ada bata beton modular berpengunci, mudah dan cepat dalam pembuatan dinding, tidak membutuhkan keterampilan tukang tinggi dan biaya per- m^2 yang lebih murah.

Prapabrikasi komponen dinding yang telah ada antara lain temuan Nagy, et al (2012), *Modular Concrete Building*; Yaitu prapabrikasi komponen bangunan yang terdiri dari komponen kolom, balok, panel lantai, panel dinding, dan panel atap yang terbuat dari beton. Dalam prapabrikasi tersebut panel dinding berdimensi besar, yaitu selebar bentang antar kolom, setinggi ruang atau dari panel lantai sampai panel atap. Pada panel dinding tersebut sudah didesain lubang untuk pintu, dan lubang untuk ventilasi. Perkuatan hubungan antara panel dinding dengan balok, menggunakan pen baja, mur baut yang dilengkapi dudukan plat baja, pada tempat yang telah disediakan. Pada rongga antara

lubang pada panel dinding atau komponen balok dengan mur baut diisi semacam karet penutup (*seal*). Demikian juga perkuatan hubungan antara panel dinding dengan panel penutup atap, menggunakan pen baja, mur baut dilengkapi dudukan plat baja serta rongga antara lubang pada panel dinding dan panel penutup atap dengan mur baut diisi semacam karet penutup (*seal*).

Bentuk panel dinding yang lain adalah *Concrete Panel Construction System* (Nick Dilorenzo (2011), yaitu berupa bidang panel beton bangunan yang berada di dua sisi, dimana bagian dalamnya ada rangka yang berfungsi tempat menempel bidang panel dan perkuatan antar unit panel dinding. Masing-masing rangka panel bagian tepi ada beberapa lubang dengan jarak sama, berguna untuk mengikat antar panel yang berdekatan. Panel ini berdimensi cukup besar, bahkan ada satu bidang untuk pembatas antar dua ruang dalam bangunan gedung

Material dinding yang mirip dengan batu bata atau batako adalah *Modular Building Materials* (Scott Simmons, 2000), yaitu komponen dinding dalam bentuk bata saling mengunci, kemiripannya dengan batako adalah pada bentuk bata segi empat memanjang, bagian dalam ada lubang. Sisi sambungan bata ini memiliki bentuk sambungan jantan dan betin, Perbedaannya adalah pada sambungan vertikal antar bata menggunakan mur baut yang dimasukkan dalam lubang dalam bata, serta adanya alur cekungan di sisi atas - bawah bata untuk diisi tangkai baja dan spesi beton sebagai pengikat horizontal antar bata.

Salah satu batu bata di India adalah Bata *Interlock* yang terbuat dari tanah (*soil*) dan semen, dengan kandungan semen 6 – 10%. Kuat tekan yang diperoleh berkisar antara 7,73 – 12,38 Mpa, berat jenis 1800 kg/m³, daya serap air 13,56 – 18.02% (Mahsa Chavoshi, 2011).

Sedangkan di Indonesia antara lain bahan dinding beton yang dihasilkan peneliti Pusitbang Bandung yaitu *interlockblock*. *Interlockblock* adalah bata dengan kedua sisi tegaknya beralur dan berlidih. Siar tegak dinding pasangan ini tidak perlu diberi adukan. Adukan tipis hanya diberikan pada siar horizontal (WS. Witarso, 2007).



Gambar 1. Soil-Cement interlocking block
Sumber: Masha Chavoshi, 2011



Gambar 2. Bentuk dan pemasangan interlockblock
Sumber: WS. Witarso, 2007

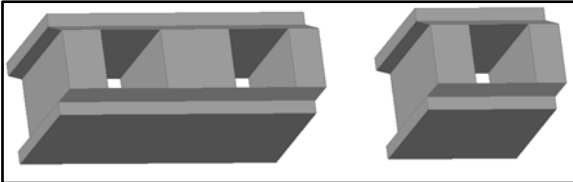
Bata *interlock* adalah bahan dinding yang sisi sambungannya berbentuk tonjolan dan lekukan sehingga pemasangannya tidak membutuhkan adukan spesi untuk merekatkan bata. Bagian dalam bata *interlock* ada rongga dapat berfungsi sebagai insulasi termal maupun mengurangi kebisingan. Kuat tekan bata *interlock* berkisar 5.3 Mpa (Kaskus, <http://archive.kaskus.co.id/thread/908330/3770>, 2015).

Alternatif bahan dinding selain batu bata, batako *interlockblock* adalah hasil desain prapabrikasi komponen dinding bangunan gedung berupa bata moduler berpengunci yang selanjutnya disebut *lockbrick modular*. *Lockbrick modular* Tlb-1, Tlb-2, berdimensi modular yang dapat untuk berbagai tinggi dan lebar dinding sesuai kelipatan dimensi modul 15 cm.

Lockbrick modular sebagai bahan alternatif dinding, berdimensi kecil seperti dimensi batako atau *hollow brick*, masing-masing sisi didesain sambungan jantan dan betina (*tongue and groove*), dengan pelaksanaan pembuatan dinding cukup disusun dan dirangkai, tidak membutuhkan spesi pengikat. Bagian tengah *lockbrick modular* ada dua lubang (Tlb-1), satu lubang (Tlb-2), yang masing-masing lubang

berdimensi 7 cm x 7 cm. Lubang dalam dinding *lockbrick modular* menerus dari atas ke bawah, dapat untuk perkuatan dinding, tempat pipa saluran air bersih dan kabel listrik (Habsya 2010).

Lockbrick modular telah terdaftar paten dengan judul Bata Modular Berpengunci Untuk Dinding Bangunan Gedung, No. S00201401680, Tanggal 21 Maret 2014.



Gambar 3. Bentuk *Lockbrick Modular* Tlb-1 dan Tlb-2
Sumber: Habsya, 2010

Pengembangan alternatif bahan dinding bangunan gedung banyak dilakukan para peneliti. Baik dari perguruan tinggi maupun dari lembaga penelitian yang lain. Dalam penelitian ini akan dikaji *lockbrick modular* untuk dapat digunakan sebagai alternatif material dinding, yang akan memberikan kemudahan bagi masyarakat, developer, Perum Perumnas dalam membuat dinding bangunan rumah atau bangunan gedung lainnya.

TUJUAN DAN RUANG LINGKUP

Penelitian ini merupakan pengembangan material bangunan yaitu *lockbrick modular* sebagai alternatif bahan untuk dinding yang terbuat dari beton.

Penelitian diadakan dengan maksud mengkaji alternatif bahan dinding yang tidak membutuhkan spesi perekat antar *lockbrick* dan kelayakan mekanis, biaya per m². Kelayakan mekanis dilihat dari kuat tekan dan daya serap air yang memenuhi mutu SNI 03-0349-1989.

Dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0349-1989, tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding Berlubang, ada klasifikasi tingkat mutu I, II, III, dan IV. Dalam paper ini akan mengacu kepada syarat fisis tingkat mutu bata beton berlubang, apakah hasil eksperimen kuat tekan dan daya serap air *lockbrick* dengan komposisi bahan 1 pc : 4 agregat memenuhi mutu I, II, III atau IV ?

Selain itu juga akan dihitung biaya 1 m² dinding *lockbrick*, dibandingkan dengan biaya dinding menggunakan batako (*hollow brick*)

tebal 10 cm. Kelayakan biaya ditinjau mulai dari kapasitas produksi mesin, harga perunit *lockbrick* dan biaya per m² dinding menggunakan *lockbrick* dibandingkan dengan dinding batu bata.

TINJAUAN PUSTAKA

Standar Nasional Indonesia (SNI)

Beberapa SNI yang dijadikan rujukan dalam studi ini, antara lain:

SNI 03-0349-1989: adalah standar Bata Beton untuk Pasangan Dinding, yang mengatur persyaratan penampang bata beton pejal atau berlubang, persyaratan kuat tekan dan daya serap air.

SNI 6897:2008: SNI ini menentukan indek bahan dan indek upah untuk menghitung biaya pelaksanaan satuan pekerjaan tertentu, dalam hal ini khusus dicuplik jenis pekerjaan pasangan dinding bata merah, dan pasangan dinding *hollow block*, yang akan digunakan sebagai pembanding dengan pekerjaan pasangan dinding *lockbrick*.

Kuat Tekan

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas

Rumus kuat tekan $P = F/A$ (1)

Dengan :

F = gaya maksimum mesin tekan, N

A = luas penampang yang diberi tekanan, cm²

P = kuat tekan N/cm²

Daya Serap Air

Daya serap merupakan kemampuan agregat untuk menyerap persentase berat air di dalam air. Besar kecilnya penyerapan tergantung dari pori atau rongga yang terdapat pada beton. Semakin banyak pori yang terkandung dalam beton maka semakin besar pula penyerapan airnya sehingga ketahanannya akan berkurang

Rumus daya serap air (WA) = $\frac{M_j - M_k}{M_k}$ (2)

Dengan :

WA = Daya serap air (%)

M_j = Massa jenuh air (gram)

M_k = Massa sampel kering (gram)

Perawatan Beton

Perawatan beton dilakukan setelah mengeras (*final setting*), di letakkan pada tempat tidak kena sinar matahari langsung agar proses hidrasi selanjutnya berjalan secara berangsur, proses kehilangan air tidak terlalu cepat dan tidak terjadi retak.

Kuat tekan beton berbanding lurus dengan bertambahnya umur beton. Menurut Dipohusodo (1994), umumnya pada umur 7 hari kuat tekan beton mencapai 70% dan pada umur 14 hari mencapai 85% - 95% dari kuat tekan beton umur 28 hari.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat kuantitatif melalui pendekatan eksperimen, dalam bentuk uji material. Parameter yang dicari dalam penelitian ini adalah kuat tekan, daya serap air, serta biaya dinding *lockbrick* per meter persegi. Kuat tekan dan daya serap air adalah parameter kelayakan *lockbrick* dari aspek mekanis sedangkan biaya pembuatan dinding adalah aspek kelayakan ekonomi.

Penelitian dilakukan dengan memperlakukan produk dalam kondisi terkontrol dengan urutan kegiatan sistematis sehingga diperoleh data yang dapat untuk mengambil kesimpulan.

Parameter Penelitian

a. Uji Kuat Tekan *Lockbrick*

Benda uji dalam bentuk *lockbrick modular* Tlb-1 dan Tlb-2. Dimensi benda uji tebal 12 cm, tinggi 15 cm dan panjang 30 cm (Tlb-1) dan 15 cm (Tlb-2). Pengujian dilakukan di Laboratorium Beton PTB UNS Pabelan Surakarta.

Uji kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari, dimana kekuatan beton telah mencapai 100%. Untuk meratakan beban *lockbrick* pada waktu uji tekan maka dibuat plat baja untuk tapak atas dan bawah dengan bentuk menyesuaikan bentuk tapak atas – bawah *lockbrick*.

b. Uji Daya Serap Air *Lockbrick*

Benda uji dalam bentuk *lockbrick modular* Tlb-1. Pengujian daya serap air dilakukan di Laboratorium Beton PTB UNS Pabelan Surakarta.

c. Biaya Pembuatan Dinding *Lockbrick*.

Dalam SNI tentang Analisa Biaya Konstruksi telah ditentukan indek bahan dan indek upah untuk menghitung biaya pelaksanaan satuan pekerjaan tertentu. Dalam hal ini akan dicuplik 2 jenis pekerjaan dinding, yaitu pekerjaan pasangan dinding bata merah, dan pasangan dinding *conblock*, yang akan digunakan sebagai pembanding dengan pekerjaan pasangan dinding *lockbrick modular*.

Selain itu penghitungan juga didasarkan pada Harga Satuan Pekerjaan dan Upah Pekerjaan Konstruksi Propinsi Jawa Tengah, Kota Surakarta, tahun 2015.

Tabel 1. Dimensi *Lockbrick Modular*

Tipe	Dimensi			Keterangan
	L	W	H	
Tlb-1	30	12	15	Memiliki 2 lubang, masing-masing 7 x 7 cm
Tlb-2	15	12	15	Memiliki 1 lubang, masing-masing 7 x 7 cm

Keterangan : L = panjang, W = tebal, H = tinggi

Sumber : Habsya, 2010

Perhitungan harga *lockbrick* didasarkan kepada kapasitas produksi mesin, biaya material, biaya tenaga kerja, biaya beban listrik dan jasa produksi.

Kelayakan *Lockbrick Modular* Beton Berdasarkan SNI 03-0349-1989

Lockbrick modular termasuk dalam katagori bata beton berlubang. Dalam SNI Bata beton berlubang disyaratkan yaitu:

- Memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih dari 25% volume bata seluruhnya.
- Memiliki kuat tekan dan daya serap air seperti pada tabel 2:

Tabel 2. Persyaratan Kuat Tekan, Daya Serap Air

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Muutu Bata Beton Berlubang			
		I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata minimal	MPa	7,0	5,0	3,5	2,0
Kuat tekan bruto masing-masing produk	MPa	6,5	4,5	3,0	1,7
Penyerapan air	%	25	35	-	-

Sumber: SNI 03-0349-1989

Pembuatan *Lockbrick modular*

a. Komposisi Bahan

Material untuk mencetak *lockbrick* Tlb-1 dan Tlb-2 adalah Semen (PC), pasir beton lepas saringan 5 mm (psr), kerikil 6 - 10 mm (psr) dan abu (ladu) pecahan batu *mess* 100. Kerikil yang digunakan berdimensi kecil untuk mendapatkan beton yang padat pada semua bagian *lockbrick*, terutama pada sisi dinding *lockbrick* tebal 25 mm.

Komposisi material yang digunakan 1 pc : 4 agregat, dengan variasi agregat seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Prosentase Agregat

No.	Sampel Lockbrick	Prosentase Agregat
1	Tlb-1	10% psr, 50% ladu, 40% krl
2	Tlb-1	10% psr, 40% ladu, 50% krl
3	Tlb-1	10% psr, 30% ladu, 60% krl
4	Tlb-1	20% psr, 50% ladu, 30% krl
5	Tlb-1	20% psr, 40% ladu, 40% krl
6	Tlb-1	20% psr, 30% ladu, 50% krl
7	Tlb-1	20% psr, 20% ladu, 60% krl
8	Tlb-1	30% psr, 50% ladu, 20% krl
9	Tlb-1	30% psr, 30% ladu, 40% krl
10	Tlb-1	30% psr, 20% ladu, 50% krl
11	Tlb-1	30% psr, 10% ladu, 60% krl
12	Tlb-1	40% psr, 20% ladu, 40% krl
13	Tlb-1	40% psr, 10% ladu, 50% krl
14	Tlb-1	50% psr, 30% ladu, 20% krl
15	Tlb-1	50% psr, 20% ladu, 30% krl
16	Tlb-1	50% psr, 10% ladu, 40% krl

Sumber: Penelitian 2014

b. Pengadukan campuran beton

Pengadukan campuran beton menggunakan *mixer* untuk campuran beton kering seperti *mixer* untuk mencetak *paving block*. Pertama pengadukan semen dan agregat sampai diperoleh campuran homogen, dan berikutnya tambahkan air sesuai rencana campuran. Pengadukan setelah ditambahkan air dilakukan sampai homogen. Kemudian adukan yang telah homogen dimasukkan dalam cetakan bertahap sampai penuh.

c. Cetakan *lockbrick modular*

Cetakan *lockbrick modular* terdiri dari alas, cetakan dan tutup cetakan. Alas cetakan dari multipleks dan papan kayu jati yang telah dibentuk sesuai bentuk sambungan betina *lockbrick*.

Cetakan dan tutup cetakan terbuat dari plat baja tebal 4 – 6 mm dan pipa baja diameter 18 mm.

d. Mekanisme Kerja Mesin Pencetak

Mekanisme mesin yang digunakan dalam membuat *lockbrick* adalah tekan dan getar. Tekan menggunakan tutup cetakan dengan gaya gravitasi, getar diperoleh dari motor penggerak dikonversi menjadi getar. Mekanisme getar, berfungsi mendistribusikan adukan semen ke sudut-sudut cetakan, mengeluarkan gelembung udara dalam adukan semen, sehingga padat. Mekanisme tekan, berfungsi untuk meratakan permukaan atas produk.

e. Perawatan

Perawatan produk *lockbrick modular* dilakukan dengan meletakkan di rak dalam ruangan beratap sehingga tidak kena sinar matahari langsung. Setiap hari selama 10 hari pertama produk di siram dengan air. Produk akan memperoleh kekuatan 100% pada umur perawatan 28 hari. Uji kuat tekan dan daya serap air dilakukan setelah *lockbrick* 28 hari.

f. Sampel Uji *Lockbrick*

Sampel *lockbrick* yang akan diuji kuat tekan dan daya serap air adalah *lockbrick* tipe Tlb-1. Masing-masing komposisi 3 sampel. Jumlah sampel Tlb-1 = 3 x 16 komposisi x 2 obyek uji = 96 buah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

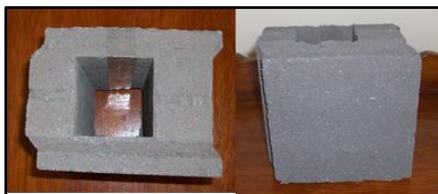
Lockbrick sebagai bata beton berlubang.

Luas penampang *lockbrick* Tlb-1 262 cm², luas penampang lubang 98 cm, atau 37% dari luas penampang Tlb-1 (Gambar 4). Luas penampang Tlb-2 131 cm, luas penampang lubang 49 cm, atau 37% dari luas penampang *lockbrick* Tlb-2 (Gambar 5).

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 bahwa katagori bata beton berlubang memiliki luas penampang lubang lebih dari 25%, maka *lockbrick modular* Tlb-1 dan Tlb-2 memenuhi katagori tersebut.



Gambar 4. Produk *lockbrick* beton Tlb-1
Sumber: Habsya, 2010



Gambar 5. Produk *lockbrick* beton Tlb-2
Sumber: Habsya, 2010

Kuat Tekan dan Daya Serap Air *Lockbrick*

Hasil uji kuat tekan dan daya serap air ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4. Kuat Tekan dan daya serap air

No Sampel	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Daya Serap Air (%)
1	3,437	23,46
2	4,097	22,73
3	5,073	21,68
4	2,750	24,72
5	3,623	22,03
6	4,176	22,54
7	6,247	19,83
8	2,529	24,68
9	3,982	22,81
10	5,397	21,24
11	6,837	19,55
12	3,747	22,87
13	5,943	20,78
14	2,840	24,83
15	3,250	23,31
16	4,297	22,14

Sumber: Penelitian 2014

Mutu *Lockbrick* berdasarkan SNI

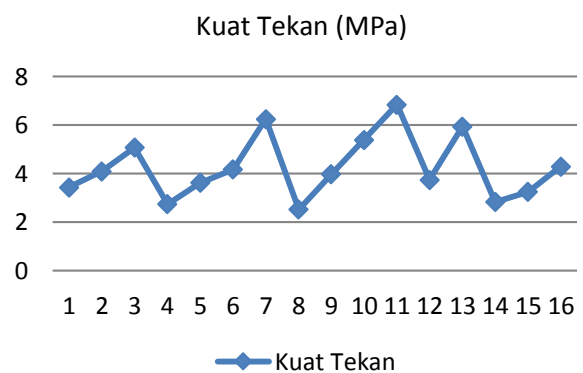
Data tabel 4 dan gambar 5 menunjukkan bahwa kuat tekan *lockbrick* semua komposisi agregat memenuhi kuat tekan mutu II, III, dan IV SNI 03-0349-1989. Angka tersebut lebih

rendah dari kuat tekan batu bata India (*interlock brick*). Perbedaan hasil kuat tekan tersebut disebabkan antara lain perbedaan komposisi campuran, proses pencetakan, termasuk didalamnya adalah kemampuan getas dan tekan mesin pencetak yang digunakan, proses perawatan serta bentuk bata. Perbedaan bentuk bata antara lain dari sisi dimensi tinggi bata India lebih kecil dari *lockbrick*, lubang bata India selinder dengan luas relatif kecil, sedangkan lubang *lockbrick* berbentuk persegi dengan luas lebih besar.

Ragam angka kuat tekan *lockbrick* pada gambar 6, menunjukkan bahwa semakin sedikit prosentase ladu dan semakin banyak prosentase kerikil menunjukkan angka kuat tekan semakin besar.

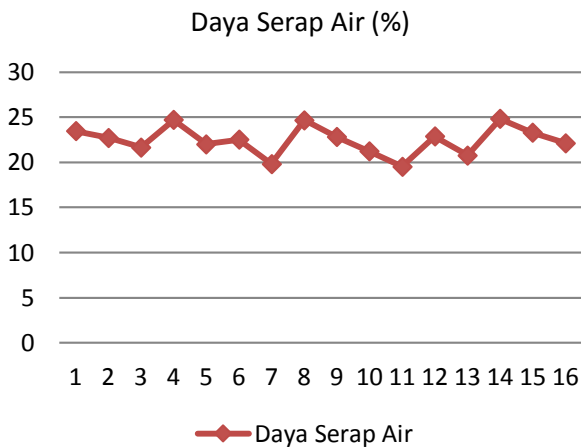
Data tabel 5 dan gambar 7 menunjukkan bahwa daya serap air semua komposisi agregat lebih kecil dari 25%, memenuhi syarat mutu I SNI 03-0349-1989. Daya serap air *lockbrick* tersebut lebih besar dari batu bata India. Perbedaan angka tersebut antara lain disebabkan perbedaan komposisi bahan pembentuk bata serta perbedaan kuat tekan. Semakin padat material pembentuknya biasanya semakin tinggi kuat tekannya dengan daya serap air semakin rendah.

Gambar 7 juga menunjukkan bahwa semakin sedikit prosentase ladu dan semakin banyak prosentase kerikil menunjukkan angka daya serap air semakin rendah.



Gambar 6. Kuat Tekan berbagai komposisi agregat

Sumber: Analisis penelitian 2014



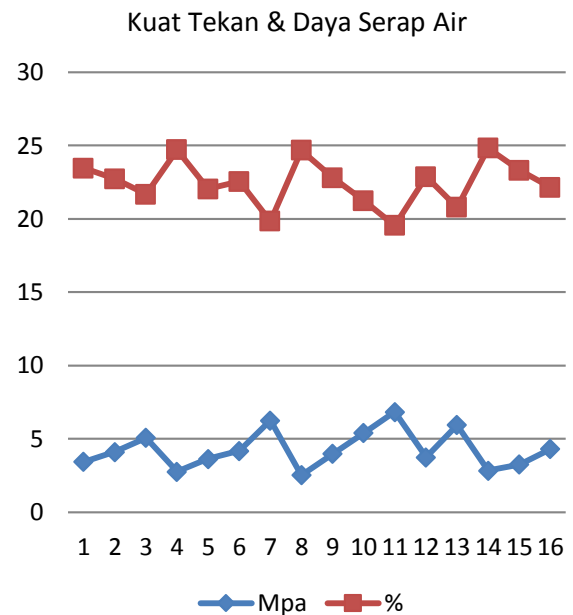
Gambar 7. Daya Serap air berbagai komposisi agregat

Sumber: Analisis penelitian 2014

Data tabel 4 dan gambar 7 menunjukkan bahwa kuat tekan dan daya serap air diatas menunjukkan bahwa semua komposisi yang digunakan untuk mencetak produk *lockbrick* secara mekanis layak dan memenuhi persyaratan SNI yang ada.

Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai optimal kuat tekan sebesar 6,84 MPa pada komposisi sampel nomor 11, dengan daya serap air 19,55%. Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin tinggi angka kuat tekan, semakin rendah daya serap air atau angka kuat tekan berbanding terbalik dengan angka daya serap air.

Upaya mengurangi limbah sampah dengan memanfaatkan abu pembakaran sampah Putri Cempo Karanganyar sebagai bahan tambah agregat dalam penelitian *lockbrick* pernah dilakukan. Upaya tersebut dilakukan oleh Yoga (2013) dengan perbandingan 1 pc : 7 agregat. Untuk komposisi 0% abu pembakaran sampah, 100% pasir menghasilkan kuat tekan 4,3 MPa (mutu III SNI), dan komposisi 15% abu sampah, 85% pasir menghasilkan kuat tekan 2.77 MPa. Untuk komposisi abu pembakaran sampah 20% dan 25% menghasilkan kuat tekan yang tidak memenuhi syarat SNI. Sedangkan angka daya serap air semua komposisi tersebut diatas memenuhi syarat SNI.



Gambar 8. Kuat tekan dan data serap air berbagai komposisi agregat.

Sumber: Analisis penelitian 2014

Kuat tekan *lockbrick* dengan bahan tambah abu pembakaran sampah 15% termasuk dalam katagori mutu kuat tekan IV, yaitu untuk dinding partisi, tidak dapat untuk dinding pemikul. Angka-angka tersebut menunjukkan bawa upaya pemanfaatan limbah abu pembakaran sampah tidak signifikan mengurangi limbah yang ada.

Biaya Pembuatan Dinding *Lockbrick*

Untuk menghitung biaya pembuatan dinding *lockbrick* diperlukan data kapasitas produksi mesin, kebutuhan material, dan harga satuan pekerjaan bahan dan upah. Kapasitas produksi mesin perhari diperoleh selama uji coba produksi di laboratorium PTB FKIP UNS, yaitu menyangkut waktu masing-masing proses produksi, dan waktu efektif produksi.

Tabel 5. Kapasitas Produksi Mesin

Keterangan	Menit
Waktu kerja hari (7.0 - 16.00)	510
Persiapan awal produksi dan merapikan tempat sore hari	35
Waktu istirahat siang	90
Waktu efektif produksi	385
Waktu diperlukan sekali cetak menghasilkan 2 unit <i>lockbrik</i>	4
Kapasitas produksi mesin $(385 : 4) \times 2 =$	192.5

Tabel 6. Harga *lockbrick* untuk mencetak 192 unit

Ket	Jml	Rupiah	Jml (Rp)
Semen	372,3 kg	1.250,-	465.388,-
Pasir	446,8 kg	114,-	50.932,-
Ladu	297,8 kg	74,-	22.041,-
Kerikil	744,6 kg	148,-	110.204,-
Air	121,0 ltr		0
Biaya material untuk 192 unit			648.564,-

Tabel 7. Tenaga kerja perhari

1 orang operator mesin pencetak	70.000,-
1 orang operator mixer	60.000,-
Pembantu tukang	50.000,-
Biaya tenaga kerja	180.000,-
Biaya listrik (350 kw x 375)	131.250,-
Biaya produksi 192 unit/hari	959.814,-
Biaya produksi 1 unit <i>lockbrick</i>	4.986,-
Jasa produksi 15%	748,-
Harga per unit <i>lockbrick</i>	5.734,-
Harga perunit dibulatkan	5.750,-

Biaya pembuatan dinding m²

Perhitungan biaya material dan tenaga didasarkan analisa sesuai SNI dan Daftar Harga dan Upah yang dikeluarkan Dinas PU Jawa Tengah untuk Kota Surakarta.

Tabel 8. Biaya dinding *lockbrick* 1 m²

Biaya dinding <i>lockbrick</i> 1 m²			164.811,-
<i>Lockbrick</i>	22,22	5.750,-	127.778,-
Tenaga pasang			11.750,-
0,1 pekerja	0,16	45.000	7.200,-
0,05 tukang bt	0,06	60.000	3.600,-
0,005 kepala tukang	0,006	65.000	390,-
0,005 Mandor	0,008	70.000	560,-
Plesteran 1 pc:3pp, 5 mm, 2 muka			25.283,-

Tabel 9. Biaya dinding batu bata 1 m²

Biaya dinding batu bata 1m²		166.003,-
Bahan dinding (5x1x22), 1pc:3pp		61.113,-
Tenaga pasang dinding		21.200
Plesteran 1pc:3pp, 15 cm, 2 muka		83.690,-

Tabel 10. Biaya dinding *hollowblock* 1 m²

Biaya dinding <i>hollowblock</i> 1m²		218.630,-
Bahan dinding 11pc:3pp		113.740,-
Tenaga pasang dinding		21.200,-
Plesteran 1pc:pp, 15 cm, 2 muka		83.690,-

Biaya tenaga pasang dinding antara batu bata dan *hollowblock* lebih mahal dibanding-

kan dengan biaya pasang material dinding berpengunci (Witarso, 2007).

Perhitungan tersebut memperlihatkan bahwa biaya pembuatan dinding *lockbrick* relatif sama dengan pembuatan dinding batu bata. Sedang dibandingkan dengan biaya dinding *conblok/hollowblock* biayanya 24% lebih murah.

KESIMPULAN DAN SARAN**Kesimpulan**

Kuat tekan *Lockbrick modular* beton komposisi 1 pc : 4 agregat, dengan agregat berbagai komposisi pasir, ladu, dan kerikil memenuhi syarat SNI mutu II, II, IV

Daya serap air *lockbrick modular* beton komposisi 1 pc : 4 agregat, dengan agregat berbagai komposisi pasir, ladu, dan kerikil memenuhi syarat SNI mutu I.

Biaya 1 m² pasangan dinding *lockbrick modular* 24% lebih murah dari biaya dinding batako.

Saran

- Untuk studi berikutnya selain uji kuat tekan, dan daya serap air hendaknya diuji geser sebagaimana persyaratan sebuah dinding.
- *Lockbrick* perlu dikembangkan dengan menggunakan beton ringan yang akan signifikan mengurangi beban struktur bangunan gedung, serta memberikan kemampuan hambat panas yang baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LPPM UNS dan Direktur Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DP2M) Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kemendiknas RI yang telah memberikan dukungan fasilitas dan dana sehingga penelitian terlaksana dengan baik. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada anggota tim peneliti, mahasiswa dan teknisi laboratorium PTB PTK FKIP UNS yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Pengujian dan Informasi Konstruksi. 205. *Harga Satuan Pekerjaan Bahan & Upah Pekerjaan Konstruksi Propinsi Jawa Tengah, untuk Kota Surakarta*, Edisi September 2013.
- Dilorenzo, Nick. 2011. *Concrete Panel Construction System*, Patent Number US 7,958,687 B2, Tanggal 14 Juni 2011.
- Chavoshi, Mahsa. 2011. *Mechanical Properties of Soil Cement Interlocking Block*, Thesis, Universiti Tenga Nasional Malaysia.
- Dipohusodo. Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Habsya C. 2010. *Desain Prapabrikasi Komponen Struktur dan Komponen Dinding Bangunan Gedung*, FKIP UNS Surakarta.
- Habsya C. 2014. *Bata Modular Berpengunci Untuk Bangunan Gedung*, Pendaftaran Paten Nomor, S00201401680, Tanggal 21 Maret 2014, Dirjen HKI Kemenkumham RI.
- Kaskus: archive.kaskus.co.id/thread/908330/3770
- Nagy, John R and Krell, Clinton C. 2012. *Modular Concrete Building*. Paten US8,132,388B2. Tanggal 13 Maret 2012.
- Simmons, Scott. 2000. *Modular Building Materials*. US Paten Number US006,088,987. Tanggal 18 Juli 2000.
- SNI 6897:2008, *Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Dinding untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan*, Butir 6.18.
- SNI 03-0349-1989, *Bata Beton untuk Pasangan Dinding*, Badan Standardisasi Nasional.
- Witarso, WS. *Pengembangan Interlockblock Untuk Menurunkan Biaya Konstruksi Rumah*, Jurnal Permukiman Vol. 2 No. 1 Mei 2007.
- Yoga. 2011. *Pengaruh Abu Pembakaran Sampah Campuran Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Karakteristik Lockbrick Modular*, Skripsi PTB FKIP UNS, Sekripsi, Desember 2013.