ISSN 0853-2982

JURNAL TEKNIK SIPIL
Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil

Tingkat Ketahanan Api Batako Ban Bekas untuk Material Dinding Bangunan

Nastain
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unsoed, Jl. Mayjen Sungkono KM No.5
E-mail: tain93@yahoo.com

Agus Maryoto
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unsoed, Jl. Mayjen Sungkono KM No.5
E-mail: agus_maryoto1971@yahoo.co.id

Abstrak

Penggunaan batako ringan ban bekas sebagai material dinding telah menunjukan kontribusi yang cukup baik dalam usaha penghematan energi dalam bangunan, maupun untuk mengurangi berat sendiri struktur bangunan secara keseluruhan. Oleh karena itu batako ban bekas sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan material dinding bangunan. Tetapi, tingginya kasus-kasus kebakaran yang sering terjadi terhadap bangunan di Indonesia, maka menjadi penting untuk mengetahui tingkat ketahanan api batako ringan ban bekas sebagai material dinding terhadap kebakaran. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat ketahanan api batako ringan ban bekas menggunakan metode uji modifikasi SNI 1741-2008. Perubahan suhu pembakaran diukur menggunakan alat thermometer infra red pada 15 titik pengukuran. Hasil penelitian menunjukan bahwa suhu kebakaran sisi terekspose api akan meningkat seiring bertambahnya waktu pembakaran dan akan menurun seiring bertambahnya kadar ban bekas dalam batako. Bertambahnya kadar ban bekas dalam batako juga akan menyebabkan suhu kebakaran pada sisi tidak terekspose api menjadi lebih rendah dan akan menurunkan laju penyebaran suhu kebakaran.

Kata-kata Kunci: *Batako, ban bekas, kebakaran dan ketahanan api.*

Abstract

The use of lightweight brick tires as wall materials has shown a considerable contribution to energy conservation efforts in buildings, as well as to reduce the overall weight of the building structure. Therefore batako tires used very potential to be used as building material wall materials. However, the high number of fire cases that often occur in buildings in Indonesia, it becomes important to know the level of fire resistance of lightweight concrete tires as wall material against fire. Therefore, the purpose of this study is to determine the level of fire resistance of lightweight tire brick using the test method of modification of SNI 1741-2008. The change in combustion temperature was measured using an infra red thermometer at 15 point measurements. The results showed that the fire temperature of the fire exposed side will increase with the addition of burning time and will decrease with increasing the tire level in the brick. Increasing the level of tires used in bricks will also cause the fire temperature on the unexposed side of the fire to be lower and will decrease the rate of fire temperature spread.

Keywords: *Batako, used tires, fire and fire resistance.*

1. Pendahuluan

Batako merupakan salah satu alternatif bahan dinding yang murah dan kuat. Mallisa (2011) mendefinisikan batako adalah bata beton yang dibuat dari campuran antara semen, agregat dan air layaknya campuran beton dengan atau tanpa bahan tambahan. Sedangkan Wisnumurti (2004) menyatakan bahwa batako adalah semacam batu cetak yang terbuat dari campuran tras, kapur, dan air atau dapat dibuat dengan campuran semen, kapur, pasir dan ditambah air dalam keadaan pollen (lekat) dicetak menjadi balok-balok dengan ukuran tertentu. Sedangkan menurut SNI 03-0349-1989 bata beton adalah suatu jenis unsur bangunan berbentuk bata yang dibuat dari campuran bahan perekat hidrolis atau sejenisnya, air, dan agregat, dengan atau tanpa bahan tambah lainya yang tidak merugikan sifat beton itu.

Batako mempunyai sifat-sifat panas dan ketebalan yang lebih baik dari pada beton. Batako dapat disusun empat kali lebih cepat dari pada penggunaan batu bata. Keuntungan lain adalah penggunaan batako dapat mengurangi efek kerusakan lingkungan khususnya lahan pertanian yang dijadikan sebagai pembuatan batu bata (Wijanarko, 2008). Batako terdiri dari berbagai bentuk dan ukuran. Ada dua macam jenis batako, yaitu batako pejal (*solid block*) dan batako berlubang (*hollow block*). Batako pejal adalah batako yang memiliki penampang pejal 75% atau lebih dari

Diterima 22 Juni 2018, Direvisi 03 September 2018, Diterima untuk dipublikasikan 05 September 2018.
Copyright © 2018 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2018.25.2.10

luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih dari 75% dari volume bata seluruhnya (SNI 03-0349-1989). Tetapi batako berlubang memiliki sifat peredam panas yang lebih baik dari batako pejal dengan menggunakan bahan dan ketebalan yang sama.

Sedangkan berdasarkan bahan pembuatannya, batako ,dapat dikelompokan menjadi (1) batako putih (tras) yang terbuat dari campuran tras, batu kapur dan air sehingga sering disebut batu cetak kapur tras dengan ukuran panjang 20-30 cm, tebal 8-10 cm, dan tinggi 14-18 cm, (2) batako semen yang terbuat dari campuran semen dan pasir dan dikenal juga sebagai batako press dengan ukuran panjang 36-40 cm, tinggi 18-20 cm, dan tinggi 8-10 cm, dan (3) batako ringan yang terbuat dari bahan baku pasir kuarsa, semen, dan bahan lain yang dikategorikan sebagai bahan-bahan untuk beton ringan. Dimensi batako ringan lebih besar dari bata konvensional yaitu 60 x 20 cm dengan ketebalan 7-10 cm, sehingga menjadikan pekerjaan dinding lebih cepat selesai dibandingkan bata konvensional (Ahmad, dkk, 1993; 2008).

Berdasarkan SNI 03-0348-1989, persyaratan mutu batako pejal adalah harus mempunyai bentuk sempurna, tidak retak-retak, tidak cacat pada bagian sudut dan rusuknya, dan tidak mudah dirapuhkan dengan jari tangan. Lebih detail persyaratan batako yang baik adalah permukaan batako harus mulus, berumur minimal satu bulan, pada waktu pemasangan harus kering, berukuran panjang ± 40 cm, lebar ± 20 cm, kadar air 25-35% dari berat, dengan kuat tekan antara 2-7 N/mm^2 (Sumaryanto, dkk, 2009).

Disamping keunggulan yang dimiliki batako tersebut, ternyata batako memiliki kelemahan yaitu berat dan mudah pecah. Usaha untuk mengurangi kelemahan batako tersebut diharapkan dapat dilakukan dengan penggunaan potongan limbah ban bekas dalam campuran batako (Nastain dan Maryoto, 2010; Nastain, dkk, 2008; 2009; 2010; 2013; 2014). Hal ini karena potongan ban bekas akan berfungsi seolah-olah seperti tulangan dalam yang akan menahan tegangan tarik. Sedangkan berat satuan ban bekas yang kecil yaitu berkisar antara 1,08 – 1,27 t/m^3 (Moo, *et all*, 2003) akan membuat batako menjadi lebih ringan. Ban bekas merupakan limbah dari roda kendaraan bermotor yang sudah tidak layak pakai. ETRA (2002) mendefinisikan ban bekas adalah ban yang secara permanen telah dibuang dari kendaraan tanpa kemungkinan untuk dibentuk lagi pada penggunaan di jalan raya. Di Eropa ban bekas pada tahun 2004 mencapai 3,25 juta ton per tahun, di Amerika tahun 2003 adalah 3,75 ton per tahun dan di Jepang tahun 2004 adalah sekitar 1,0 juta ton per tahun (Esdekar, 2006). Sedangkan di Indonesia limbah ban bekas jumlahnya cukup besar yaitu diperkirakan 11 juta ton per tahun (Anonim, 2006), dan jumlah ini akan terus bertambah seiring pertambahan jumlah kendaraan di dalam negeri. Pada sisi lain pemanfaatan ban bekas di Indonesia masih sangat terbatas, antara lain hanya untuk pelindung dermaga (*fender*), tali, sandal, tempat sampah dan kerajinan kursi. Sehingga beberapa tahun ke depan, limbah ban bekas akan menjadi masalah yang cukup serius dan rumit. Karena limbah ban bekas sangat sulit diuraikan oleh lingkungan dan sangat tahan terhadap serangan kimia dan asam (Reddy dan Saichek, 1998). Pemusnahan ban bekas dengan cara dibakar pun juga cukup sulit dilakukan, karena ban bekas hanya akan terbakar pada suhu di atas 322°C (Edeskar, 2006). Oleh karena itu perlu diupayakan terobosan baru untuk pemanfaatan limbah ban bekas ini, salah satunya yaitu untuk campuran batako dalam bentuk potongan serat, dengan harapan memberikan sifat tahan keretakan (*cracking*) akibat beban dan juga menurunkan berat satuan batako.

Selanjutnya mengingat tingginya kasus-kasus kebakaran yang sering terjadi terhadap bangunan di Indonesia, maka menjadi penting untuk mengetahui sifat ketahanan batako ban bekas sebagai material dinding terhadap api/kebakaran. Oleh karena itu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui tingkat ketahanan api batako ban bekas menjadi penting untuk dilakukan.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan melakukan uji tingkat ketahanan api di laboratorium Teknik Sipil Unsoed terhadap benda uji batako ban bekas.

2.1 Bahan penelitian

Bahan penelitian adalah air, semen, pasir, dan potongan ban bekas ukuran 0,4 x 0,4 x 2,0 cm. Ban bekas yang digunakan merupakan ban bekas kendaraan dengan jenis ban biasa (bukan tubelless).

2.2 Peralatan penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : cetakan batako, alat pembakaran, dan thermometer infra red

(a). Cetakan batako

(b). Alat pembakaran

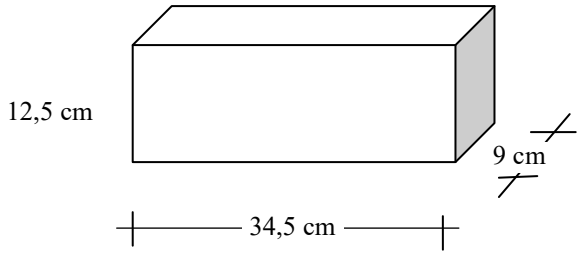
(c) Thermometer *infrared*

Gambar 1. Peralatan penelitian

Diterima 22 Juni 2018, Direvisi 03 September 2018, Diterima untuk dipublikasikan 05 September 2018.
Copyright © 2018 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2018.25.2.10

2.3 Rancangan benda uji

Benda uji yang digunakan berbentuk batako dengan ukuran 34,5 x 12,5 x 9 cm dengan variasi prosentase penambahan agregat ban bekas pada bahan campuran beton normal dengan kadar maksimum penambahan sebesar 60%.



Gambar 2. Benda uji model dinding

Bahan campuran batako adalah air, semen, pasir, dan agregat potongan ban bekas. Penggunaan air terhadap semen ditetapkan berdasarkan nilai faktor air semen sebesar 0,6 dan penggunaan semen per meter kubik bahan campuran batako terhadap agregat adalah 1 : 6. Sedangkan variasi prosentase penambahan agregat potongan ban bekas dalam campuran adalah perbandingan volume antara potongan ban bekas dan pasir yang digunakan. Ukuran dan variasi benda uji dapat dilihat pada **Tabel 1.**

Tabel 1. Ukuran dan variasi benda uji

Kode Sampel	Ukuran Batako (cm)		Vol. Pasir (%)	Vol. Ban (%)
	Tampang	Panjang		
BB.0	12,5 x 9	34,5	100,0	0,0
BB.1	12,5 x 9	34,5	90,0	10,0
BB.2	12,5 x 9	34,5	80,0	20,0
BB.3	12,5 x 9	34,5	70,0	30,0
BB.4	12,5 x 9	34,5	60,0	40,0
BB.5	12,5 x 9	34,5	50,0	50,0
BB.6	12,5 x 9	34,5	40,0	60,0
BB.7	12,5 x 9	34,5	90,0	10,0
BB.8	12,5 x 9	34,5	80,0	20,0
BB.9	12,5 x 9	34,5	70,0	30,0
BB.10	12,5 x 9	34,5	60,0	40,0
BB.11	12,5 x 9	34,5	50,0	50,0
BB.12	12,5 x 9	34,5	40,0	60,0

2.4 Tahapan penelitian

1. Persiapan

Persiapan meliputi penyediaan formulir-formulir pengujian, peralatan, rapat persiapan untuk koordinasi, dan pembagian kerja tim.

2. Pengujian karakteristik agregat batako

Pengujian meliputi pengujian agregat pasir dan bahan ban bekas. Pengujian agregat pasir dilakukan untuk pemeriksaan berat volume, berat jenis, berat jenis kering muka, penyerapan air, kadar lumpur, dan gradasi butir. Sedangkan pengujian agregat bahan ban bekas dilakukan untuk mengetahui berat volume, berat jenis, absorbsi, dan kuat tarik ban bekas.

3. Pembuatan potongan ban bekas

Potongan limbah ban bekas berukuran penampang 0,4 x 0,4 cm^2 dan panjang 2,0 cm.

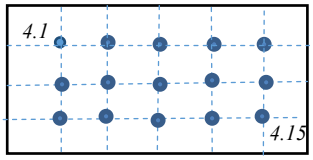
4. Pembuatan benda uji batako

Benda uji batako dibuat dengan faktor air semen 0,6. Ukuran dan variasi benda uji seperti pada **Tabel 1.** Potongan ban bekas diberikan secara acak sesuai dengan persen volume yang ditetapkan. Dimana berat potongan ban bekas (W_b) dalam 1 meter kubik campuran batako dihitung dengan rumus: $W_b = V_b \times \gamma_b$, dengan W_b adalah berat ban bekas, V_b adalah persen volume ban bekas, dan γ_b adalah berat volume ban bekas. Selanjutnya batako dirawat selama 28 hari dengan di tempatkan pada daerah yang terlindung dari sinar matahari dan hujan.

5. Pengujian tingkat ketahanan api batako

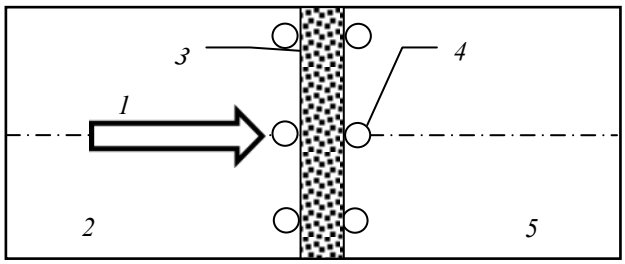
Pengujian ketahanan api dilakukan berdasarkan modifikasi SNI 1741-2008 dengan menggunakan alat pembakaran dan untuk mendapatkan area pembakaran yang luas di gunakan tungku gas yang di modifikasi (**Gambar 3.a**). Penembakan api ke batako dilakukan selama kurang lebih 90 menit dan dilakukan pengukuran suhu tiap 10 menit pada sisi batako yang terkena api (terekspose api) dan pada sisi sebaliknya (tidak terekspose api) menggunakan *infrared thermometer* pada 15 titik pengukuran (**Gambar 3.b**). Tingkat kerusakan akibat kebakaran juga di amati secara visual. Model uji tingkat ketahanan api seperti pada **Gambar 4**.

(a) Pembakaran batako



(b) Titik pengukuran suhu

Gambar 3. Tungku pembakaran



Gambar 4. Model uji tingkat isolasi panas batako

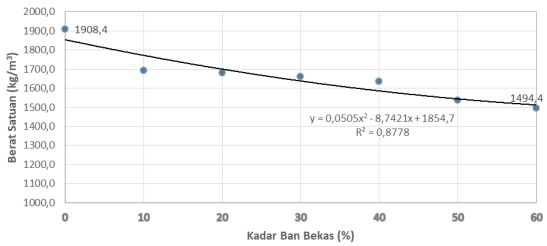
Diterima 22 Juni 2018, Direvisi 03 September 2018, Diterima untuk dipublikasikan 05 September 2018.
Copyright © 2018 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2018.25.2.10

keterangan :
1. alat pembakaran
2. ruang sisi ekspose api
3. benda uji batako
4. pengukuran suhu pada benda uji.
5. ruang sisi tak terekspose api

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Berat satuan

Batako segar/basah setelah dicetak kemudian dirawat dalam lingkungan/ruangan yang tidak secara langsung terkena sinar matahari selama ± 28 hari. Perawatan dilakukan dengan menutup batako dengan karung goni yang telah dibasahi. Setelah batako berumur 28 hari, ditimbang beratnya untuk mengetahui berat satuan batako. Berat satuan adalah berat batako dibagi dengan volume, pada saat batako berumur 28 hari. Hasil pengukuran berat satuan batako dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Hubungan berat satuan batako terhadap kadar ban bekas

Berdasarkan **Gambar 5**, berat satuan batako dengan bahan tambah ban bekas cukup kecil yaitu antara 1691,6-1494,4 kg/m^3, sehingga termasuk kategori batako ringan. Hal ini karena SNI 03-2847-2002 mensyaratkan bahwa beton ringan adalah beton yang mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m^3. Berat satuan batako semakin kecil seiring meningkatnya kadar penambahan ban bekas dalam campuran. Berat satuan batako tanpa ban bekas adalah sebesar 1908,4 kg/m^3 dan akan terus menurun seiring penambahan kadar ban bekas, dan pada kadar penambahan ban bekas 60% berat satuan batako hanya sebesar 1494,4 kg/m^3 atau turun sebesar 21,7%. Hal ini dimungkinkan karena berat jenis ban bekas jauh lebih kecil dari pada berat jenis agregat pasir.

3.2 Tingkat ketahanan api batako

Pengujian ketahanan api dilakukan berdasarkan modifikasi SNI 1741-2008 dengan menggunakan tungku gas yang di modifikasi untuk mendapatkan area pembakaran yang luas. Pembakaran dilakukan selama kurang lebih 90 menit dan dilakukan pengukuran suhu pada 15 titik pengukuran tiap 10 menit, baik pada sisi batako yang terkena api (terekspose api) maupun pada sisi sebaliknya (tidak terekspose api).

Analisis perubahan suhu akibat pengaruh lama pembakaran dilakukan dengan regresi polynomial, hal ini karena nilai koefesien determinasi (R^2) dan koefesien korelasi (R) cukup baik yaitu $R^2 > 0,7$ dan $R > 0,85$ dibandingkan regresi linear atau lainnya untuk seluruh data pengukuran. Hal ini juga sesuai dengan perilaku perubahan suhu yang terjadi berdasarkan

Tabel 2. Hasil pengukuran suhu rata-rata pada sisi terekspose api

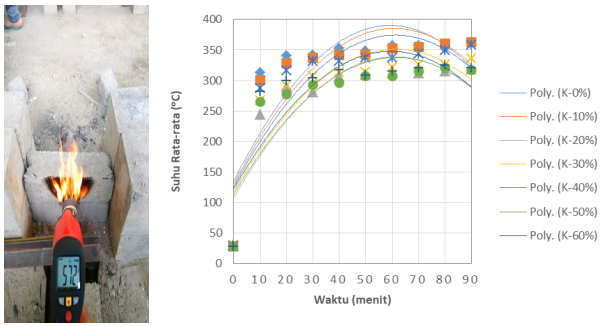
Kadar Ban	Suhu rata-rata pengukuran (°C)									
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	70'	80'	90'
K-0%	28.0	312.8	340.2	341.8	352.9	348.6	356.9	357.5	353.3	362.1
K-10%	28.0	300.7	328.3	337.5	341.2	342.8	353.1	355.4	360.5	362.2
K-20%	29.5	243.9	290.1	280.8	305.7	309.3	311.3	311.9	315.5	318.5
K-30%	29.5	267.7	292.1	307.3	313.7	313.8	321.6	325.7	326.1	335.6
K-40%	28.5	287.4	316.4	331.5	332.2	337.3	337.0	344.2	349.2	358.1
K-50%	28.0	265.0	277.9	292.5	295.7	307.2	307.4	315.1	320.3	317.5
K-60%	27.5	281.6	299.3	303.9	317.2	308.1	315.2	320.1	324.6	320.2

Tabel 3. Hasil pengukuran suhu rata-rata sisi tidak terekspose api

Kadar Ban	Suhu rata-rata pengukuran (°C)									
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	70'	80'	90'
K-0%	27.0	28.4	29.4	33.3	39.1	42.8	47.2	50.6	53.5	56.3
K-10%	28.0	30.5	31.5	33.1	37.5	42.1	44.7	48.5	50.8	52.5
K-20%	28.0	30.1	30.9	33.4	36.6	39.8	43.1	44.8	48.3	51.2
K-30%	28.3	30.3	29.9	32.2	33.8	36.5	38.0	41.3	45.2	46.4
K-40%	28.0	29.8	31.0	33.8	35.5	38.1	40.2	44.6	46.0	48.0
K-50%	27.0	30.5	30.2	31.4	33.0	35.5	38.2	40.7	41.7	44.6
K-60%	27.0	29.8	28.8	31.6	33.5	35.9	35.7	37.9	40.5	42.3

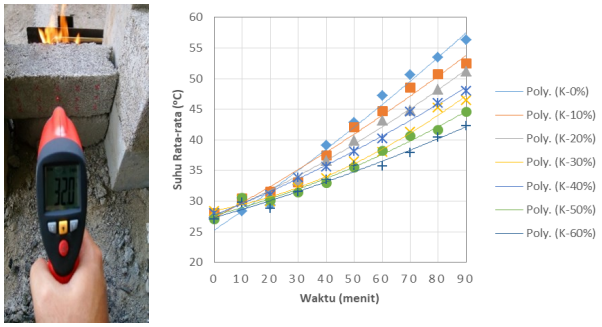
Diterima 22 Juni 2018, Direvisi 03 September 2018, Diterima untuk dipublikasikan 05 September 2018.
Copyright © 2018 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2018.25.2.10

data pengukuran, yaitu meningkat tajam selang waktu 0–10 menit dan kemudian meningkat secara perlahan pada selang waktu 10-90 menit, tetapi untuk batako dengan kadar ban bekas yang tinggi (50-60%) suhu akan turun kembali pada selang waktu 80-90 menit (**Tabel 2**). Berdasarkan **Gambar 6**, hasil regresi menunjukan bahwa suhu kebakaran pada sisi terekspose api akan meningkat seiring bertambahnya lama waktu pembakaran. Tetapi rata-rata suhu kebakaran pada sisi terekspose api akan menurun seiring meningkatnya kadar ban bekas dalam batako. Hal ini di mungkinkan karena sifat isolator yang di miliki oleh ban bekas. Sifat isolator ini pada akhirnya akan menyebabkan suhu kebakaran pada sisi tidak terekspose api (**Gambar 7**) menjadi lebih rendah seiring bertambahnya kadar ban bekas dalam batako. Setelah mencapai suhu kebakaran maksimal yaitu dengan lama waktu pembakaran 50-60 menit, maka suhu kebakaran pada sisi terekspose api akan menurun kembali, terutama pada batako dengan kadar ban bekas yang cukup tinggi yaitu 50-60%. Hal ini terjadi karena beberapa material ban bekas sudah menjadi abu dan tidak terbakar lagi, sehingga menyebabkan suhu kebakaran menjadi turun.



Gambar 6. Hubungan suhu dan lama waktu pembakaran pada berbagai variasi kadar ban bekas

Pada sisi terekspose api

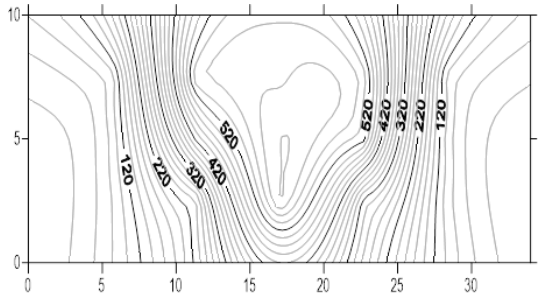


Gambar 7. Hubungan suhu dan lama waktu pembakaran pada berbagai variasi kadar ban bekas

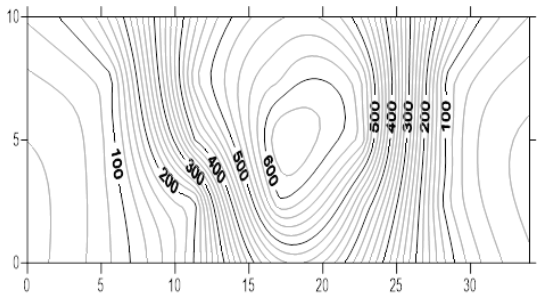
Pada sisi tidak terekspose api

3.3 Pola penyebaran panas

Pola penyebaran suhu kebakaran diketahui berdasarkan contour suhu pada permukaan batako saat pembakaran. Hasil analisis menunjukan bahwa suhu kebakaran akan merambat menyebar ke segala arah secara simetris dengan titik pusat merupakan titik awal kebakaran. Pada sisi terekspose api maupun sisi tidak terekspose api, batako dengan kadar ban bekas yang tinggi akan memiliki laju penyebaran panas yang lebih kecil, terlihat dari contour suhu yang berupa garis-garis yang kurang rapat. Sebaliknya batako dengan kadar ban bekas yang rendah cenderung memiliki laju penyebaran suhu yang besar, terlihat dari contour suhu yang berupa garis-garis yang lebih rapat. Pola penyebaran suhu dapat dilihat pada **Gambar 8** dan **Gambar 9**.

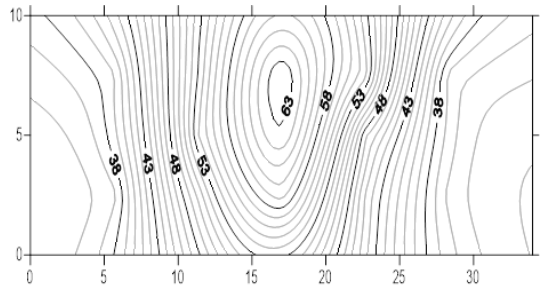


(a) Kadar ban 0%

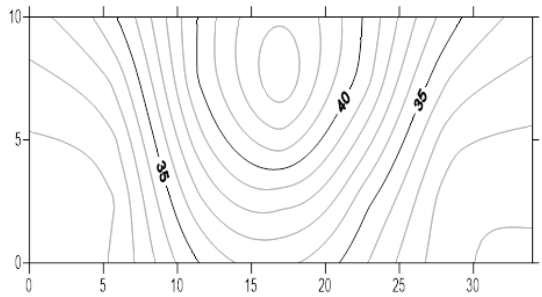


(b) kadar ban 60%

Gambar 8. Pola penyebaran panas pada sisi terekspose api



(a) Kadar ban 0%



(b) kadar ban 60%

Gambar 9. Pola penyebaran panas pada sisi tidak terekspose api

Diterima 22 Juni 2018, Direvisi 03 September 2018, Diterima untuk dipublikasikan 05 September 2018.
Copyright © 2018 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2018.25.2.10

4. Kesimpulan

1. Suhu kebakaran pada sisi terekspos api akan meningkat dengan bertambahnya waktu pembakaran, tetapi akan menurun seiring meningkatnya kadar ban bekas dalam batako. Bertambahnya kadar ban bekas dalam batako juga akan menyebabkan suhu kebakaran pada sisi tidak terekspose api menjadi lebih rendah dan menurunkan laju penyebaran suhu kebakaran.

2. Batako ban bekas akan memiliki laju penyebaran suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan batako biasa (tanpa ban bekas). Hal ini karena sifat isolator karet ban bekas yang ada dalam batako.

Daftar Pustaka

Ahmad W., Imam S., Kardiyono T., 2008. Batako *Styrofoam* Komposit Mortart Semen. Jurnal Forum Teknik Sipil No. XVIII/2.

Ahmad, I and C.W. Lovell, 1993. Rubber-soils as Lightweight Geomaterial. Presented at the 72nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washinton, DC.

Anonim. 2006. *Afsel Tuduh Indonesia Dumping Produk Ban*. Media Indonesia. Selasa, 5/12/2006, Jakarta.

Edeskar, T. 2006. *Use of Tire Shreds in Civil Engineering Applications*, Lulea University of Technology, Swedia.

ETRA. 2002. *Post-consumer tire materials and applications-CWA 14243*. CEN Workshop Agreement 14243, European Tyre Recycling Association, Brusells.

Mallisa, H. 2011. Studi Kelayakan Kualitas Batako Hasil Produksi Industri Kecil di kota Palu. Media Litbang Sulteng Volume IV (2): 75-82. Desember 2011.

Moo, Y.H., K. Sellasie, D. Zeroka, dan G. Sabnis. 2003. *Physical and chemical properties of recycled tire shreds for use in construction*. J.Environmental Engineering, 129(10), 921-929.

Nastain, dan Maryoto, A. 2010. Pemanfaatan Potongan Ban Bekas Untuk Campuran Beton Serat Perkerasan Kaku. Jurnal Dinamika Rekayasa, Volume 6 No. 1 Februari 2010.

Nastain, Maryoto, A., dan Sugiyanto, G. 2008. Pengembangan Perkerasan Semi-Lentur (*Tire Rigid Pavement*) Menggunakan Limbah Ban Bekas. Laporan Penelitian Tahun Ke-1 Program Insentif Kementrian Ristek, Jakarta.

Nastain, Sugiyanto, G., dan Maryoto, A. 2009. Pengembangan Perkerasan Semi-Lentur (*Tire Rigid Pavement*) Menggunakan Limbah Ban Bekas. Laporan Penelitian Tahun Ke-2 Program Insentif Kementrian Ristek, Jakarta.

Nastain, Sugiyanto, G., Maryoto, A., Sumiyanto. 2010. Pengembangan Perkerasan Semi-Lentur (*Tire Rigid Pavement*) Menggunakan Limbah Ban Bekas. Laporan Penelitian Tahun Ke-3 Program Insentif Kementrian Ristek, Jakarta.

Nastain, Widiyanto,W., dan Waluyo, S. 2013. Pemanfaatan Limbah Ban Bekas Sebagai Agregat Kasar Untuk Pengembangan Bata Beton Ringan Hemat Energi Dan Ramah Lingkungan (Tahun Ke-1). Laporan kemajuan penelitian Hibah Bersaing Dikti, Jakarta.

Nastain, Yanuar, H, dan Waluyo, S. 2014. Pemanfaatan Limbah Ban Bekas Sebagai Agregat Kasar Untuk Pengembangan Bata Beton Ringan Hemat Energi Dan Ramah Lingkungan (Tahun Ke-2). Laporan kemajuan penelitian Hibah Bersaing Dikti, Jakarta.

Reddy, K.R. dan R.E. Saichek. 1998. *Assesment of Damage to Geomembrane Liners by Shredded Scrap Tires*, Geotechnical Testing Journal, Vol. 21, No 4, pp 307-316.

SNI 03-0348-1989. Bata Beton Pejal, Mutu dan Cara Uji. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

SNI 03-0349-1989. Bata Beton Untuk Pasangan Dinding. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta

SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta

SNI 1741-2008. Cara Uji Ketahanan Api Komponen Struktur Bangunan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Sumaryanto, D, Satyarno, I dan Kardiyono, T. 2009. Batako Sekam Padi Komposit Mortar Semen. Jurnal Forum Teknik Sipil Vol XIX/1, UGM, Yogyakarta.

Wijanarko, W. 2008. Penelitian Jerami Padi Sebagai Bahan Pengisi Batako. USU, Medan.

Wisnumurti, 2004. Pengaruh Komposisi Mortar Terhadap Kuat Geser dan Hancur Tekan Searah Bidang Dinding Pasangan Bata Merah. Jurnal Ilmiah Rekayasa, Volume 1 Nomor 2 Desember 2004.

Diterima 22 Juni 2018, Direvisi 03 September 2018, Diterima untuk dipublikasikan 05 September 2018.
Copyright © 2018 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2018.25.2.10