

STUDI EKSPERIMENTAL TENTANG KEKUATAN DINDING BATA DENGAN PERKUATAN

Maya Saridewi Pascanawaty¹⁾, M. Sukrawa²⁾, I.A M. Budiwati²⁾

Abstrak: Studi eksperimental tentang kekuatan dinding telah dilakukan melalui kajian pustaka dan penelitian di laboratorium, untuk mengetahui perilaku lentur, tekan dan geser dinding pasangan. Empat jenis spesimen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dinding pasangan tanpa plesteran (TP), dinding pasangan dengan plesteran (DP), dinding pasangan dengan plesteran dan dengan tulangan kawat ayam (DPK), dan dinding pasangan dengan plesteran dan dengan tulangan wire mesh M4 (DPW). Perilaku yang diteliti meliputi hubungan antara beban dan deformasi yang terjadi serta pola retak/moda keruntuhan.

Pengujian laboratorium meliputi uji kuat tekan (C) dengan benda uji CTP, CDP, CDPK dan CDPW; pengujian kuat lekat/geser (S) dengan benda uji STP, SDP, SDPK, dan SDPW; pengujian kuat lentur (F) yang tegak lurus siar datar yaitu FTP[⊥], FDP[⊥], FDPK[⊥], dan FDPW[⊥]; serta pengujian kuat lentur sejajar siar datar yaitu FTP//, FDP//, FDPK//, dan FDPW//. Sebelum pengujian dinding, pengujian pada bahan penyusunnya telah dilakukan. Hasil pengujian kuat tekan bata merah Negara sebesar 11,03 N/mm² dengan penyerapan air bata 21,84%. Kuat tekan mortar 9,1 N/mm². Pengujian pasangan bata dilakukan setelah umur 28 hari.

Dari hasil penelitian diperoleh nilai kuat tekan CTP, CDP, CDPK dan CDPW masing-masing sebesar 3,82 N/mm², 3,84 N/mm², 7,46 N/mm², dan 6,33 N/mm². CDP, CDPK dan CDPW mengalami peningkatan nilai kuat tekan masing-masing 1,01; 1,95; dan 1,86 kali dari benda uji CTP. Nilai kuat lekat STP, SDP, SDPK dan SDPW masing-masing sebesar 0,11 N/mm², 0,28 N/mm², 0,54 N/mm², dan 0,42 N/mm². SDP, SDPK dan SDPW mengalami peningkatan nilai kuat lekat masing-masing 2,58; 4,88; dan 3,87 kali dari benda uji STP. Nilai kuat lentur FTP[⊥] sebesar 0,93 N/mm² dan FDP[⊥] 1,27 N/mm², dengan nilai beban runtuh FTP[⊥], FDP[⊥], FDPK[⊥] dan FDPW[⊥] masing-masing sebesar 8,17 KN, 25,17 KN, 31,17 KN, dan 40,67 KN. FDP[⊥], FDPK[⊥] dan FDPW[⊥] mengalami peningkatan nilai beban runtuh masing-masing 3,08; 3,82; dan 4,98 kali dari benda uji FTP[⊥]. Nilai kuat lentur FTP// sebesar 0,38 N/mm² dan FDP// 0,66 N/mm², dengan nilai beban runtuh FTP//, FDP//, FDPK// dan FDPW// masing-masing sebesar 3,5 KN, 13,67 KN, 18,33 KN, dan 32,83 KN. Benda uji FDP//, FDPK// dan FDPW// mengalami peningkatan nilai beban runtuh masing-masing 3,9; 5,24; dan 9,38 kali dari benda uji FTP//. FDPK dan FDPW tidak memenuhi untuk dicari nilai kuat lenturnya karena mengalami kegagalan geser dan bukan kegagalan lentur. Nilai kekakuan (EA) CTP, CDP, CDPK, dan CDPW masing-masing sebesar 725,09 KN, 1096,32 KN, 2357,64 KN, dan 1869,78 KN, atau tiga spesimen terakhir mengalami peningkatan 1,5; 3,3; dan 2,6 kali dari CTP. Kekakuan (EI) FTP[⊥] sebesar 23,78 KNm², sedangkan kekakuan FDP[⊥], FDPK[⊥] dan FDPW[⊥] masing-masing sebesar 68,68 KNm², 96,31 KNm², dan 112,17 KNm² atau 2,9; 4,0; dan 4,7 kali dari FTP[⊥]. Kekakuan (EI) FTP// sebesar 12,99 KNm², sedangkan kekakuan FDP//, FDPK// dan FDPW// masing-masing sebesar 46,89 KNm², 84,53 KNm² dan 119,51 KNm² atau 3,6; 6,5; dan 9,2 kali dari FTP//.

Kata kunci: bata, pasangan bata, kuat tekan, kuat lekat, kuat lentur, kekakuan

EXPERIMENTALSTUDYON THESTRENGTH OFBRICK WALL WITHSTRENGTHENING

Abstract: Experimental study on the strength of brick walls have been done through literature review and laboratory testing to determine flexural, compressive and shear behaviour of the walls. Four different type of walls were used consisted of walls without plastering (TP), walls with plastering (DP), walls with plastering and chicken mesh reinforcement (DPK), and walls with plastering and wire mesh M4 reinforcement (DPW). The behaviour examined included load-deformation relationship and crack pattern/mode of failure.

Laboratory testing included compression test (C) namely CTP, CDP, CDPK and CDPW; bond/shear strength test (S) namely STP, SDP, SDPK, and SDPW; flexural strength tests for failure plane perpendicular to bed joints (F) namely FTP[⊥], FDP[⊥], FDPK[⊥], and FDPW[⊥]; and flexural strength tests for failure plane parallel to bed joints, namely FTP//, FDP//, FDPK// and FDPW//. Prior to testing the wall, tests on constituent materials were conducted. Red brick (made in Negara) showed compressive strength of 11,03 N/mm² with water absorption of 21,84%. Compressive strength of mortar was 9,1 N/mm². For the wall specimens testing was done after 28 days.

The data obtained from the wall tests showed that compression strength for CTP, CDP, CDPK and CDPW are 3,82 N/mm², 3,84 N/mm², 7,46 N/mm², and 6,33 N/mm², respectively. Values for CDP, CDPK and CDPW are 1,01; 1,95; and 1,86 greater than that for CTP. Bond strength values of STP, SDP, SDPK and SDPW are 0,11 N/mm², 0,28 N/mm², 0,54 N/mm², and 0,42 N/mm², respectively. Values for SDP, SDPK and SDPW are 2,58; 4,88; and 3,87 greater than that of STP. Flexural strength values of FTP[⊥] and FDP[⊥] are 0,93 N/mm² and 1,27 N/mm², with a failure load for FTP[⊥], FDP[⊥], FDPK[⊥], and FDPW[⊥] are sebesar 8,17 KN, 25,17 KN, 31,17 KN and 40,67 KN, respectively. The values for FDP[⊥], FDPK[⊥], and FDPW[⊥] are 3,08; 3,82; and 4,98 greater than that of FTP[⊥]. Flexural strength values of FTP// and FDP// are 0,38 N/mm² and 0,66 N/mm², with a failure load for FTP//, FDP//, FDPK//, and FDPW// are 3,5 KN, 13,67 KN, 18,33 KN and 32,83 KN, respectively. The values for FDP//, FDPK//, and FDPW// are 3,9; 5,24; and 9,38 greater than that of FTP//. The flexural strength of FDPK and FDPW that's not analyzed because it was a shear failure and not a flexural failure. Stiffness (EA) for CTP, CDP, CDPK, and CDPW are 725,09 KN, 1096,32 KN, 2357,64 KN, and 1869,78 KN, respectively. The last three values are 1,5; 3,3; and 2,6 greater than that for CTP. Stiffness (EI) of FTP[⊥] was 23,78 KNm², while stiffness of FDP[⊥], FDPK[⊥] and FDPW[⊥] are 68,68 KNm², 96,31 KNm² and 112,17 KNm², respectively, or 2,9; 4,0; and 4,7 greater than that for FTP[⊥]. Stiffness (EI) of FTP// was 12,99 KNm², while stiffness of FDP//, FDPK//, and FDPW// were 46,89 KNm², 84,53 KNm² and 119,51 KNm², respectively, or 3,6; 6,5; and 9,2 greater than that for FTP//.

Keywords: brick, masonry, compressive strength, bond strength, flexural strength, stiffness

¹⁾Mahasiswa Program Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Udayana, Denpasar

²⁾ Staf Pengajar Program Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Udayana, Denpasar

PENDAHULUAN

Pemasangan dinding pengisi mengakibatkan struktur menjadi lebih kaku, yang terkadang dapat menyebabkan terjadinya perilaku keruntuhan yang berbeda antara struktur tanpa dinding pengisi dan struktur dengan dinding pengisi. Hal yang demikian mempengaruhi juga kapasitas dan daktilitas struktur secara keseluruhan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi dinding pengisi dengan kerangka sangat efektif meningkatkan kekuatan, kekakuan, dan kinerja struktur dalam menahan beban lateral akibat gempa. Kaushik et.al.(2006) menyatakan bahwa dinding pengisi *masonry* menghasilkan penambahan kekakuan yang luar biasa pada struktur rangka beton bertulang. Kekakuan lateral kerangka yang dianalisis dengan dinding pengisi meningkat hingga 25 kali dibandingkan dengan kerangka terbuka (Sukrawa, 2010).

Beberapa penelitian mengenai karakteristik pasangan bata telah dilakukan dengan hasil penelitian yaitu antara lain, pengujian dinding pasangan bata merah berdasarkan standar BS-EN-1052-1-1999 diperoleh nilai kuat tekan rata-rata dan modulus elastisitas rata-rata sebesar 11,2 N/mm² dan 13500 N/mm² (Budiwati, 2009); pengujian kuat lekat (*bond*) pasangan bata mengacu pada SNI-03-4166-1996 didapat nilai kuat lekat sebesar 0,39 Mpa (Aryanto, 2008); dinding pasangan bata dengan perbandingan mortar 1:5 diperoleh nilai kuat tekan sebesar 1,4 N/mm² (Diputra, 2010); dan pengujian kuat lentur dinding tanpa plesteran sebesar 1,18 Mpa dan dinding dengan plesteran sebesar 1,63 Mpa. Penambahan plesteran memberikan kontribusi 38% tambahan kapasitas lentur dari dinding pasangan bata tanpa plesteran (Mahendra, 2012).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian mengenai karakteristik dinding pasangan dan material pembentuknya. Pengujian terhadap kuat tekan pasangan bata sudah ada walaupun terbatas, namun data kuat tekan, kuat lentur dan kuat lekat dinding pasangan dengan perkuatan plesteran, kawat dan *wire mesh* belum diketahui sehingga perlu diadakan pengujian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku lentur, tekan dan daya lekat pasangan bata tanpa plesteran dan dengan perkuatan plesteran, kawat dan *wire mesh*. Perilaku yang diteliti meliputi hubungan antara beban dan deformasi yang terjadi serta pola retak/moda keruntuhan.

KAJIAN PUSTAKA

Dinding

Dinding adalah bagian dari bangunan yang berfungsi sebagai pemisah antara ruangan luar dengan ruangan dalam, melindungi terhadap cuaca, penyokong atap, sebagai pembatas, penahan cahaya panas dari matahari, dan menahan tiupan angin dari luar. Dinding adalah bagian bangunan yang sangat penting perannya bagi suatu konstruksi bangunan. Dinding membentuk dan melindungi isi bangunan baik dari segi konstruksi maupun penampilan artistik dari bangunan (Fianli, 2011).

Bahan Pembentuk Dinding Pasangan

Bata Merah

Menurut SNI 15-0686-1989, benda uji yang dipergunakan dalam pengujian kuat tekan bata merah adalah bata merah dengan keadaan utuh, kemudian bidang yang akan ditekan diterap dengan adukan setebal 6 mm (semen dan pasir 1:3) dengan ditambah air 60%-70% berat semen. Setelah dicetak, keesokan harinya benda uji direndam dalam air bersih (suhu ruangan) selama 24 jam. Bata merah yang telah direndam diangkat dan bidang-bidangnya dibersihkan dengan kain lembab. Kuat tekan bata diperoleh sebagai hasil bagi beban tekan tertinggi dan luas bidang tekan terkecil. Kuat tekan rata-rata adalah jumlah kuat tekan dibagi dengan banyaknya benda uji (30 buah). Kuat tekan bata merah f_{ci} (N/mm²), P, berat tekan (N) dan A, luas bidang tekan (mm²), dihitung dengan Persamaan 1.

$$f_{ci} = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

ASTM C 67 mensyaratkan kuat tekan bata merah diperoleh dari kuat tekan rata-rata hasil test minimum 10 sampel dengan perbandingan ukuran tinggi dan tebal sama dengan satu, yaitu 50 mm x 50 mm x 50 mm (kubus).

Menurut BS 3921-1985, benda uji yang dipergunakan dalam pengujian kuat tekan bata adalah 10 buah bata utuh yang direndam dalam air selama 24 jam sebelum pengujian. Setiap bata ditempatkan di antara dua lapisan kayu dengan ketebalan 4 mm di dalam mesin uji.

Mortar

Mortar adalah campuran yang terdiri dari semen, agregat halus, dan air baik dalam keadaan dikeraskan ataupun tidak dikeraskan (SNI 15-2049-2004). Untuk pemasangan dinding bata, mortar yang digunakan umumnya mortar yang diolah secara manual atau disebut mortar konvensional. Campuran mortar

konvensional untuk dinding bata misalnya 1 : 5, artinya 1 takaran semen dicampur 5 takaran pasir. Tebal mortar yang menyatukan bata berkisar antara 0,65 - 2 cm (Tjokrodinuljo, 1996).

Menurut SNI 03-6825-2002, pada pengujian kuat tekan mortar benda uji berbentuk kubus berukuran 5 cm. Nilai kuat tekan didapat dengan membagi besar beban maksimum (N) dengan luas tampang (mm²). Persamaan yang dipergunakan dalam menentukan nilai kuat tekan mortar (σ) dapat dilihat dalam Persamaan 3.

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana, P_{max} , gaya tekan maksimum, dan A, luas penampang.

Menurut ASTM C 109, pengujian mortar dilakukan menggunakan mortar berbentuk kubus dengan 50 mm dengan perbandingan campuran semen dan pasir 1:5.

Menurut BS 5628-1-1992, untuk benda uji mortar menggunakan salah satu dari ukuran spesimen berikut: 70,7 mm (kubus), 100 mm (kubus), 100 mm x 25 mm x 25 mm (prisma/balok), atau 160 mm x 40 mm x 40 mm (prisma/balok).

Semen Portland

Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004).

Pasir

Menurut SK SNI T-15-1990-03, kekasaran pasir dibagi menjadi 4 (empat) kelompok gradasi *zone* yang diadopsi dari *British Standard* yang digunakan di Indonesia saat ini, yaitu: pasir halus, agak halus, agak kasar. Keempat gradasi tersebut biasanya disebut sebagai zone I (pasir kasar), zone II (pasir agak kasar), zone III (pasir agak halus) dan zone IV (pasir halus).

Faktor Air-Semen

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai faktor air semen (FAS), semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin

tinggi. Nilai FAS yang rendah menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS yang diberikan antara 0,4 – 0,65 (Mulyono, 2004).

Tulangan Baja

Menurut SNI-07-0663-1995, jaringan kawat baja las adalah jaringan yang berbentuk segi empat dari kawat hasil penarikan dingin yang dibuat dengan pengelasan titik, dimana dapat berbentuk bujur sangkar dan jaring empat persegi panjang. Kawat-kawat satu sama lain harus saling tegak lurus dan tidak boleh terdapat cacat yang dapat mengurangi kegunaannya. Panjang jantainya kawat adalah maksimum 1/2 x jarak kawat melintang. Pengujian jaringan kawat baja yaitu dengan mengambil satu benda uji sebanyak 2 (dua) lembar yang berukuran 1 x 1 meter dari per tiap 10 (sepuluh) bundel. Pengukuran diameter dilakukan terhadap kawat baja yang melintang dan memanjang, masing-masing pada dua titik pengukuran.

Metode Pengujian Dinding Pasangan Pengujian kuat tekan pasangan

Menurut SNI-03-4164-1996 pengujian kuat tekan pasangan bata dilakukan dengan menggunakan benda uji berbentuk persegi tanpa plesteran. Menurut BS EN 1052-1-1999, untuk menentukan nilai kuat tekan dinding pasangan, benda uji dibebani dengan beban merata sampai hancur. Dari hasil pengujian tersebut kemudian dicatat beban maksimum ($F_{i,max}$). Kuat tekan (f_i) dinding pasangan dihitung dengan Persamaan 3.

$$f_i = \frac{F_{i,max}}{A_i} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana A_i adalah luas permukaan benda uji.

Dalam BSEN 1052-1-1999, modulus elastisitas dinding pasangan diperoleh dengan mencari nilai hubungan tegangan dan regangan. Nilai regangan yang terjadi diukur dengan menggunakan *strain gauge*. Persamaan 4 yang dipergunakan dalam menentukan modulus elastisitas (E_i) dinding pasangan.

$$E_i = \frac{F_{i,max}}{3x\varepsilon_i x A_i} \dots \dots \dots (4)$$

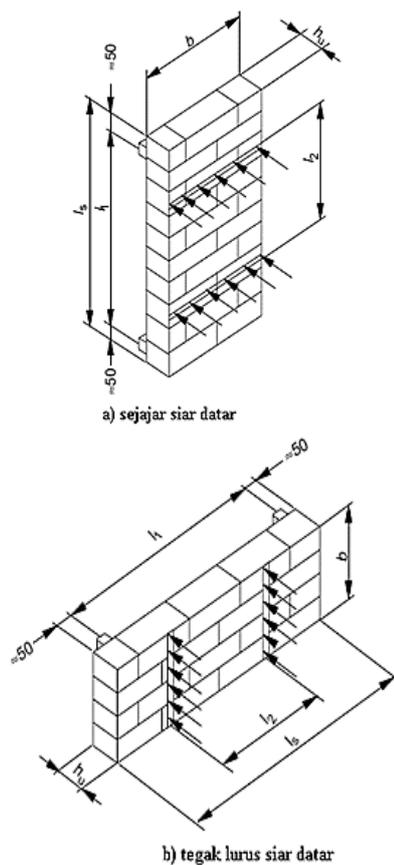
Dimana, $F_{i,max}$, beban tekan maksimum (N), A_i , luas permukaan benda uji (mm²), dan ε_i , regangan normal akibat beban aksial (mm).

Pengujian kuat lentur pasangan

Menurut SNI-03-4165-1996 pengujian kuat lentur pasangan bata dilakukan dengan menggunakan benda uji berbentuk persegi tanpa plesteran. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban garis terpusat pada jarak $\frac{1}{4}$ bentang. Menurut BS EN 1052-2-1999, untuk pengujian kuat lentur dinding dilakukan dengan memberikan beban garis terpusat pada jarak yang seperti terlihat pada Gambar 1. Dari hasil pengujian tersebut kemudian dicatat beban maksimum ($F_{i,max}$) benda uji. Kuat lentur (f_{xi}) dihitung dengan Persamaan 5.

$$f_{xi} = \frac{3F_{i,max}(l_1 - l_2)}{2bhu^2} \dots\dots(5)$$

Dimana, b, lebar benda uji (mm) dan hu, tebal benda uji (mm).



Gambar 1
Spesimen uji lentur
(Sumber: BS EN 1052-2-1999)

Nilai kekakuan lentur (EI) dapat dicari dengan Persamaan 6.

$$EI = \frac{Pa}{24\Delta_{max}} \times (3L^2 - 4a^2) \dots\dots(6)$$

Dimana Δ_{max} , lendutan maksimum (mm), P, beban (N), a, jarak beban ke tumpuan (mm), dan L, bentang (mm).

Pengujian kuat lekat pasangan

Menurut SNI-03-4166-1996, pengujian kuat lekat pasangan bata dilakukan dengan menggunakan benda uji yang tersusun dari 3 (tiga) buah bata utuh yang nilai kuat geser (f_{vh}) dianalisa dengan menggunakan persamaan 7, dengan P_u , beban maksimum benda uji (N), b, lebar bidang lekatan (mm), dan h, tinggi bidang geser (mm).

$$f_{vh} = \frac{P_u}{2bh} \dots\dots(7)$$

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

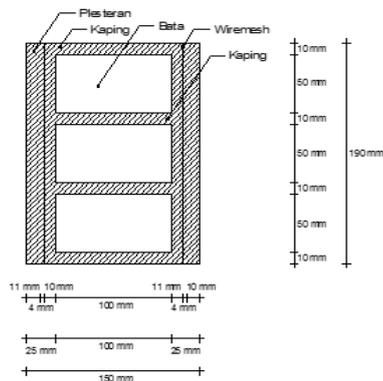
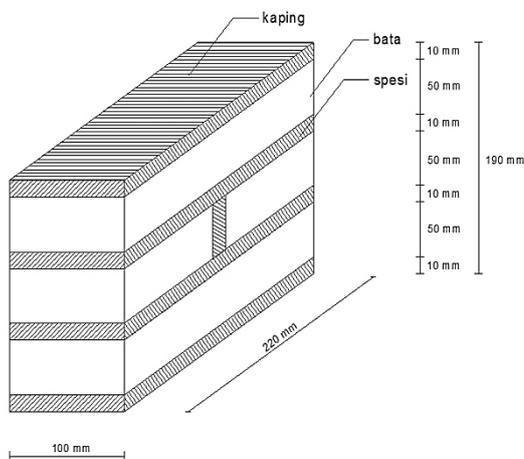
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana di Kampus Bukit Jimbaran.

Pembuatan dan pengujian pasangan bata

Untuk pembuatan benda uji pasangan bata, dalam penelitian ini direncanakan tebal spesi 1 cm, dan tebal plesteran 2,5 cm dengan perbandingan berat semen dan pasir 1:5, dan faktor air semen 0,5. Plesteran dan pemasangan tulangan kawat dan *wire mesh* pada dinding direncanakan 3 hari setelah pasangan bata tersusun.

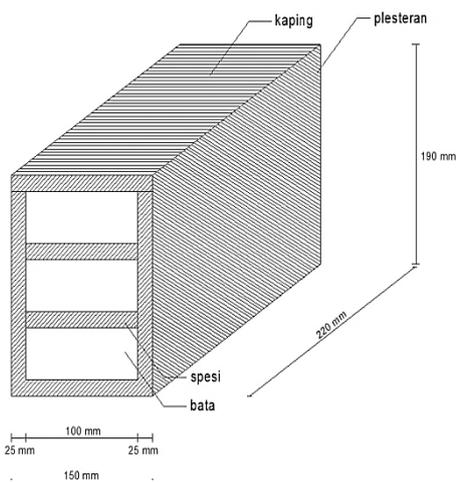
Pengujian yang dilakukan terhadap benda uji pasangan bata adalah pengujian kuat tekan/*compressive strength* (C), pengujian kuat geser atau daya lekat/*bond strength* (S), dan pengujian kuat lentur/*flexural strength* (F) dengan variasi benda uji dalam penelitian ini terdiri dari 4 (empat) spesimen yaitu: pasangan bata tanpa plesteran (TP), pasangan bata dengan plesteran (DP), pasangan bata dengan plesteran dan dengan tulangan kawat (DPK), pasangan bata dengan plesteran dan dengan *wire mesh* (DPW).

Untuk pengujian kuat tekan pasangan bata, variasi benda uji dalam pengujian kuat tekan (C) ini terdiri dari 4 spesimen, masing-masing 3 buah (Gambar 2 – Gambar 6), yaitu: pasangan bata tanpa plesteran (CTP), pasangan bata dengan plesteran (CDP), pasangan bata dengan plesteran dan dengan tulangan kawat (CDPK), serta pasangan bata dengan plesteran dan dengan tulangan *wire mesh* (CDPW).

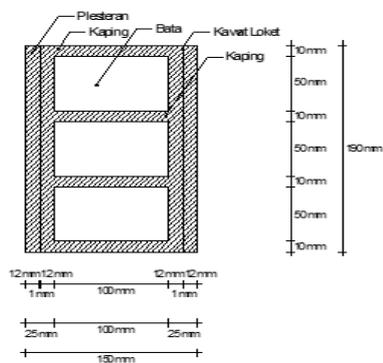


Gambar 5
Benda uji kuat tekan dengan plesterandan
wiremesh (CDPW)

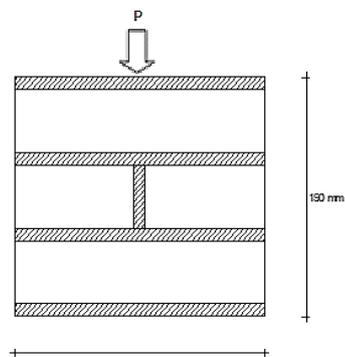
Gambar 2
Benda uji kuat tekan tanpa plesteran



Gambar 3
Benda uji kuat tekan dengan plesteran

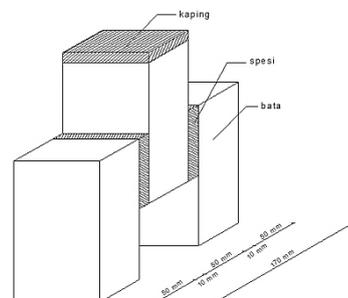


Gambar 4
Benda uji kuat tekan dengan plesterandan
kawat loket

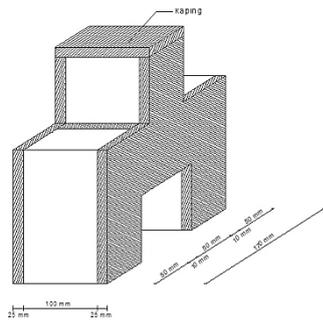


Gambar 6
Posisi benda uji dan pembebanan pada
pengujian kuat tekan

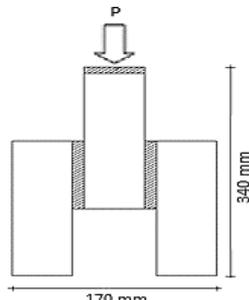
Variasi benda uji dalam pengujian kuat lekat (S) ini terdiri dari 4 spesimen masing-masing 3 buah (Gambar 7– Gambar 9), yaitu: pasangan bata tanpa plesteran (STP), pasangan bata dengan plesteran (SDP), pasangan bata dengan plesteran dan dengan tulangan kawat (SDPK), serta pasangan bata dengan plesteran dan dengan tulangan *wire mesh* (SDPW).



Gambar 7
Benda uji kuat lekat tanpa plesteran

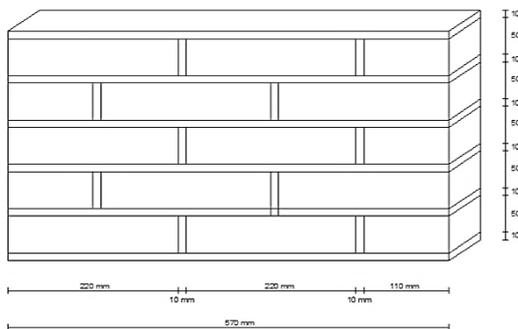


Gambar 8
Benda uji kuat lekat dengan plesteran

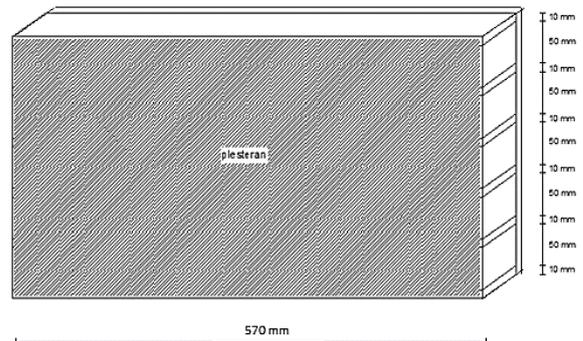


Gambar 9
Posisi benda uji dan pembebanan pada pengujian kuat lekat

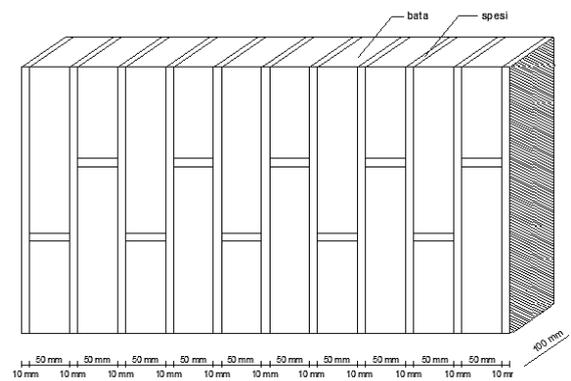
Untuk pengujian kuat lentur, benda uji terdiri dari 2 (dua) model, yaitu untuk pengujian kuat lentur tegak lurus siar datar (Gambar 10 – Gambar 11) dan pengujian kuat lentur sejajar siar datar (Gambar 12 – Gambar 13). Posisi benda uji dan metode pengujian kuat lentur tegak lurus siar datar dan pengujian kuat lentur sejajar siar datar dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15.



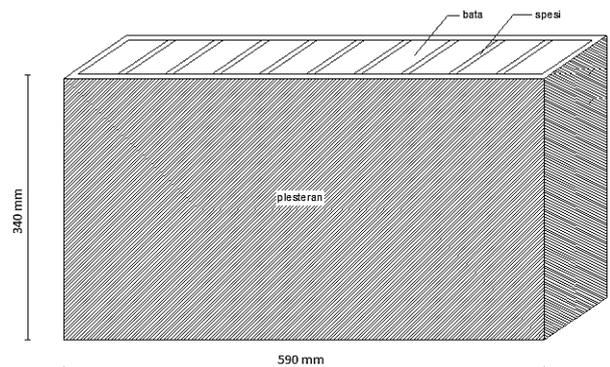
Gambar 10
Model benda uji kuat lentur (model 1) tanpa plesteran



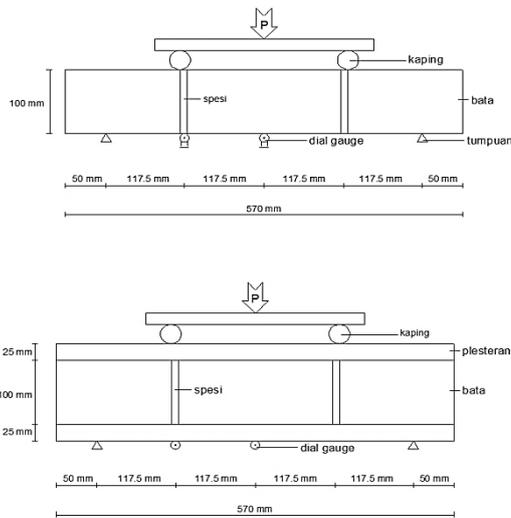
Gambar 11
Model benda uji kuat lentur (model 1) dengan plesteran



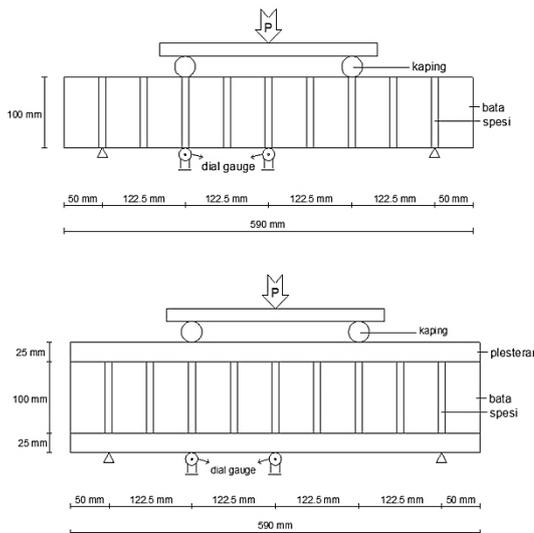
Gambar 12
Model benda uji kuat lentur (model 2) tanpa plesteran



Gambar 13
Model benda uji kuat lentur (model 2) dengan plesteran



Gambar 14
Posisi benda uji dan metode pengujian kuat lentur tegak lurus siar datar



Gambar 15
Posisi benda uji dan metode pengujian kuat lentur sejar siar datar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Pasangan Bata Merah

Pada pengujian kuat tekan dinding pasangan dari bata merah Negara dengan kuat tekan rata-rata 11,03 N/mm², penyerapan air bata 21,84%, dan mortar dengan kuat tekan rata-rata 9,1 N/mm² diperoleh Nilai kuat tekan CTP, CDP, CDPK dan CDPW masing-masing sebesar 3,82 N/mm², 3,84 N/mm², 7,46 N/mm², dan 6,33 N/mm²(Tabel 1).

Dalam *British Standard* 5628-1-1992 (Gambar 1.a dan Tabel 2.a), kuat tekan pasangan dinding ditentukan berdasarkan

mortar design, memberikan prediksi nilai kuat tekan dinding pasangan bata tanpa tulangan tanpa plesteran sebesar 4,1 MPa untuk dinding pasangan yang material penyusunnya menggunakan design mortar (iii) dan nilai kuat tekan unit/bata merah 11,03 N/mm². Nilai kuat tekan pasangan bata yang diprediksikan tersebut 7,33% lebih besar dari nilai kuat tekan dinding pasangan bata tanpa tulangan tanpa plesteran hasil eksperimen (CTP).

Tabel 1
Nilai kuat tekan pasangan bata

No	Kode Benda Uji	f_i (N/mm ²)	f_i rata-rata (N/mm ²)	Rasio terhadap CTP
1	CTP1	3.80		
2	CTP2	3.85	3.82	1.00
3	CTP3	3.81		
4	CDP1	3.79		
5	CDP2	3.88	3.84	1.01
6	CDP3	3.84		
7	CDPK1	7.12		
8	CDPK2	7.75	7.46	1.95
9	CDPK3	7.49		
10	CDPW1	6.21		
11	CDPW2	6.52	6.33	1.86
12	CDPW3	6.27		

Sumber: Hasil analisis, 2014

Nilai kuat lekat STP, SDP, SDPK dan SDPW masing-masing sebesar 0,11 N/mm², 0,28 N/mm², 0,54 N/mm², dan 0,42 N/mm². Benda uji SDP, SDPK dan SDPW mengalami peningkatan nilai kuat lekat masing-masing 2,58; 4,88; dan 3,87 kali dari benda uji STP (Tabel 2). Dari hasil pengujian ini, didapat nilai kuat lekat (*bond*) pasangan bata tanpa plesteran dan tanpa tulangan adalah 0,28 MPa lebih kecil dibandingkan dengan hasil pengujian Aryanto (2008) yaitu 0,39 MPa. Hal ini disebabkan karena keterbatasan alat uji yang tidak sama seperti pada pengujian kuat lekat yang dilakukan oleh Aryanto (2008).

Nilai kuat lentur FTP[⊥] sebesar 0,93 N/mm² dan FDP[⊥] 1,27 N/mm², dengan nilai beban runtuh FTP[⊥], FDP[⊥], FDPK[⊥] dan FDPW[⊥] masing-masing sebesar 8,17 KN, 25,17 KN, 31,17 KN, dan 40,67 KN. Benda uji FDP[⊥], FDPK[⊥] dan FDPW[⊥] mengalami peningkatan nilai beban runtuh masing-masing 3,08; 3,82; dan 4,98 kali dari benda uji FTP[⊥] (Tabel 3).

Tabel 2
Nilai kuat lekat pasangan bata

No	Kode Benda Uji	f_{vh} (N/mm ²)	f_{vh} rata-rata (N/mm ²)	Rasio terhadap STP
1	STP1	0.11		
2	STP2	0.13	0.11	1.00
3	STP3	0.09		
4	SDP1	0.26		
5	SDP2	0.29	0.28	2.58
6	SDP3	0.30		
7	SDPK1	0.55		
8	SDPK2	0.53	0.54	4.88
9	SDPK3	0.53		
10	SDPW1	0.41		
11	SDPW2	0.44	0.42	3.87
12	SDPW3	0.42		

Sumber: Hasil analisis, 2014

Tabel 3
Beban runtuh dan kuat lentur^L pasangan bata

No	Kode Benda Uji	f_{xi} (N/mm ²)	f_{xi} rata-rata (N/mm ²)	$F_{i,max}$ rata-rata (KN)	Rasio terhadap FTP+
1	FTP1 ^L	1.02			
2	FTP2 ^L	0.85	0.93	8.17	1.00
3	FTP3 ^L	0.91			
4	FDP1 ^L	1.34			
5	FDP2 ^L	1.21	1.27	25.17	3.08
6	FDP3 ^L	1.26			
7	FDPK1 ^L	1.52			
8	FDPK2 ^L	1.62	-	31.17	3.82
9	FDPK3 ^L	1.59			
10	FDPW1 ^L	2.12			
11	FDPW2 ^L	2.05	-	40.67	4.98
12	FDPW3 ^L	2.00			

Sumber: Hasil analisis, 2014

Dalam British Standart 5628 : Part 1 : 1992 Tabel 3, kuat lentur pasangan dinding (f_{kx}) ditentukan berdasarkan mortar design dan persentase penyerapan air unit bata merah yang digunakan. Kuat lentur dinding pasangan (f_{kx}) yang ditentukan berdasarkan mortar design dan persentase penyerapan air bata merah, memberikan prediksi nilai kuat lentur dinding pasangan bata tanpa tulangan tanpa plesteran sebesar 0,9 MPa untuk dinding pasangan yang material penyusunnya menggunakan design mortar (iii) dan serapan air bata lebih besar dari

12%. Nilai kuat lentur yang diprediksikan tersebut 3,33% lebih kecil dari nilai kuat lentur dinding pasangan tanpa tulangan tanpa plesteran hasil eksperimen (FTP^L).

Nilai kuat lentur FTP// sebesar 0,38 N/mm² dan FDP// 0,66 N/mm², dengan nilai beban runtuh FTP//, FDP//, FDPK// dan FDPW// masing-masing sebesar 3,5 KN, 13,67 KN, 18,33 KN, dan 32,83 KN. Benda uji FDP//, FDPK// dan FDPW// mengalami peningkatan nilai beban runtuh masing-masing 3,9; 5,24; dan 9,38 kali dari benda uji FTP// (Tabel 4).

Tabel 4
Beban runtuh dan kuat lentur// pasangan bata

No	Kode Benda Uji	f_{xi} (N/mm ²)	f_{xi} rata-rata (N/mm ²)	$F_{i,max}$ rata-rata (KN)	Rasio terhadap FTP+
1	FTP1//	0.32			
2	FTP2//	0.38	0.38	3.50	1.00
3	FTP3//	0.43			
4	FDP1//	0.60			
5	FDP2//	0.72	0.66	13.67	3.90
6	FDP3//	0.65			
7	FDPK1//	0.86			
8	FDPK2//	0.84	-	18.33	5.24
9	FDPK3//	0.94			
10	FDPW1//	1.49			
11	FDPW2//	1.68	-	32.83	9.38
12	FDPW3//	1.56			

Sumber: Hasil analisis, 2014

Benda uji dengan tulangan tidak memenuhi untuk dicari nilai kuat lenturnya karena beban maksimum yang dikerjakan mengakibatkan benda uji tersebut mengalami kegagalan geser dan bukan kegagalan lentur.

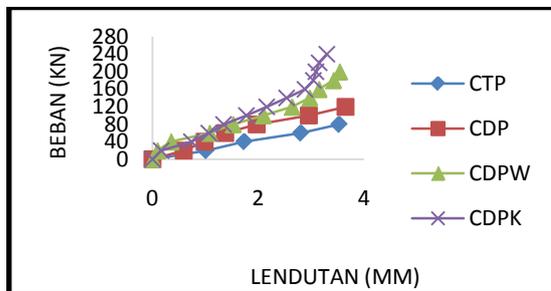
Pola Retak/Keruntuhan Pasangan Bata

Pola keruntuhan/retak pasangan bata pada pengujian kuat tekan berupa retak vertikal, horisontal yang cenderung terjadi pada spesi dan sedikit diagonal terjadi pada bata, sedangkan benda uji yang menggunakan perkuatan tulangan, pola keruntuhan menunjukkan kegagalan lekatan pasangan dengan plesteran pada bidang permukaan plesteran bukan pada material bata maupun spesinya. Pola keruntuhan/retak pasangan bata pada pengujian kuat geser, kegagalan terjadi pada permukaan sambungan (*interface*) bukan pada material bata maupun spesinya. Pada benda uji pada pengujian kuat lentur, retak vertikal yang terjadi sejajar dengan daerah pembebanan (pada area antara ¼ bentang sampai ¾ bentang). Sedangkan untuk benda uji yang

menggunakan perkuatan tulangan pola keretakan terjadi di luar area momen maksimum yaitu antara tumpuan dan $\frac{1}{4}$ bentang atau berada pada area geser maksimum.

Hubungan Beban dengan Lendutan

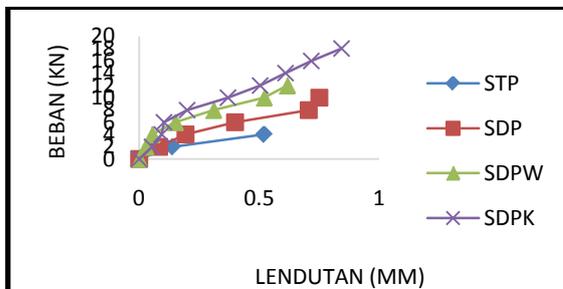
Lendutan dicatat untuk setiap peningkatan beban sampai runtuh. Dalam pengujian kuat tekan pasangan bata, lendutan dicatat setiap peningkatan 5 KN untuk benda uji tanpa tulangan, peningkatan 20 KN untuk benda uji dengan tulangan, sedangkan untuk pengujian kuat lekat dan kuat lentur lendutan dicatat setiap peningkatan 2 KN. Lendutan rata-rata masing-masing variabel benda uji dapat dilihat pada Gambar 16 sampai dengan Gambar 19.



Gambar 16

Grafik lendutan rata-rata (uji tekan)

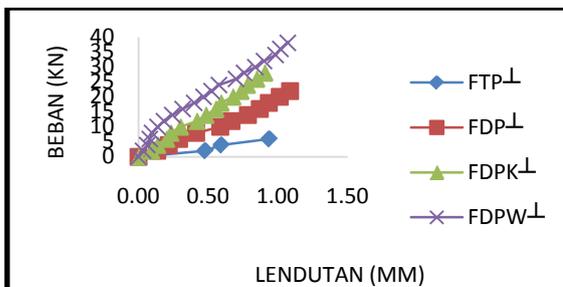
Sumber: Hasil analisis, 2014



Gambar 17

Grafik lendutan rata-rata (uji lekat)

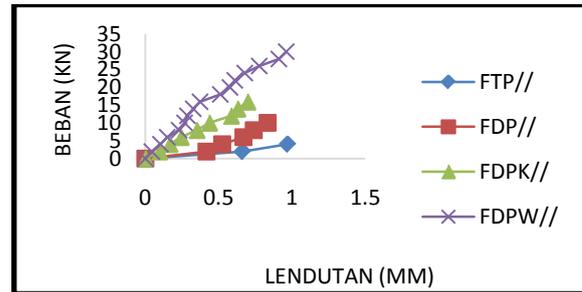
Sumber: Hasil analisis, 2014



Gambar 18

Grafik lendutan rata-rata (uji lentur \perp)

Sumber: Hasil analisis, 2014



Gambar 19

Grafik lendutan rata-rata (uji lentur //)

Sumber: Hasil analisis, 2014

Dari Gambar 16 sampai dengan Gambar 19 dapat dilihat bahwa peran plesteran dan tulangan menghasilkan nilai lendutan yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan benda uji tanpa plesteran.

Nilai kekakuan (EA) CTP sebesar 725,09 KN. Benda uji CDP, CDPK, dan CDPW masing-masing sebesar 1096,32 KN, 2357,64 KN dan 1869,78 KN, atau 1,5; 3,3; dan 2,6 kali dari CTP. Kekakuan lentur (EI) FTP \perp sebesar 23,78 KNm 2 , sedangkan kekakuan FDP \perp , FDPK \perp dan FDPW \perp masing-masing sebesar 68,68 KNm 2 , 96,31 KNm 2 , dan 112,17 KNm 2 atau 2,9; 4,0; dan 4,7 kali dari FTP \perp . Kekakuan lentur (EI) FTP// sebesar 12,99 KNm 2 , sedangkan kekakuan FDP//, FDPK// dan FDPW// masing-masing sebesar 46,89 KNm 2 , 84,53 KNm 2 dan 119,51 KNm 2 atau 3,6; 6,5; dan 9,2 kali dari FTP//.

SIMPULAN

Pada pengujian dinding pasangan dari bata merah Negara dengan kuat tekan rata-rata 11,03 N/mm 2 , penyerapan air bata 21,84%, dan mortar dengan campuran 1 semen : 5 pasir dan faktor air semen 0,5 memiliki kuat tekan sebesar 9,1 N/mm 2 diperoleh nilai kuat tekan pasangan bata CTP, CDP, CDPK dan CDPW masing-masing sebesar 3,82 N/mm 2 , 3,84 N/mm 2 , 7,46 N/mm 2 , dan 6,33 N/mm 2 . Benda uji CDP, CDPK dan CDPW mengalami peningkatan nilai kuat tekan masing-masing 1,01; 1,95; dan 1,86 kali dari benda uji CTP.

Nilai kuat tekan STP, SDP, SDPK dan SDPW masing-masing sebesar 0,11 N/mm 2 , 0,28 N/mm 2 , 0,54 N/mm 2 , dan 0,42 N/mm 2 . Benda uji SDP, SDPK dan SDPW mengalami peningkatan nilai kuat geser masing-masing 2,58; 4,88; dan 3,87 kali dari benda uji STP.

Nilai kuat lentur FTP \perp sebesar 0,93 N/mm 2 dan FDP \perp 1,27 N/mm 2 , dengan nilai beban runtuh FTP \perp , FDP \perp , FDPK \perp dan FDPW \perp masing-masing sebesar 8,17 KN, 25,17 KN, 31,17 KN, dan FDPW \perp 40,67 KN. Benda uji FDP \perp , FDPK \perp dan FDPW \perp mengalami peningkatan nilai beban runtuh masing-masing 3,08; 3,82; dan 4,98 kali dari benda uji FTP \perp .

Nilai kuat lentur FTP// sebesar 0,38 N/mm² dan FDP// 0,66 N/mm², dengan nilai beban runtuh FTP//, FDP//, FDPK// dan FDPW// masing-masing sebesar 3,5 KN, 13,67 KN, 18,33 KN, dan 32,83 KN. Benda uji FDP//, FDPK// dan FDPW// mengalami peningkatan nilai beban runtuh masing-masing 3,9; 5,24; dan 9,38 kali dari benda uji FTP//. FDPK dan FDPW tidak memenuhi untuk dicari nilai kuat lenturnya karena mengalami kegagalan geser dan bukan kegagalan lentur.

Nilai kekakuan (EA) CTP sebesar 725,09 KN. Benda uji CDP, CDPK, dan CDPW masing-masing sebesar 1096,32 KN, 2357,64 KN dan 1869,78 KN, atau 1,5; 3,3; dan 2,6 kali dari CTP. Kekakuan lentur (EI) FTP[⊥] sebesar 23,78 KNm², sedangkan kekakuan FDP[⊥], FDPK[⊥] dan FDPW[⊥] masing-masing sebesar 68,68 KNm², 96,31 KNm², dan 112,17 KNm² atau 2,9; 4,0; dan 4,7 kali dari FTP[⊥]. Kekakuan lentur (EI) FTP// sebesar 12,99 KNm², sedangkan kekakuan FDP//, FDPK// dan FDPW// masing-masing sebesar 46,89 KNm², 84,53 KNm² dan 119,51 KNm² atau 3,6; 6,5; dan 9,2 kali dari FTP//.

SARAN

Spesimen dinding pasangan bata dengan tulangan, perlu dipasang pengaku atau ikatan antara pasangan bata dengan tulangan sebelum diplester, dan juga pengaku antara pasangan bata dengan plesteran sehingga dapat memperkuat lekatan antara plesteran dengan pasangan bata. Dalam penelitian ini spesimen dinding pasangan bata dengan tulangan tidak mengalami keruntuhan lentur, tetapi keruntuhan geser, sehingga untuk memperoleh keruntuhan lentur perlu dilakukan desain spesimen yang kuat terhadap geser.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, A. 2008. Kinerja Portal Beton Bertulang Dengan Dinding Pengisi Bata Ringan Terhadap Beban Gempa, Thesis, Program Studi Rekayasa Struktur, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- ASTM C 67. 2003. *Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile*, American Society for Testing and Materials, Philadelphia..
- ASTM C 109. 1989. *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 15-0686-1989. 1989. *Bata Merah Karawang*, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 15-4164-1996. 1996. *Metode Pengujian Kuat Tekan Dinding Pasangan Bata Merah di Laboratorium*, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 15-4165-1996. 1996. *Metode Pengujian Kuat Lentur Dinding Pasangan Bata Merah di Laboratorium*, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 15-4166-1996. 1996. *Metode Pengujian Kuat Geser Dinding Pasangan Bata Merah di Laboratorium*, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 15-2049-2004. 2004. *Semen Portland*, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 07-0663-1995. 1995. *Jaring Kawat Baja Las Untuk Tulangan Beton*, Bandung.
- British Standarts Institution, BS 5628-1-1992: *Code of Practice for Use of Masonry, Part 1: Structural Use of Unreinforced Masonry*, London.
- British Standarts Institution, BS EN 1052-1-1999: *Methods of Test for Masonry, Part 1: Determination of Compressive Strength*, London.
- British Standarts Institution, BS EN 1052-2-1999: *Methods of Test for Masonry, Part 2: Determination of Flexural Strength*, London.
- British Standarts Institution, BS 3921-1985: *Specification for Clay Bricks*, London.
- Budiwati, I. A. M. 2009. Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Hasil Eksperimen dari Masonry, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Vol. 13, No.1, Januari 2009.
- Departemen Pekerjaan Umum, SK SNI T-15-1990-03. 2003. *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal*, Jakarta.
- Diputra, A. A. G. R. C. 2010. Studi Eksperimental Karakteristik Pasangan Bata Merah Desa Kramas Gianyar, Skripsi Sarjana S1 pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana, Denpasar.
- Fianli, C. 2011. Dinding Bangunan. Universitas Diponegoro. Bandung.
- Kaushik, H.B., Rai, D.C., Jain, S.K. 2006. Code Approaches to Seismic Design of Masonry-Infilled Reinforced Concrete Frames: A State of the Art Review. *Earthquake Spectra*, Volume 22, NO. 4, 961-983, 2006.
- Mahendra, G.W. 2012. Kuat Lentur Dinding Pasangan Bata Dengan Dan Tanpa Tulangan Akibat Gaya Lateral Ke Arah Bidang Muka, Skripsi Sarjana S1 pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana, Denpasar.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Sukrawa, M. 2010. Penyertaan Dinding Pengisi dalam Pemodelan Kerangka Beton Bertulang dan Pengaruhnya terhadap Hasil Perencanaan Struktur. Paper dalam Konteks 4 di Sanur-Bali, 2-3 Juni 2010.
- Tjokrodinuljo, K. 1996, *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta.