

PENGARUH PROPORSI MATERIAL LIMBAH SERAT ALAMI TERHADAP SIFAT FISIKA BATA MERAH

Djusmaini Djamas, Ramli

Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP, email: djusmainidjamas@yahoo.co.id

ABSTRACT

This research has been done by making of composite red brick with materials lasing of natural fibre waste of chaff of paddy, bagasse waste and sawdust. In general this research aim to know influence of giving of natural fibre waste material to nature of red brick physics. Specificable, purpose of this research that is : 1) elaboration and investigation of influence of chaff waste the paddy proportion to nature of red brick physics; 2) elaboration and investigation of influence of bagasse waste proportion to nature of red brick physics; 3) elaboration and investigation of influence of sawdust waste proportion to nature of red brick physics. Red brick made of natural fibre waste and clay of the size item get away sieve 0,18 mm. Red brick sample have been made in form at long of the size 6cm x 6cm x 6cm and in form of cylinder with diameter 7 cm and high 15 cm. Red brick sample which have finished to be printed then burned in furnace electric, at temperature 800°C during 3,5 hour. For the characterization of strong test depress to be used Compressive Strength Machine while for the test of porosity used by Sonic Viewer. Strong depress red brick of mixture of sawdust and red brick of mixture lock up paddy have fulfilled SNI 15-2094-1991 namely mean stay in class 50, while red brick of bagasse waste mixture, mean stay in class 25.

Keywords: red brick, strong depress, porosity, natural fibre waste.

PENDAHULUAN

Pembangunan fisik di Indonesia, khususnya di Sumatera Barat terus meningkat. Pembangunan gedung-gedung bertingkat, bangunan perkantoran, bangunan perumahan dan konstruksi lainnya itu tidak terlepas dari bahan bangunan yang digunakan. Bahan bangunan yang digunakan harus mempunyai kualitas baik, porositas yang kecil dan bersifat kuat serta kokoh. Faktor-faktor ini penting diperhatikan atau dipertimbangkan, mengingat daerah Sumatera Barat merupakan daerah yang rawan gempa bumi.

Salah satu bahan bangunan yang berhubungan erat dengan kekuatan, kekokohan, porositas dan kualitas adalah bata merah. Bata merah atau batu bata yang biasanya digunakan untuk pembuatan dinding bangunan. Selama ini bata merah dibuat hanya dengan bahan dasar lempung

yang diolah, dicetak dan dibakar sampai suhu tertentu, sehingga menjadi kuat, kokoh dan bentuknya tetap dengan pori-porinya tidak banyak. Berhubung karena lempung merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, dan terdapat di alam dalam jumlah yang terbatas, apabila dieksplorasi terus menerus tentu akan cepat habis. Dengan dasar ini, perlu dilakukan berbagai upaya penghematan, namun tidak mengurangi fungsinya sebagai bahan penyusun utama bata merah. Salah satu upaya yaitu dengan menambahkan material campuran sebagai bahan penyusun bata merah.

Penambahan material campuran pada pembuatan bata merah mempengaruhi kekuatan, porositas dan kualitas. Material campuran yang ditambahkan sebagai bahan penyusun bata merah dapat berupa limbah serat alami. Seperti diketahui limbah serat

alami dapat berupa: sekam padi, serbuk penggergajian dan ampas tebu. Bahan serat alami ini cukup banyak tersedia di Sumatera Barat. Limbah serat alami ini belum banyak dimanfaatkan, terbuang begitu saja, akhirnya akan menjadi masalah lingkungan. Apabila limbah serat alami ini dapat dimanfaatkan, maka akan bernilai ekonomis

Seiring dengan perkembangan IPTEKS, maka bata merah yang digunakan haruslah memenuhi syarat-syarat fisis yang dinyatakan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu SNI 15-2094-1991 (DSN, 1991). Disamping memenuhi SNI, bata merah yang digunakan sebagai bahan bangunan juga harus berkualitas.

Tinggi rendahnya kualitas bata merah tergantung pada: kualitas lempung sebagai bahan mentah, metode serta proses pengolahan dan panas pembakaran (Munandar, 2001). Salah satu cara untuk mengetahui kualitas bata merah adalah dengan menentukan sifat fisisnya, antara lain kuat tekan, kuat lentur, kuat geser, modulus elastisitas dan porositasnya. Dalam penelitian ini sifat fisis yang diteliti dibatasi pada kuat tekan dan porositas.

Nilai porositas suatu benda ditentukan oleh banyaknya pori-pori dan rongga udara dalam bahan. Semakin banyak pori-pori dan rongga udara dalam bahan, maka nilai porositasnya akan tinggi, bahan menjadi rapuh dan kekuatannya berkurang. Tingkat porositas suatu bahan (sampel) dapat diketahui dari kecepatan gelombang p yang merambat dalam sampel, pada perangkat *Sonic Viewer*

Menurut SNI 15-2094-1991, bata merah adalah unsur bahan bangunan yang digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan, dibuat dari tanah liat (lempung) dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar pada suhu yang cukup tinggi hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air.

Menurut kekuatannya bata merah dibagi atas enam kelas yaitu kelas 25, 50, 100, 150, 200, dan 250. Bata merah harus

mempunyai nilai kuat tekan rata-rata seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kuat tekan bata merah standar

Kelas	Kuat Tekan Rata-Rata Minimum	
	Kg/cm ²	N/mm ²
25	25	2,5
50	50	5
100	100	10
150	150	15
200	200	20
250	250	25

(SNI, 1991)

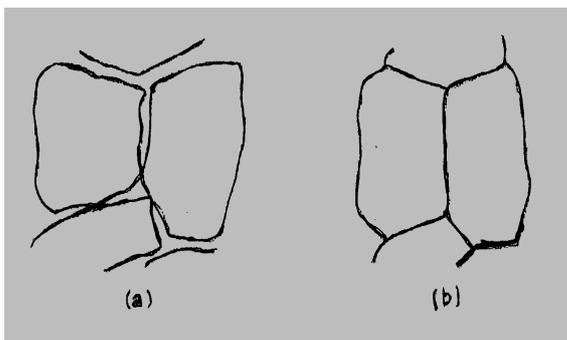
Lempung berasal dari pelapukan batu-batuan yang mengandung mineral. Mineral-mineral ini tersusun atas silikat, aluminium, dengan gabungan kalium, natrium, magnesium dan kalsium, karena disebabkan oleh air yang mengandung asam arang, maka unsur-unsur kalium, natrium dan kalsium larut dalam air dan unsur silikat aluminiumnya berubah menjadi silikat aluminium basa $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ (Sutopo, 1987).

Untuk memanfaatkan lempung sebagai komponen dasar penyusun bata merah, terlebih dahulu perlu diketahui sifat-sifat fisis dari lempung yaitu : keplastisan, penyusutan, warna dan pengaruh panas. Keplastisan merupakan sifat yang memungkinkan lempung basah dapat dibentuk sesuai yang diinginkan tanpa menimbulkan retak-retak dan bentuknya tetap setelah tenaga pembentuk dilepaskan. Di samping itu, penyusutan yang tinggi akan menyebabkan lempung yang sudah dibentuk mempunyai kecenderungan menjadi retak-retak setelah kering. Oleh sebab itu diperlukan bahan tambahan non plastis sebagai bahan penyusun dalam pembuatan bata merah. Menurut SNI susut kering yang baik adalah 5,2%, sedangkan lempung sebagai bahan dasar pembuatan bata merah dalam penelitian ini adalah 5,01%, nilai ini memenuhi standar SNI.

Sifat fisis yang lain adalah warna, salah satu sifat lempung yang dengan mudah dapat dilihat, karena dipengaruhi

oleh senyawa-senyawa besi dan karbon. Senyawa besi memberikan warna krem, kuning, merah hijau pada lempung, sedangkan senyawa karbon memberikan warna biru, abu-abu, hitam dan coklat.

Menurut Hartomo (1994), lempung lempung sanggup mengikat air di sekelilingnya. Sistem lempung air ini merupakan kunci cara pembentukan bata merah. Lempung yang telah dicetak, dipanaskan pada suhu 800 °C, partikel air menjadi berkurang karena penguapan sehingga ikatan antar atom pada lempung menjadi lebih kuat. Dari pernyataan di atas, disimpulkan bahwa suhu pembakaran, berpengaruh terhadap kekuatan bata merah. Lempung akan kehilangan sifat keplastisannya pada pembakaran 450°C-750°C. Gejala ini merupakan ciri-ciri terjadinya proses Okhidrasi senyawa alumina silikat. Semakin tinggi temperatur, plastis lempung akan berkurang, warnanya akan berubah dan kekuatan nyapun akan bertambah. Pada temperatur tinggi partikel-partikel lempung akan beraglomerasi menjadi bahan padat, karena atom atau partikel-partikel yang berdekatan dengan mudah bergerak dan menyatu (Van Flack, 1992). Pada saat pembakaran terjadilah proses fisis seperti Gambar 1.



Gambar 1. Proses fisis saat pembakaran

Gambar 1(a) memperlihatkan ada dua permukaan yang membatasi partikel sebelum dilakukan pembakaran. Gambar 1(b) memperlihatkan hanya terdapat satu batas butir atau satu permukaan setelah dilakukan pembakaran.

Untuk mendapatkan kualitas bata merah yang lebih baik perlu dilakukan berbagai upaya antara lain membuat bata

merah dengan bahan penguat komposit. Berdasarkan karakteristik bahan penguat, jenis bahan komposit dibagi dua (Van Flack, 1992) yaitu : komposit anisotropik dan isotropik. Komposit anisotropik mempunyai sifat mekanis yang berbeda, apabila arahnya berbeda. Komposit ini mempunyai penguat berupa lembaran dan serat. Sedangkan komposit isotropik mempunyai kekuatan yang sama pada semua arah, biasanya penguat berupa partikulat.

Dalam penelitian ini bahan penguat yang digunakan berupa komposit anisotropik, yaitu berupa serat alami yang berasal dari limbah. Penelitian Kemino (1995), menemukan bahwa pemberian limbah serbuk kayu dalam pembuatan bata cetak memberikan kuat tekan sebesar 26 kg/cm². Pemberian bahan serat alami pada lempung diharapkan akan dapat memperbaiki kualitas bata merah, seperti limbah sekam padi, serbuk kayu penggergajian dan ampas tebu.

Sekam padi adalah bagian terluar dari butir padi, yang merupakan hasil sampingan saat proses penggilingan padi dilakukan. Sekitar 20% dari bobot padi adalah sekam padi dan kurang lebih 15% dari komposisi sekam adalah abu sekam yang selalu dihasilkan setiap kali sekam dibakar (Hara, 1986). Menurut penelitian Harsono (2002) dalam sekam padi dominan silikon yaitu sebesar 56,8%. Sekam padi memiliki kerapatan jenis 125 kg/m³, nilai kalori 3.300 kkal/kg sekam, kadar abu 20% dari berat sekam dan kadar air sekitar 10%. Sekam padi memiliki kadar air 11,8-12,9 pada RH 70,8% suhu 25°C, kerapatan jenis 0,100g/ml dan nilai kalori 3.300-3.600/kg sekam (Houston,1972).

Disamping itu komponen organik dan non organik dalam sekam padi dipengaruhi oleh beberapa faktor baik keadaan geografis maupun varietas padi. De Souza (2002) mengemukakan komponen organik dan non organik dalam sekam padi bergantung pada: iklim, tanah dan varietas padi. Komponen organik utama pada sekam padi

kering adalah 50% selulosa, 26% lignin, 4% komponen Sekam padi disusun oleh beberapa komposisi kimia seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia sekam padi

Komponen	Kandungan (%)
Menurut Suharno (1979)	
Kadar air	9,02
Protein Kasar	3,03
Lemak	1,18
Serat kasar	35,68
Abu	17,71
Karbihidrat kasar	33,71
Menurut DTC-IPB	
Karbon (zat arang)	11,33
Hydrogen	1,54
Oksigen	33,64
Silika (SiO ₂)	16,98

(Balitpasca Deptan, 2001)

Kandungan kimia sekam padi terlihat seperti pada Tabel 2. Sekam padi akan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan antara lain: bahan baku industri kimia, bahan baku industri bahan bangunan, terutama kandungan silika yang dapat digunakan untuk campuran semen Portland dan sebagai bahan pencampur pembuatan bata merah.

Industri pengolahan kayu penggergajian menghasilkan limbah rata-rata 49,25% dengan perincian: serbuk kayu penggergajian sebesar 8,46%, sabetan 24,41% dan potongan kayu sebanyak 16,28%. Serbuk kayu sebesar 8,46% ini dapat dimanfaatkan sebagai penguat pada bata merah. Serbuk kayu mempunyai senyawa kimia berupa selulosa 50%, hemiselulosa (karbohidrat), lignin (non karbida) 10%-35% dan senyawa polimer minor. Serbuk kayu juga bersifat hidroskopis yaitu dapat menyerap atau melepaskan kadar air sebagai akibat perubahan kelembaban dan suhu udara disekelilingnya. Di samping itu serbuk kayu memiliki modulus elastisitas yang tinggi, dengan demikian serbuk kayu sangat cocok digunakan sebagai bahan penguat pada bata merah. Pendapat lain

juga mengatakan bahwa serbuk penggergajian mengandung 50 % selulosa (Mang gasa 1996), dan hal yang sama juga dimiliki oleh ampas tebu, yaitu dominan mengandung silika. Abu sekam padi (5% - 10%) yang dicampur ke dalam campuran beton dapat menghasilkan beton berdaya guna tinggi (Pathan, 2005)

Pada penelitian ini dilakukan penambahan bahan-bahan serat alami yaitu : limbah serbuk kayu penggergajian, sekam padi dan ampas tebu pada lempung, sebagai bahan penyusun bata merah, diharapkan dapat memperbaiki kualitas bata merah.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan termasuk penelitian eksperimen di laboratorium. Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika FMIPA, dan laboratorium Mekanika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Lama pelaksanaan penelitian adalah delapan bulan, mulai bulan Maret 2007 sampai Oktober 2007.

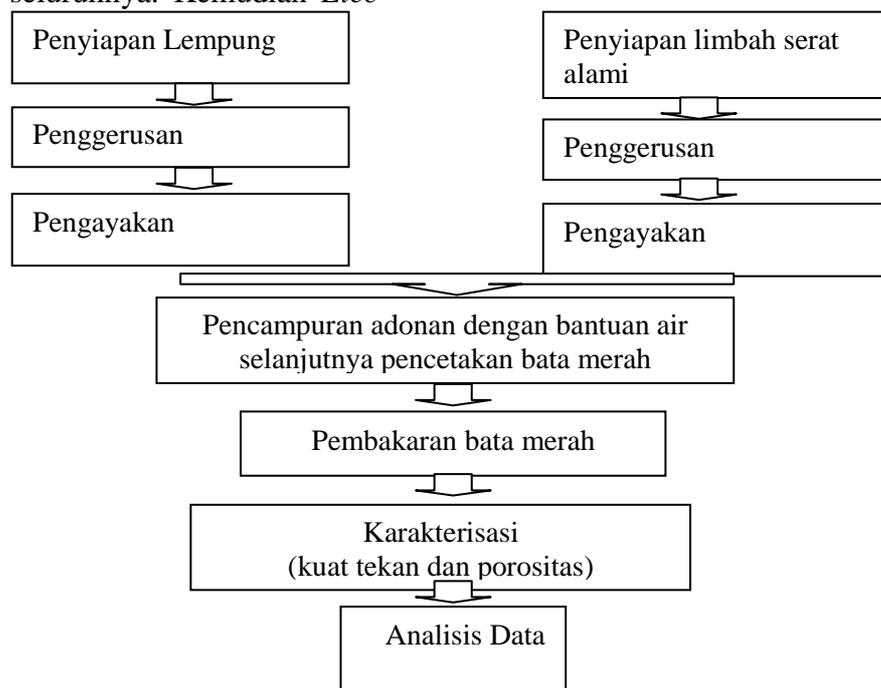
Sebelum pembuatan bata merah, terlebih dahulu tanah lempung, dan limbah serat alami dikeringkan menggunakan oven sampai suhu 105°C, selanjutnya dihancurkan dan digerus hingga halus. Kemudian dilakukan pengayakan dengan ukuran lolos ayak 0.18 mm. Lempung dan limbah serat alami yang telah diayak, kemudian dicampur dan ditambahkan air dengan proporsi limbah serat alami sebanyak 5%, 10%, dan 15%, sehingga menjadi adonan yang homogen dan plastis. Setelah itu, adonan tadi dimasukkan ke dalam cetakan, ditekan-tekan agar padat dan merata, kemudian dikeluarkan dari cetakan, disusun dan dibiarkan selama 2 minggu di dalam ruangan atau udara terbuka. Pembuatan sampel untuk uji kuat tekan menggunakan cetakan dari papan berbentuk persegi dengan ukuran 6cm x 6cm x 6cm. Untuk pengukuran porositas, sampel dicetak berbentuk silinder menggunakan pipa paralon dengan diameter 7 cm dan panjang 15 cm.

Setelah semua sampel siap dicetak dan dianginkan di udara terbuka, selanjutnya sampel dibakar. Sebelum dibakar, bata merah atau sampel yang masih mentah disusun di dalam *furnace* sedemikian rupa agar pada saat pembakaran panas menyebar secara merata keseluruh bata merah, diharapkan bata merah dapat matang secara sempurna. Selanjutnya *Electric Furnace* dihidupkan, suhu dinaikkan secara perlahan-lahan sampai mencapai suhu 800°C selama 3,5 jam, bata merah dipandang sudah matang seluruhnya. Kemudian *Elec*

tric Furnace dimatikan dan bata merah dibiarkan berada dalam *furnace* selama 24 jam, agar perubahan suhu pada bata merah berlangsung secara perlahan-lahan.

Selanjutnya dilakukan uji kuat tekan menggunakan alat *Compressive Strength Machine*, sedangkan untuk uji porositas menggunakan peralatan *Sonic Viewer*.

Prosedur penelitian secara garis besarnya, dapat di lihat pada diagram alir seperti Gambar 2.



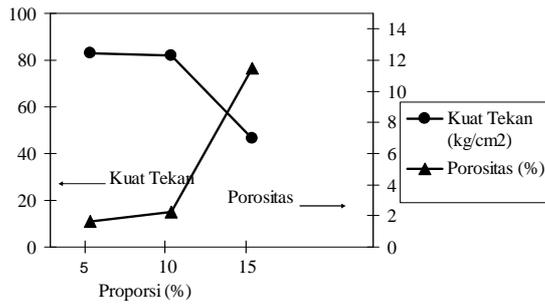
Gambar 1. Diagram alir prosedur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Bata Merah Campuran Serbuk Kayu Penggergajian

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata bata merah campuran serbuk kayu penggergajian, untuk proporsi serbuk kayu penggergajian sebagai bahan penyusun bata merah 5%, 10%, dan 15% diperoleh berturut-turut $83,2 \text{ kg/cm}^2$, $82,0 \text{ kg/cm}^2$, dan $46,6 \text{ kg/cm}^2$. Kuat tekan bata merah campuran serbuk kayu penggergajian ini, sudah memenuhi SNI 15-2094-1991 yakni rata-rata berada dalam kelas 50. Nilai porositas untuk proporsi serbuk kayu penggergajian

sebagai bahan penyusun bata merah 5%, 10%, dan 15% diperoleh berturut-turut sebesar 1,66 %, 2,25 %, dan 11,47%. Grafik hubungan proporsi serbuk kayu dalam bata merah terhadap kuat tekan dan porositas diperlihatkan dalam Gambar 3.

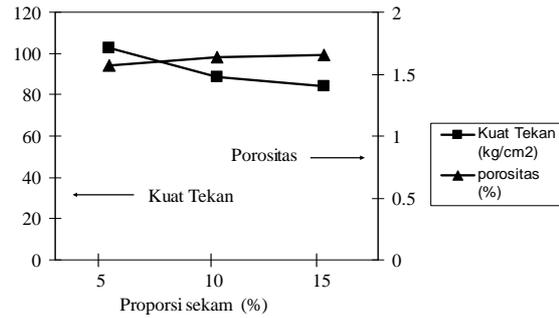


Gambar 3. Hubungan proporsi serbuk kayu dalam bata merah dengan kuat tekan dan porositas

Dalam Gambar 3, terlihat bahwa kuat tekan semakin berkurang dengan bertambahnya proporsi serbuk kayu dalam bata merah, dan diikuti dengan semakin bertambah nilai porositas bata merah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh unsur silika dalam serbuk kayu lebih rendah. Dalam bata merah, silika berperan sebagai pengikat antara partikel lempung dan serat kayu. Serbuk kayu dalam bata merah, pada suhu pembakaran 800°C ini diprediksi akan terbakar, sehingga meninggalkan pori-pori dalam bata merah. Akibatnya semakin besar proporsi serbuk kayu dalam bata merah, maka semakin banyak pori-pori yang ditinggalkan dan menyebabkan nilai porositas bata merah menjadi semakin besar.

2. Bata Merah Campuran Sekam Padi

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai rata-rata kuat tekan untuk proporsi sekam padi sebagai bahan penyusun bata merah 5%, 10%, dan 15% pada suhu pembakaran 800°C dan ukuran butir 0,18mm, berturut-turut adalah 102,55 kg/cm², 88,42 kg/cm², dan 84,26 kg/cm². Nilai porositas untuk untuk proporsi sekam padi sebagai bahan penyusun bata merah 5%, 10%, dan 15% berturut-turut adalah 1,57%, 1,64% dan 1,65%. Kalau dibandingkan nilai kuat tekan rata-rata bata merah campuran sekam padi ini dengan SNI, ternyata sudah memenuhi SNI 15-2094-1991 yakni berada dalam kelas 50. Grafik antara kuat tekan dan porositas sebagai variasi proporsi sekam padi dalam bata merah, diperlihatkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan proporsi sekam padi dalam bata merah dengan kuat tekan dan porositas

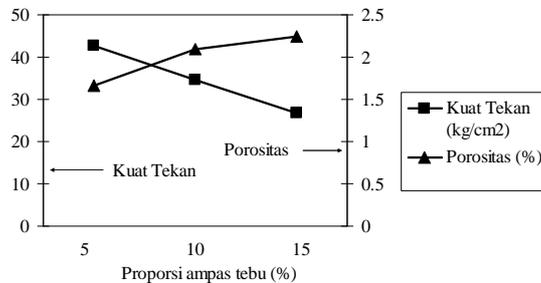
Seperti terlihat dalam Gambar 4, kuat tekan bata merah berkurang dengan bertambahnya proporsi sekam padi dalam bata merah. Hasil ini juga diikuti dengan bertambahnya nilai porositas seiring dengan kenaikan proporsi sekam padi dalam bata merah. Kecenderungan grafik di atas, yakni makin besar proporsi sekam padi dalam bata merah, makin berkurang kuat tekan. Hal ini, kemungkinan penyebabnya adalah sekam padi pada suhu 800°C, terbakar sebelum menyatu dengan lempung. Sebagaimana diketahui bahwa unsur terbanyak penyusun sekam padi adalah selulosa.

Sekam padi yang terbakar akan menimbulkan pori-pori dalam bata merah, sehingga akan menyebabkan nilai porositas makin besar, karena semakin besar proporsi sekam padi dalam bata merah semakin banyak pori-pori yang ditimbulkan saat pembakaran, sebaliknya semakin besar proporsi sekam padi dalam bata merah, maka kuat tekan akan menjadi kecil.

3. Bata Merah Campuran Ampas Tebu

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai rata-rata kuat tekan pada proporsi ampas tebu sebagai bahan penyusun bata merah 5%, 10%, dan 15% pada suhu pembakaran 800°C dan ukuran butir 0,18mm, berturut-turut adalah 42,71 kg/cm², 34,69 kg/cm², dan 26,77kg/cm². Kuat tekan bata merah campuran ampas tebu ini, sudah memenuhi SNI 15-2094-1991 yakni rata-rata berada dalam kelas 25. Nilai porositas untuk proporsi ampas tebu

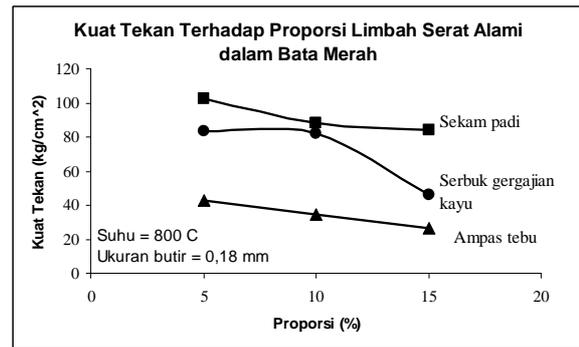
sebagai bahan penyusun bata merah 5%, 10%, dan 15% berturut-turut adalah 1,66%, 2,10% dan 2,24%. Grafik antara kuat tekan dan porositas sebagai variasi proporsi ampas tebu dalam bata merah, diperlihatkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan proporsi ampas tebu dalam bata merah dengan kuat tekan dan porositas

Seperti terlihat dalam Gambar 5, kuat tekan bata merah berkurang dengan bertambahnya proporsi ampas tebu dalam bata merah. Hasil ini juga diikuti dengan bertambahnya nilai porositas seiring dengan kenaikan proporsi ampas tebu dalam bata merah. Kecenderungan grafik di atas, yakni makin besar proporsi ampas tebu dalam bata merah, makin berkurang kuat tekan. Sebagaimana diketahui bahwa unsur terbanyak penyusun ampas tebu adalah selulosa sehingga kemungkinan ampas tebu pada suhu 800°C, terbakar sebelum menyatu dengan lempung. Akibatnya banyak terdapat pori-pori dalam bata merah yang akan menyebabkan kuat tekan berkurang. Kenyataan ini juga didukung oleh semakin besarnya nilai porositas dengan semakin besar proporsi ampas tebu dalam bata merah.

Dari ketiga material limbah serat alami di atas yang memberikan kuat tekan paling besar adalah sekam padi, seperti terlihat dalam Gambar 6. Namun kecenderungan grafik ini, adalah makin kecil proporsi limbah serat alami dalam bata merah, makin besar nilai kuat tekan.



Gambar 6. Kuat tekan terhadap proporsi limbah serat alami dalam bata merah

Hasil analisis komposisi sekam padi, menunjukkan bahwa unsur silikon sangat dominan (Harsono,2002). Sedangkan lempung dengan rumus kimia $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ juga mengandung silikon. Diramalkan dalam bata merah campuran sekam padi terjadi ikatan ionik antara silikon dari lempung dengan silikon dari sekam padi. Seperti diketahui ikatan ionik ini merupakan ikatan yang kuat, sehingga diperoleh kuat tekan bata merah campuran sekam padi ini paling tinggi diantara limbah serat alami yang lainnya pada proporsi yang sama. Disamping itu semakin tinggi suhu pembakaran bata merah, maka abu sekam padi akan berwarnanya putih (Houston, 1972) dan kadar silika dalam sekam padi akan menjadi meningkat.

KESIMPULAN

Penambahan limbah serat alami sebagai bahan penyusun bata merah berpengaruh terhadap kuat tekan dan porositasnya. Kuat tekan bata merah campuran limbah serat alami ini, sudah memenuhi SNI 15-2094-1991 yakni kuat tekan rata-rata untuk limbah serbuk kayu penggergajian dan sekam padi, berada dalam kelas 50. Khusus, untuk serat alami dari ampas tebu, kuat tekan bata merah yang dihasilkan berada dalam kelas 25. Di samping itu semakin besar limbah serat alami dalam bata merah, semakin besar porositasnya. Terlihat bahwa nilai kuat tekan berbanding terbalik dengan nilai porositas bata merah.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewan Standardisasi Nasional. (1991). **SNI 15-2094-1991; Mutu dan Cara Uji Bata Merah**, P&I, Jakarta.
- De Souza, M. F. Magalães, W.L.E., Persegil, M.C. (2002). **Silica Derived from Burned Rice Halls**. *Material Research*, 4(4). 467-474.
- Hara, et-al. (1986). **Utilization of Agrowastes for Building Materials**, International Research and Development Cooperation Division, AIST, MITI, Japan.
- Houston, D.F. (1972). **Rice Chemistry and Technology**. American Association of Cereal Chemist. Inc, Minnesota
- Hartomo, Anton J. (1994). **Mengenal Keramik Moderen**. Penerbit Andi Offset Yogyakarta
- Harsono, Heru. (2002). **Pembuatan Silikon Amorf dari Limbah Sekam Padi**. *Jurnal Ilmu Dasar*. Vol.3, No.2, tahun 2002 hal. 98 – 103.
- Kemino. (1995). **Penelitian Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bata Cetak**. *Jurnal Penelitian Permukiman*, Vol. 11-7/1995, <http://www.kimpraswil.go.id> diakses tanggal 12 Maret 2006.
- Manggasa, W,T, K. dkk. (1996). **Pengembangan Teknologi Pengolahan Serbuk Gergaji Sebagai Bahan Pengisi Pada Pembuatan Bata Cetak**. Laporan Proyek Balai Industri Ujung Pandang
- Munandar, M. (2001). **Ketentuan Dinding Tembok Wilayah Gempa**. *Buletin Pengawasan* No. 30 & 31 tahun 2001.
- Pathan, N. (2005). **Rice Husk Ash Enhances Concrete**, *Gulf Construction Online*. Com, Volume XXVI No. 3, [http://www.ricehuskash.Com/Gulf% 20 Construction % 20 Worldwide% 20 March, 2005% 20 Edition.pdf](http://www.ricehuskash.Com/Gulf%20Construction%20Worldwide%20March,2005%20Edition.pdf). Diakses tanggal 12 Maret 2006.
- Sutopo. (1987). **Ilmu Bangunan**. Bumi Aksara. Jakarta
- Van.Vlack Lawrence. (1992). **Ilmu dan Teknologi Bahan**. Erlangga. Jakarta