

ST UDI EKSPERIMENTAL PERILAKU TEKAN PASANGAN BATA DAN BAHAN PEMBENTUKNYA

Ida Ayu Made Budiwati, Anak Agung Gede Sutapa, dan I Kade Era Kurniawan

Program Studi Teknik Sipil Universitas Udayana

Email: idabudiwati@unud.ac.id

Abstrak: Dalam perencanaan struktur rangka dinding pengisi (RDP) diperlukan data propertis dari dinding pasangan berupa nilai kuat tekan dan modulus elastisitasnya. Di Indonesia belum tersedia standar nilai dari data propertis pasangan dinding dan material pembentuknya. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi dan menambah informasi mengenai karakteristik pasangan bata merah dari produsen bata merah lokal Tulikup. Pengujian karakteristik *unit* bata merah seperti dimensi, penyerapan air, dan kuat tekan mengacu pada SNI 15-0686-1989 dan kuat tekan mortar menggunakan SNI 03-6825-2002. Dua variasi campuran mortar yang digunakan yaitu perbandingan berat semen portland dan pasir 1:3 dan 1:4. Pengujian pasangan bata merah mengacu pada BS EN 1052-1:1999 untuk menentukan nilai kuat tekan, modulus elastisitas, dan pola retak. Dimensi bata merah Tulikup diperoleh panjang (P) 22,5 cm, lebar (b) 11 cm dan tebal (t) 5,1 cm. Kuat tekan bata merah Tulikup diperoleh sebesar 5,15 N/mm² dan penyerapan air sebesar 34%. Kuat tekan mortar campuran 1:3 sebesar 24,4 N/mm² sedangkan campuran 1:4 sebesar 13,4 N/mm². Kuat tekan karakteristik dan modulus elastisitas pasangan bata merah menggunakan campuran mortar 1:3 dan 1:4 berurutan 1,6 N/mm², 1,28 N/mm², 155,94 N/mm² dan 186,7 N/mm². Pola retak pasangan bata merah pada pengujian tekan berupa retak vertikal dan pada *unit* bata merah cenderung retak diagonal.

Kata kunci: Bata merah, kuat tekan, modulus elastisitas, mortar pasangan bata

Experimental Study on Compressive Strength of Clay Brick Masonry and Its Components

Abstract: The designing of infill frame structures requires property data of the masonry in the form of compressive strength and modulus of elasticity. In Indonesia, there is no standard value ready for masonry property and its components. This research was conducted to evaluate and to enrich information about the characteristics of masonry from local clay brick producers, Tulikup. The testing characteristics of clay brick units such as dimensions, water absorption and compressive strength referred to SNI 15-0686-1989, while the testing for mortar compressive strength referred to SNI 03-6825-2002. Two variations of mortar mixtures used were 1: 3 and 1: 4. Testing of masonry compressive strength referred to BS EN 1052-1:1999, which aimed to determine the value of compressive strength of masonry and modulus of elasticity. The dimensions of Tulikup clay brick is length (P) 22.5 cm, width (b) 11 cm and thickness (t) 5.1 cm. The average compressive strength of Tulikup clay brick was 5.15 N/mm² and water absorption was 34%. The compressive strength of a 1:3 mortar mixture was 24.4 N/mm² while the 1:4 mixture was 13.4 N/mm². The characteristics of the masonry compressive strength and modulus of elasticity using a 1:3 and 1:4 mortar mixtures, in sequent, were 1.6 N/mm², 1.28 N/mm², 155.94 N/mm² and 186.7 N/mm². The pattern of cracked walls of masonry in compressive testing was vertical cracks; while clay brick units tend to be diagonal cracks.

Keywords: Clay brick, compressive strength, masonry, modulus of elasticity, mortar.

PENDAHULUAN

Fungsi dinding pada bangunan biasanya sebagai penyekat antar ruangan tidak diperhitungkan sebagai elemen struktur. Hasil penelitian oleh Budiwati dan Sukrawa (2017) menunjukkan bahwa struktur rangka dinding pengisi (RDP) mampu meningkatkan kekuatannya dalam menahan beban gaya geser dasar akibat gempa dan mengurangi besarnya simpangan yang terjadi akibat beban lateral. Perilaku struktur RDP dipengaruhi oleh material dinding pengisinya (DP) baik ukuran maupun sifatnya. Keberadaan DP ini mampu meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur bila dibandingkan dengan struktur terbuka (Open frame / OF). Material DP sangat beragam jenisnya. Kebanyakan struktur bangunan gedung dengan jumlah tingkat rendah (2-5 tingkat) menggunakan bata merah sebagai *unit* pembentuk dinding. Dari sejumlah penelitian yang pernah dilakukan oleh Budiwati (2011) dan Rahayu dkk (2016) yang menggunakan bata merah daerah setempat terlihat bahwa material DP tersebut sangat beragam ukuran, nilai kuat tekan, dan nilai modulus elastisitas.

Perencanaan RDP memerlukan data propertis dari dinding pasangan berupa nilai kuat tekan dan modulus elastisitasnya. Di Indonesia belum tersedia standar nilai dari data propertis pasangan dinding dan material pembentuknya. Pada umumnya pembuatan *unit* pembentuk dinding bata merah diproduksi secara manual dengan proses yang sederhana sehingga karakteristik material tidak seragam. Penelitian tentang sifat mekanis dari batu bata merah yang dilakukan oleh Basoenondo (2008) menggunakan sampel yang diambil dari tempat pembuatan bata lokal di Cikarang-Jakarta. Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa *modulus of rupture* rata-rata yang diperoleh batu bata adalah 3,0 MPa. Penelitian juga dilakukan pada pasangan batu bata dengan mempergunakan 2 (dua) jenis mortar yang berbeda perbandingan antara semen dan pasir yaitu 1:3 dan 1:4. Dari penelitian tersebut disimpulkan mortar dengan kuat tekan lebih besar akan menghasilkan kuat tekan pasangan batu bata yang lebih kuat. Penelitian terkait pengujian dinding pasangan bata merah dari produsen bata merah di Bali dilakukan oleh Rahayu dkk (2016), dimana besar kuat tekan karakteristik pasangan bata merah yang dibuat

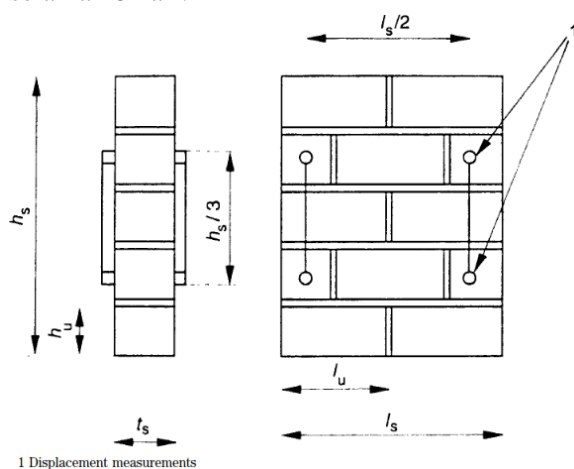
menggunakan mortar 1:4 dengan *unit* bata merah dari Gianyar, Tabanan dan Negara berurutan adalah 1,22, 1,32, dan 1,42 N/mm². Penggunaan mortar dengan nilai kuat tekan lebih tinggi tidak selalu memberikan nilai kuat tekan dinding pasangan semakin besar Radovanovic *et al* (2015).

Pada tulisan ini dilaporkan penelitian yang mencakup aspek eksperimental yang meliputi kajian eksperimen terhadap properti material pembentuk dinding pasangan yaitu *unit* bata merah dan mortar dengan campuran 1:3 dan 1:4 serta pengujian kuat tekan pasangan bata merah. Bata yang dipakai sebagai *unit* pembentuk pasangan bata diperoleh dari produsen bata daerah Tulikup Gianyar dan diuji juga karakteristiknya. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi dan menambah informasi mengenai nilai kuat tekan *unit* bata merah lokal Bali dari produsen yang berbeda, mortar, dan dinding pasangan bata merah. Perilaku yang diteliti meliputi hubungan tegangan dan regangan dinding pasangan bata merah (modulus elastisitas) dan pola retak.

Dinding Pasangan

Fungsi dinding suatu bangunan yaitu sebagai pemisah atau pembentuk ruang, sebagai pelindung terhadap cuaca, penyokong atap, dan sebagai pembatas. Dinding yang terbuat dari pasangan biasanya terbentuk dari *unit dan mortar*. *Unit* umumnya terbuat dari bata merah, batako, bata ringan, atau material lain. Mortar sebagai spesi atau plesteran terbuat dari campuran antara pasir dan semen dengan perbandingan tertentu. Berdasarkan BS EN 1052-1:1999, benda uji dinding pasangan dibuat pada permukaan yang datar. Dimensi benda uji dinding pasangan menggunakan parameter panjang *unit* bata (l_u) dan tinggi *unit* (h_u). Panjang benda uji dinding pasangan (l_s) dan tinggi benda uji menggunakan parameter l_u dan h_u seperti pada Tabel 1, untuk tebal benda uji dinding pasangan setebal *unit* tanpa diplester. Detil dimensi benda uji dan penempatan *dial gauge* ditampilkan pada Gambar 1. Benda uji dinding pasangan pada bidang tekan atas dan bawah diterap/diratakan menggunakan adukan mortar dengan campuran 1:3 atau bahan yang kuat tekannya lebih besar dari specimen yang diuji tersebut. Benda uji yang telah selesai

dibuat ditutup dengan kain lembab agar tidak mengering selama pengujian dan pembebanan siap untuk dilakukan dengan umur benda uji selama 28 hari.



Gambar 1. Ukuran benda uji pasangan menurut BS EN 1052-1:1999

Persamaan (1) digunakan untuk menghitung Kuat tekan pasangan bata.

$$f_i = \frac{F_{i,max}}{A_i} \quad \text{N/mm}^2 \quad (1)$$

Dimana f_i adalah kuat tekan pasangan, $F_{i,max}$ adalah beban tekan maksimum masing-masing spesimen dan A_i adalah luas permukaan masing-masing spesimen.

Persamaan 2 digunakan untuk menghitung kuat tekan karakteristik pasangan bata.

$$f_k = f / 1,2 \quad \text{atau} \quad f_k = f_i, \min \quad (2)$$

dengan f_k adalah kuat tekan karakteristik pasangan bata.

Perkiraan besaran kuat tekan karakteristik pasangan bata dapat diperkirakan menggunakan grafik dan tabel BS 5628-1:1992 seperti yang terlihat pada Tabel 2 dan Gambar 2. Perkiraan nilai dapat ditentukan bila parameter tipe mortar dan bata merah yang dipakai diketahui. Pada BS tersebut juga disediakan perkiraan kuat tekan pasangan menggunakan material batako (*concrete block*).

Nilai regangan normal pada pasangan bata dapat ditentukan menggunakan Persamaan (3).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad \text{mm/mm} \quad (3)$$

dengan ε adalah regangan pada benda uji dinding pasangan, ΔL adalah perubahan panjang benda uji akibat beban tekan dan L_0 adalah panjang benda uji mula-mula.

Berdasarkan BSEN 1052-1:1999, dari hubungan tegangan regangan dinding pasangan dapat diperoleh modulus elastisitas. *Dial gauge* digunakan untuk mengukur perubahan panjang dari benda uji, sehingga diperoleh nilai regangan dari benda uji. Modulus elastisitas benda uji dinding pasangan ditentukan pada sepertiga tegangan maksimum benda uji dibagi dengan regangan yang terjadi pada sepertiga tegangan maksimum benda uji. Persamaan (4) digunakan untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas (E_i) masing-masing benda uji dinding pasangan.

$$E_i = \frac{F_{i,max}}{3 \times \varepsilon_i \times A_i} \quad \text{N/mm}^2 \quad (4)$$

dengan E_i adalah modulus elastisitas dari masing-masing benda uji, $F_{i,max}$ adalah beban tekan maksimum masing-masing benda uji, A_i adalah luas bidang tekan tekan masing-masing benda uji, dan ε_i adalah nilai regangan yang diukur pada sepertiga dari beban tekan maksimum.

Modulus elastisitas dinding pasangan dapat diketahui dengan Persamaan (5). Dalam persamaan tersebut kuat tekan karakteristik pasangan bata dikalikan 900 sebagai konstanta dalam penentuan modulus elastisitas. Dalam Eurocode 6 EN 1996-1-1 (2005) juga dijelaskan bagaimana cara mendapatkan nilai modulus elastisitas, yaitu 1000 kali nilai kuat tekan karakteristik (f_k) pasangan batanya, Persamaan (6).

$$E_i = 900 f_k \quad \text{N/mm}^2 \quad (5)$$

$$E_i = 1000 f_k \quad \text{N/mm}^2 \quad (6)$$

Bata Merah

Bahan bangunan berupa bata merah terutama terbuat dari bahan tanah liat dan

dibakar dengan suhu tinggi. Menurut SNI 15-0686:1989 digunakan 30 buah bata merah dalam keadaan utuh untuk pengujian kuat tekan, benda uji diterap setebal 6 mm pada bidang tekan dengan adukan mortar. Setelah bahan penerap mengeras benda uji kemudian direndam selama sehari menggunakan air bersih pada suhu ruang. Benda uji *unit* bata yang telah direndam kemudian diangkat dan dikeringkan permukaannya dengan kain lembab agar air yang berlebih hilang dan pengujian kuat tekan siap dilakukan. Beban tekan kemudian dikerjakan pada permukaan benda uji yang memiliki luas bidang tekan A (mm²), sampai benda uji hancur. Nilai beban maksimum, P (N), dicatat dan digunakan

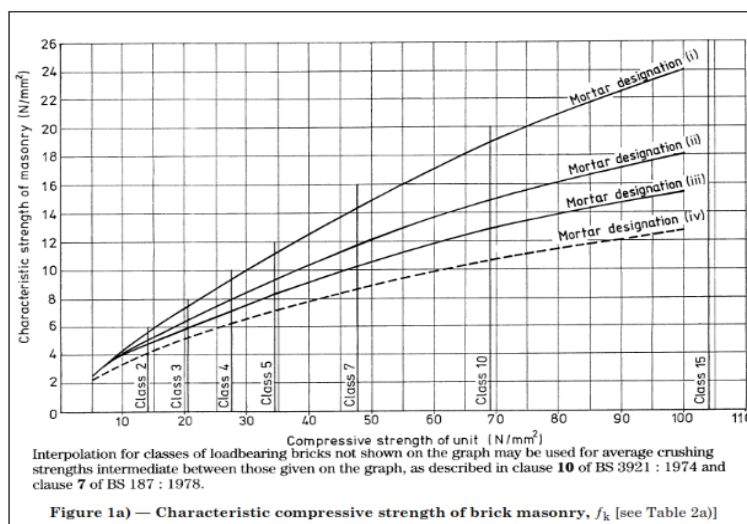
untuk menghitung kuat tekan dari *unit* bata *fci* (N/mm²). Persamaan (7) digunakan untuk mendapatkan nilai tersebut.

$$fci = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2 \quad (7)$$

Klasifikasi bata merah menurut SNI 15-0686-1989 dibedakan berdasarkan kekuatannya yang dibagi kedalam 5 (lima) kelas yaitu kelas 50, 100, 150, 200, dan 250. Kelas 50 artinya memiliki kuat tekan sebesar 5 N/mm², Kelas 100 memiliki kuat tekan 10 N/mm², dan seterusnya. Pada Gambar 2 dan Tabel 2 terlihat tujuh (7) kelas bata merah yang terdapat pada BS 5628-1:1992.

Tabel 1. Ketentuan ukuran benda uji dinding pasangan menurut BS EN 1052-1:1999

Ukuran <i>Unit</i>		Ukuran benda uji pasangan		
<i>t_u</i> (mm)	<i>h_u</i> (mm)	Panjang <i>l_s</i>	Tinggi <i>h_s</i>	Tebal <i>t_s</i>
≤ 300	≤ 150	≥ (2x <i>l_u</i>)	≥ 5 <i>h_u</i>	≥ 3 <i>t_s</i> dan ≤ 15 <i>t_s</i> dan ≥ <i>l_s</i>
	> 150		≥ 3 <i>h_u</i>	
> 300	≤ 150	≥ (1,5x <i>l_u</i>)	≥ 5 <i>h_u</i>	
	> 150		≥ 3 <i>h_u</i>	



Gambar 2. Perkiraan kuat tekan karakteristik pasangan bata merah sesuai BS 5628-1:1992.

Tabel 2. Kuat tekan karakteristik pasangan bata merah sesuai BS 5628-1:1992

a) Constructed with standard format bricks									
Mortar designation	Compressive strength of unit (N/mm ²)								
	5	10	15	20	27.5	35	50	70	100
(i)	2.5	4.4	6.0	7.4	9.2	11.4	15.0	19.2	24.0
(ii)	2.5	4.2	5.3	6.4	7.9	9.4	12.2	15.1	18.2
(iii)	2.5	4.1	5.0	5.8	7.1	8.5	10.6	13.1	15.5
(iv)	2.2	3.5	4.4	5.2	6.2	7.3	9.0	10.8	12.7

Mortar

Mortar yaitu campuran pasir atau agregat halus, semen (bahan pengikat), dan air yang dicampur secara merata. Menurut SNI 03-6825-2002, pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada benda uji berbentuk kubus ukuran 50x50x50 mm. Campuran mortar terdiri atas semen portland, pasir kwarsa, dan air dengan jumlah masing-masing bahan sesuai dengan proporsi yang ditetapkan. Nilai kuat tekan mortar dapat dihitung menggunakan Persamaan (8).

$$\sigma_m = \frac{P_{i,max}}{A_i} \text{ N/mm}^2 \quad (8)$$

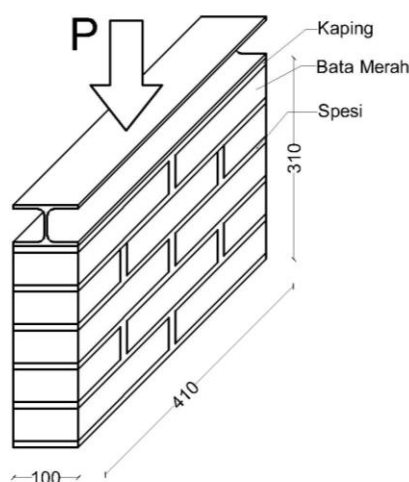
dengan σ_m adalah kuat tekan mortar, $P_{i,max}$ adalah beban tekan maksimum masing-masing specimen, dan A_i adalah luas bidang tekan.

Dalam BS 5628-1:1992, diperlihatkan empat (4) kelas kuat tekan mortar yang yaitu: kelas i, ii, iii, dan iv, yang kuat tekan minimumnya berturut-turut 16 N/mm², 6,5 N/mm², 3,6 N/mm², dan 1,5 N/mm². Berdasarkan ASTM C 270 mortar dibedakan sesuai nilai kuat tekannya, yaitu mortar tipe M, S, N, O, dan K dimana kuat tekan minimumnya berturut-turut adalah 17,25 N/mm², 12,4 N/mm², 5,17 N/mm², 2,4 N/mm² dan 0,5 N/mm².

Metode

Pembuatan benda uji *unit* bata merah mengacu pada SNI 15-0686:1989, digunakan 30 buah bata merah utuh diterap pada bidang tekan atas dan bawah menggunakan mortar dengan campuran 1:3 atau bahan lain yang memiliki kuat tekan lebih kuat dari bata merah. Benda uji mortar dibuat berdasarkan SNI 03-6825-2002, dimana sebanyak total 12 benda uji mortar dibuat menggunakan faktor air semen (fas) 0,5, masing-masing dibuat enam (6) benda uji mortar campuran semen portland dan pasir dengan perbandingan berat 1:3 dan enam (6) benda uji mortar campuran 1:4. Benda uji mortar yang sudah mengeras direndam sampai benda uji siap dilakukan pengujian kuat tekan yaitu selama 28 hari.

Benda uji pasangan bata merah dalam penelitian ini direncanakan dengan tebal spesi 1 cm. Dibuat dua (2) variasi benda uji dinding pasangan bata merah yaitu pasangan bata menggunakan campuran mortar 1:3 (BM13) dan pasangan bata menggunakan campuran mortar 1:4 (BM14). Sebanyak tiga (3) buah specimen dibuat untuk masing-masing variasi benda uji. Ukuran specimen benda uji dinding pasangan bata merah dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Ukuran benda uji (mm) kuat tekan pasangan bata merah

Hasil Pengujian

Ukuran bata merah dari hasil pengukuran yaitu panjang (P) 22,5 cm, lebar (b) 11 cm dan tebal (t) 5,1 cm. Kuat tekan *unit* bata merah menggunakan 30 buah bata keadaan utuh diperoleh nilai kuat tekan rata-rata 5,15 N/mm² dan penyerapan air 34 %. Berdasarkan SNI 15-0686-1989 bata tersebut termasuk kelas bata 50, sedangkan menurut BS 5628-1:1992 termasuk bata kelas 2 (*class 2*). Kuat tekan rata-rata mortar dengan campuran 1:3 diperoleh sebesar 24,4 N/mm², untuk mortar campuran 1:4 sebesar 13,4 N/mm². Kuat tekan mortar dengan campuran 1:3 masuk dalam klasifikasi sebagai mortar kelas (i) dan mortar dengan campuran 1:4 masuk dalam klasifikasi sebagai mortar kelas (ii) menurut BS EN 5628-1:1992 yang memiliki kuat tekan minimum sebesar 16 MPa untuk campuran 1:3 dan 6,5 MPa untuk campuran 1:4. Sedangkan menurut ASTM C 270 mortar campuran 1:3 masuk dalam klasifikasi sebagai mortar tipe N yang kuat tekan minimumnya adalah 17,25 MPa sedangkan campuran 1:4 masuk dalam klasifikasi sebagai mortar tipe S yang kuat tekan minimumnya adalah 12,4 MPa.

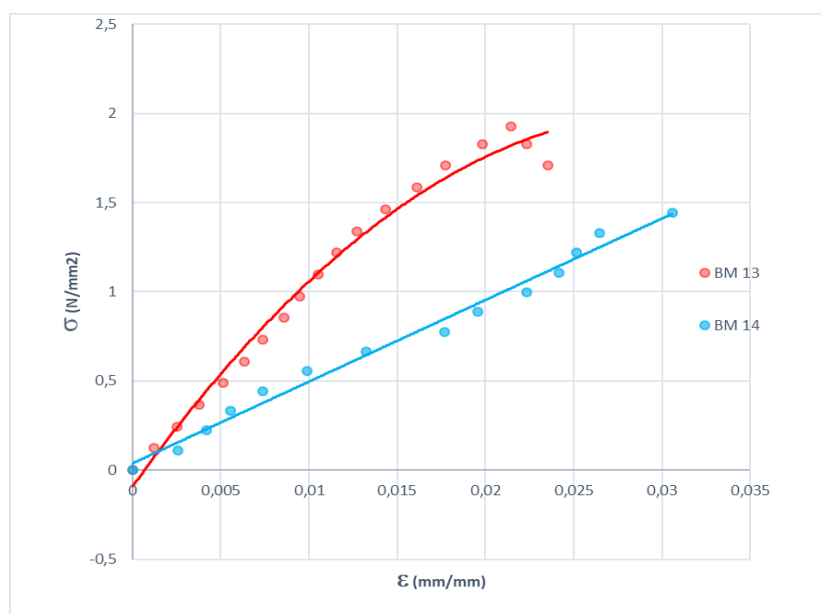
Nilai kuat tekan pasangan bata merah dari masing-masing benda uji pasangan dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai kuat tekan karakteristik pasangan bata merah dengan campuran mortar 1:3 diperoleh sebesar 1,6 N/mm², dinding pasangan bata merah dengan mortar campuran 1:4 sebesar 1,28 N/mm². Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Rahayu dkk (2016) yang menggunakan campuran mortar 1:4 dimana diperoleh nilai kuat tekan karakteristik dinding pasangan bata merah dari Gianyar, Tabanan, dan Negara berturut-turut sebesar 1,22, 1,32 dan 1,42 MPa, maka kuat tekan pasangan bata yang berasal dari Tulikup ini 5% lebih besar.

Dalam *Bristish Standard 5628-1-1992*, kuat tekan dinding pasangan dapat diperkirakan berdasarkan kelas bata dan *mortar designation* yang digunakan. Dengan data mutu bata dan mortar yang didapat dari eksperimen dan diplot pada grafik Gambar 2 atau Tabel 2 didapat nilai kuat tekan prediksi pasangan bata sebesar 2,5 N/mm², lebih besar dibandingkan hasil pengujian langsung. Hasil kuat tekan yang sama yaitu 2,5 N/mm² (nilai terkecil) diprediksi menurut BS tersebut dengan dua mortar 1:3 maupun 1:4 dan menggunakan kuat tekan bata sama, *class 2*. Dari hasil pengujian bata dan mortar tersebut, masih perlu dilakukan pengujian bata lain mengingat penggunaan Grafik dan Tabel untuk memperkirakan kuat tekan pasangan masih berbeda cukup besar.

Hubungan tegangan regangan dinding pasangan dimana terjadi perpendekan benda uji dinding pasangan dicatat setiap peningkatan beban sampai dengan benda uji runtuh. Dalam pengujian kuat tekan dinding pasangan perpendekan dicatat setiap peningkatan beban 5 kN. Grafik hubungan tegangan regangan dinding pasangan bata merah dapat dilihat pada Gambar 4. Modulus elastisitas dinding pasangan bata merah dengan campuran mortar 1:3 sebesar 155,94 N/mm², dinding pasangan bata merah dengan campuran mortar 1:4 sebesar 186,7 N/mm². Dari hubungan antara kuat tekan karakteristik pasangan bata dengan modulus elastisitasnya diperoleh konstanta modulus elastisitas BM13 sebesar 97,45 f_k dan BM14 sebesar 145,74 f_k . Bila dibandingkan dengan Persamaan (5) menurut BS 5628-1:1992 modulus elastisitas dinding pasangan yaitu 900 f_k dan Persamaan (6) menurut Eurocode 6 EN 1996-1-1 (2005) 1000 f_k , modulus elastisitas pasangan bata yang diperoleh dari pengujian langsung jauh dibawah dari persamaan tersebut.

Tabel 3. Kuat tekan pasangan bata merah dengan campuran mortar 1:3 dan 1:4

Kode Benda Uji	W (kg)	Fi,max (N)	fi (N/mm ²)	fi rata-rata (N/mm ²)
BM13 A	32,1	82,5	2,01	
BM13 B	30,7	83,0	1,83	1,92
BM13 C	30,8	79,0	1,93	
BM14 A	30,2	77,5	1,71	
BM14 B	31,2	65,0	1,44	1,54
BM14 C	30,4	60,0	1,46	



Gambar 4. Grafik hubungan tegangan regangan pasangan bata

Pola retak yang ditunjukkan pasangan bata merah BM13 yaitu pola retak diagonal pada bata dan sebagian mortar mulai retak pada siar tegak pasangan tetapi tidak sampai menyebabkan keruntuhan pada dinding pasangan. Pola retak dari dinding pasangan bata merah BM14 tipikal dengan pola retak dinding pasangan BM13, tetapi pola retak yang terjadi pada dinding pasangan BM14 cenderung mengalami retak vertikal.

SIMPULAN

Hasil pengujian *unit* bata merah asal Tulikup mendapatkan nilai kuat tekan 5,15 N/mm² dan penyerapan air bata 34 %. Kuat tekan mortar campuran 1:3 adalah 24,4 N/mm² dan kuat tekan mortar campuran 1:4 adalah 13,4 N/mm². Nilai kuat tekan karakteristik dinding pasangan bata merah BM13 dan BM14 masing-masing sebesar 1,6 N/mm² dan 1,28 N/mm². Dibandingkan dengan nilai kuat tekan karakteristik prediksi menurut BS EN 5628-1:1992, kuat tekan karakteristik pasangan bata dengan pengujian langsung memiliki nilai kuat tekan lebih kecil. Modulus elastisitas dinding pasangan BM13 dan BM14 diperoleh sebesar 155,94 N/mm² dan 186,71 N/mm². Hubungan modulus elastisitas dengan kuat tekan dinding pasangan untuk dinding pasangan BM13 dan BM14 yaitu 97,45 f_k dan 145,74 f_k . Pola retak dinding pasangan pada pengujian kuat tekan berupa

retak vertical, diagonal yang cenderung terjadi pada *unit* pembentuk dinding pasangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai dari DIPA PNBPU Universitas Udayana melalui skim Penelitian Unggulan Udayana (PUU).

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials (ASTM). 1989. ASTM C 270-88: *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry, volume 04.01*. American Society for testing and materials. Philadelphia.
- Badan Standardisasi Nasional. 1989. SNI 15-0686-1989. *Mutu dan Cara Uji Bata Merah Berlubang*.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03-6825-2002. *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil*. Bandung.
- Basoenondo, E.A. 2008. "Lateral Load Response of Cikarang Brick Wall Structures-An Experiment Study". *Tesis pada Centre for Built Environment and Engineering Research*, Queensland University of Technology.

- British Standard. 1992. *British Standard: Structural Use Of Unreinforced Masonry (BS 5628-1:1992)*.
- British Standard. 1999. *British Standard: Methods of Test For Masonry (BSEN 1052-1:1999)*
- Budiwati, I.A.M. 2009. "Experimental Compressive Strength and Modulus of Elasticity of Masonry". *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol.13 (1) pp. 71-81
- Budiwati (2011), Properti Pasangan Bata Merah untuk Perancangan. *Seminar Nasional 1 BMPTTSSI - KoNTekS 5*. USU Medan
- Budiwati, I.A.M dan Sukrawa, M. 2017. Kinerja Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Penambahan Dinding Pengisi Berlubang Sebagai Perkuatan Seismik. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol 24 (1).
- The European Union. 2005. EN 1996-1-1 (2005) (English): Eurocode 6: Design of masonry structures - Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures. *European Committee for Standardization*. Brussels.
- Radovanovic, Z., Grebovic, R.S., Dimovska, S., Serdar, N., Vatin, N., dan Murgul, V. 2015. The Mechanical Properties of Masonry Walls - Analysis of the Test Results. *Procedia Engineering*, 117 (2015)865-873
- Rahayu, N.N.R., Budiwati, I.A.M., dan Sukrawa, M. 2016. Studi Karakteristik Bata Merah Lokal Bali Sebagai Dinding. *Jurnal Spektran*, Vol.4 (1) pp. 10-18.