

**PERILAKU KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR  
DINDING PASANGAN BATU BATA  
DENGAN PERKUATAN DIAGONAL TULANGAN BAMBU**

**Naskah Publikasi**

untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil



diajukan oleh :

**MUHAMAD ADITYA DWI NUGROHO**

**NIM : D 100 110 059**

**NIRM : 11.6.106.03010.5.00059**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2016**

**HALAMAN PERSETUJUAN**  
**PERILAKU KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR**  
**DINDING PASANGAN BATU BATA**  
**DENGAN PERKUATAN DIAGONAL TULANGAN BAMBU**

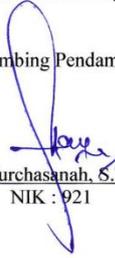
**Naskah Publikasi**

diajukan oleh :

**MUHAMAD ADITYA DWI NUGROHO**  
**NIM : D 100 110 059**  
**NIRM : 11.6.106.03010.5.00059**

Susunan Dewan Penguji :

Pembimbing Pendamping

  
Yenny Nurchasanah, S.T.; M.T  
NIK : 921

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PERILAKU KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR**  
**DINDING PASANGAN BATU BATA**  
**DENGAN PERKUATAN DIAGONAL TULANGAN BAMBU**

**Naskah Publikasi**

diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran  
Tugas Akhir dihadapan Dewan Penguji  
Pada tanggal : 21 Maret 2016

diajukan oleh :

**MUHAMAD ADITYA DWI NUGROHO**  
**NIM : D 100 110 059**  
**NIRM : 11.6.106.03010.5.00059**

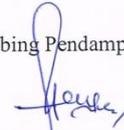
Susunan Dewan Penguji :

Pembimbing Utama



Muhammad Ujianto, S.T., M.T  
NIK : 728

Pembimbing Pendamping



Yenny Nurchasanah, S.T., M.T  
NIK : 921

Anggota



Ir Abdul Rochman, M.T  
NIK : 610

Tugas Akhir ini diterima salah satunya persyaratan  
Untuk mencapai derajat S-1 Teknik Sipil  
Surakarta, 21 Maret 2016

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Sri Sunarjono, M.T., PhD  
NIK : 682

Ketua Prodi Teknik Sipil



Mochamad Solikin, S.T., M.T., PhD  
NIK : 792

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 26 April 2016  
Penulis



MUHAMAD ADITYA DWI NUGROHO  
D100110059

# PERILAKU KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR DINDING PASANGAN BATU BATA DENGAN PERKUATAN DIAGONAL TULANGAN BAMBU

## ABSTRAKSI

Ketika terjadi gempa bumi dinding merupakan bagian yang sering terjadi kerusakan. Pada bangunan bertingkat tinggi untuk memperkuat dinding dipasang perkuatan baja yang dipasang menyilang. Untuk bangunan satu lantai dinding tidak direncanakan sehingga kerusakan yang terjadi cukup parah, oleh karena itu perkuatan diagonal dibutuhkan untuk meminimalisir kerusakan yang terjadi. Pemasangan perkuatan yang sama pada dinding bertingkat tinggi tidak memungkinkan untuk bangunan satu lantai karena membutuhkan biaya yang mahal dan tenaga ahli, untuk mengatasi masalah tersebut perkuatan baja diganti dengan beton diagonal yang diisi tulangan bambu karena bahan beton dan bambu lebih dikenal di masyarakat. Penelitian ini bertujuan menganalisis nilai kuat tekan dan kuat lentur dinding tanpa perkuatan dengan dinding yang diperkuat dengan beton diagonal dengan tulangan bambu. Sampel dinding 4 buah setiap pengujian dengan ukuran (100 x 50 x 12)cm dengan perbandingan mortar 1:5, perencanaan campuran beton ringan dengan cara coba-coba. Diameter begel menggunakan ukuran 4 mm dengan jarak 15 cm dan tulangan utama 6 mm sedangkan beton diagonal diisi dengan tulangan bambu jenis apus ukuran maksimal 8 mm. Analisis data dengan cara membandingkan hasil rata-rata dengan setiap pengujian dinding yang dilakukan. Dari hasil pengujian silinder beton diperoleh berat jenis 1,709 gr/cm<sup>3</sup> dan mempuntai nilai kuat tekan sebesar 5,83 MPa. Dari pengujian kuat tekan mortar diperoleh 8,55 MPa.. Dari pengujian dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal diperoleh nilai kuat tekan rata-rata 0,915 MPa sedangkan dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu diperoleh nilai kuat tekan rata-rata 1,109 MPa. Dari pengujian dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal diperoleh nilai kuat lentur rata-rata 2,670 MPa sedangkan dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu diperoleh nilai kuat lentur rata-rata 3,260 MPa. Dari data diatas dapat disimpulkan nilai kuat tekan dan kuat lentur dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu lebih besar dari dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan.

**Kata kunci** : *dinding batu bata, kuat tekan, kuat lentur, perkuatan bambu*

## ABSTRACTS

When an earthquake wall is part of frequent damage. In high-rise buildings to strengthen steel reinforcement wall mounted mounted crosswise. For a one-story building walls is not planned so that the damage is severe enough, therefore diagonal reinforcement are needed to minimize the damage done. Installation of the same reinforcement in the walls of high-rise does not allow for a one-story building because it requires expensive and experts, to address the problem of steel reinforcement concrete was replaced with diagonal filled bamboo reinforcement for concrete and bamboo materials, better known in the community. This study aimed to analyze the compressive strength and flexural strength of the walls without reinforcement with concrete walls reinforced with diagonal with bamboo reinforcement. Samples wall 4 pieces of each test with the size (100 x 50 x 12) cm with mortar ratio 1: 5, lightweight concrete mix design by trial and error. Diameter begel use size 4 mm with a distance of 15 cm and 6 mm while the main reinforcement of concrete diagonal is filled with bamboo type reinforcement lear maximum size of 8 mm. Analysis of the data by comparing the average results with each test performed wall. From the test results obtained concrete cylinders density 1,709 gr / cm<sup>3</sup> and mempuntai the compressive strength of 5.83 MPa. Mortar compressive strength of the test gained 8.55 MPa. Testing of brick masonry walls without reinforcement diagonal values obtained an average compressive strength of 0.915 MPa whereas brick wall with diagonal reinforcement

bamboo reinforcement values obtained an average compressive strength of 1,109 MPa. Testing of brick masonry walls without reinforcement diagonal values obtained average flexural strength of 2,670 MPa whereas brick wall with diagonal reinforcement bamboo reinforcement flexural strength values obtained an average of 3,260 MPa. From the above data it can be concluded the compressive strength and flexural strength of brick masonry walls with diagonal reinforcement bamboo reinforcement is greater than brick masonry walls without reinforcement.

**Keywords:** brick walls, compressive strength, flexural strength, strengthening bamboo

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Ketika terjadi gempa bumi dinding merupakan bagian yang sering terjadi kerusakan. Pada bangunan bertingkat tinggi untuk memperkuat dinding dipasang perkuatan baja yang dipasang menyilang. Untuk bangunan satu lantai dinding tidak direncanakan sehingga kerusakan yang terjadi cukup parah, oleh karena itu perkuatan diagonal dibutuhkan untuk meminimalisir kerusakan yang terjadi. Pemasangan perkuatan yang sama pada dinding bertingkat tinggi tidak memungkinkan untuk bangunan satu lantai karena membutuhkan biaya yang mahal dan tenaga ahli, untuk mengatasi masalah tersebut perkuatan baja diganti dengan beton diagonal yang diisi tulangan bambu karena bahan beton dan bambu lebih dikenal di masyarakat

### **1.2 Rumusan Masalah**

- 1). Bagaimana kuat tekan dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan tulangan bambu.
- 2). Bagaimana kuat tekan dinding pasangan batu bata dengan perkuatan tulangan bambu.
- 3). Bagaimana kuat lentur dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan tulangan bambu.
- 4). Bagaimanat kuat lentur dinding pasangan batu bata dengan perkuatan tulangan bambu.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk menganalisis perbandingan nilai kuat tekan dan kuat lentur antara dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu dan dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

- 1). Dapat memperkuat dinding dari aspek kuat tekan, kuat lentur dan kuat geser
- 2). Memanfaatkan potensi bambu sebagai bahan bangunan yang potensial di Indonesia
- 3). Menambah ilmu pengetahuan tentang dinding perkuatan diagonal

### **1.5 Batasan Masalah**

- 1). Semen yang digunakan merk *Holcim*
- 2). Agregat kasar dan agregat halus berasal dari Muntilan, kabupaten Magelang, Jawa Tengah
- 3). Agregat kasar ukuran maksimum 10 mm.
- 4). Air yang digunakan dari Laboratorium Teknik Sipil UMS
- 5). Nilai fas 0,45
- 6). Bahan bambu jenis apos dengan diameter 6 mm untuk tulangan diagonal
- 7). Baja tulangan Ø6
- 8). Pelaksanaan penelitian di Laboratorium Teknik Sipil UMS
- 9). Pengujian kuat tekan dan lentur balok umur 28 hari
- 10). Jenis benda uji
  - (a). Baja tulangan dan bambu diameter 6 mm
  - (b). Silinder beton 15 cm dan tinggi 30 cm
  - (c). Kubus beton ukuran panjang 5cm lebar cm dan tinggi 5 cm
  - (d). Dinding pasangan batu bata dengan tebal 12 cm, tinggi 50 cm dan lebar 100 cm

- 11). Uji kuat tekan dan lentur dinding pa ukuran 12 x 50 x 100 cm dengan perkuatan diagonal
- 12). Uji kuat tekan dan lentur dinding panel ukuran 12 x 50 x 100 cm tanpa perkuatan diagonal

### **1.6 Keaslian Penelitian**

Penelitian sebelumnya Hakam (2009) menganalisa kerusakan dinding batu bata apabila diberi beban *siklik*. Dari hasil penelitian diperoleh pola keretakan vertikal semua benda uji. Penambahan plester pada dinding bata meningkatkan nilai beban maksimum. Perkuatan kawat dapat meminimalkan keruntuhan secara tiba-tiba dan menambah daya ikat pasangan batu bata pada dinding. Penelitian oleh Hatta (2006) dengan memodifikasi dinding panel hardflex dan styrofoam menggunakan tulangan bambu dengan ukuran sampel (100x50x5) cm, (100x40x5) cm dan (100x30x5) cm. Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan hardflex dan styrofoam dapat digunakan untuk daerah rawan gempa karena mempunyai massa yang lebih ringan. Sedangkan penelitian oleh Teguh (2012) yaitu membandingkan kuat lentur dinding panel yang tulangan anyaman bambu yang dipleser dengan yang dicor. Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan anyaman bambu dicor mempunyai kuat lentur 4175 MPa sedangkan anyaman bambu yang dipleser mempunyai kuat lentur 2878 MPa.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Batu Bata**

Batu bata merupakan suatu unsur bangunan yang diperuntukan pembuatan kontruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. (SNI 15-2094-2000)

### **2.2 Bambu**

Bambu merupakan bahan komposit yang kuat dan memiliki serat yang kaku, tersusun utama atas selulosa dan lignin, tegangan tekan mengalami peningkatan dari pangkal ke ujung karena meningkatnya prosentase *slerenkima* (Janssen, 1981).

### **2.3 Beton Ringan**

Untuk membuat beton dengan berat jenis kurang dari 1900 kg/m<sup>3</sup> dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1). Menambahkan bahan tambah pada semen berupa *air entrance* sehingga mengakibatkan menambah pori-pori udara pada beton.
- 2). Menggunakan agregat ringan dengan demikian beton yang terbentuk akan menjadi lebih ringan daripada beton normal
- 3). Pembuatan beton tidak menggunakan agregat halus atau beton non-pasir. Beton jenis ini hanya menggunakan agregat kasar dan semen, dengan ukuran agregat kasar sebesar 10 atau 20 mm.

### **2.4 Agregat**

Agregat pada umumnya dibagi menjadi 3 jenis yaitu batu dengan besar butiran lebih dari 40 mm, kerikil untuk butiran 5 mm sampai 40 mm dan pasir dengan ukuran butiran 0,15 sampai 5 mm.

Agregat normal dihasilkan dari pemecah batuan dengan quarry atau langsung dari sumber alam. Berat jenis rata-ratanya 2,5-2,7 atau tidak boleh kurang dari 1,2. Agregat normal mempunyai kepadatan 2400-3000 kg/m<sup>3</sup>

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis yang ringan dan porositas yang tinggi, yang dapat dihasilkan dari agregat alam maupun pabrikasi. Agregat ringan mempunyai kepadatan 300 - 1850 kg/m<sup>3</sup> dengan (T. Mulyono, 2003). Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m<sup>3</sup> atau berdasarkan kepentingan penggunaan struktur berkisar 1440 – 1850 kg/m<sup>3</sup> dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 MPa (ACI – 318)

### **2.5 Semen Portland**

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga rongga udara diantara bitiran agregat

Semen portland dibagi menjadi 5 jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2)

- 1). Tipe I, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis jenis lainnya
- 2). Tipe II, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang
- 3). Tipe III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi
- 4). Tipe IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah
- 5). Tipe V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat

### 3. LANDASAN TEORI

#### 3.1 Kuat tarik bambu

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{P_{\text{maks}}}{A}$$

dengan:

$P_{\text{maks}}$  = Beban tarik maksimum (N)

$\sigma_{\text{maks}}$  = Tegangan tarik maksimum ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

A = Luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

#### 3.2 Berat Isi

$$\gamma_c = \frac{W}{V}$$

dengan:

$\gamma_c$  = Berat isi ( $\text{N}/\text{mm}^3$ )

W = Berat benda uji (N)

V = Volume benda uji ( $\text{mm}^3$ )

#### 3.3 Pengujian Kuat Tekan Mortar

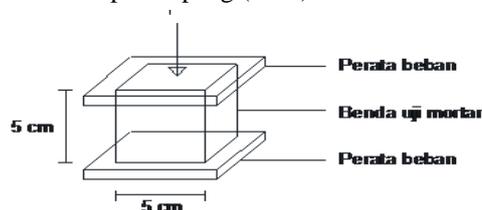
$$f'_m = \frac{P_{\text{maks}}}{A}$$

dengan:

$f'_m$  = Kuat tekan mortar ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$P_{\text{maks}}$  = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang ( $\text{mm}^2$ )



Gambar 1. Pengujian Kuat Tekan Mortar

#### 3.4 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

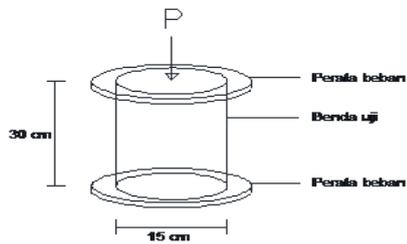
$$f'_c = \frac{P_{\text{maks}}}{A}$$

dengan:

$f'_c$  = kuat tekan maksimum silinder beton ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$P_{\text{maks}}$  = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)



Gambar 2. Pengujian Kuat Tekan Silinder

### 3.5 Pengujian Kuat Tekan Dinding

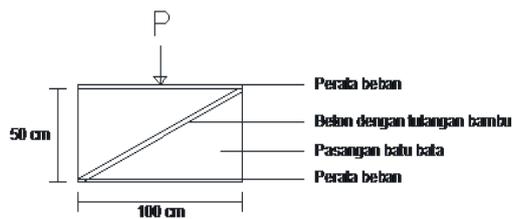
$$f_c = \frac{P_{maks}}{A}$$

dengan:

$f_c$  = Kuat tekan maksimum dinding (N/mm<sup>2</sup>)

$P_{maks}$  = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)



Gambar 3. Pengujian Kuat Tekan Dinding

### 3.6 Pengujian Kuat Lentur Dinding

$$\text{MOR pengujian} = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

dengan:

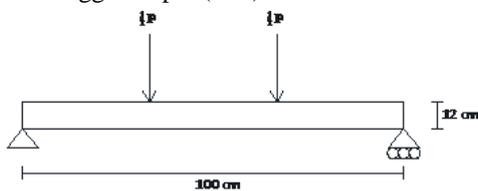
MOR = *Modulus of Repture* (N/mm<sup>2</sup>)

P = Beban maksimum (N)

L = Panjang bentang (mm)

b = Lebar sampel (mm)

h = Tinggi sampel (mm)



Gambar 4. Pengujian kuat lentur dinding

## 4. METODE PENELITIAN

### 4.1 Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah

- 1). Air
- 2). Agregat halus

- 3). Agregat kasar
- 4). Semen portland
- 5). Tulangan baja
- 6). Bamb
- 7). Multiplex

#### **4.2 Peralatan Penelitian**

- 1). Saringan
- 2). Alat penggetar saringan
- 3). Timbangan
- 4). Oven
- 5). Gelas ukur
- 6). *Concrete mixer*
- 7). Cetakan mortar
- 8). Cetakan silinder
- 9). Alat kuat tarik
- 10). Alat uji komponen struktur
- 11). *Loading frame*
- 12). Peralatan penunjang

#### **4.3 Tahapan Penelitian**

1. Tahap I. Penyediaan serta persiapan alat dan bahan.

Pada tahap ini yang harus dilakukan adalah menyediakan dan mempersiapkan alat yang dibutuhkan yang nantinya dibutuhkan dalam penelitian.

2. Tahap II. Pemeriksaan bahan

Pada tahap ini dilaksanakan pemeriksaan bahan dasar yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Pemeriksaan bahan dasar yang dilaksanakan yaitu:

- 1). Pemeriksaan visual pada air, batu bata merah dan semen
- 2). Pemeriksaan kuat tarik bambu
- 3). Pengujian *Saturated surface dry* agregat halus
- 4). Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat
- 5). Pemeriksaan kandungan lumpur agregat
- 6). Pengujian gradasi agregat
- 7). Pengujian kuat lentur batu bata merah

3. Tahap III. Pembuatan benda uji

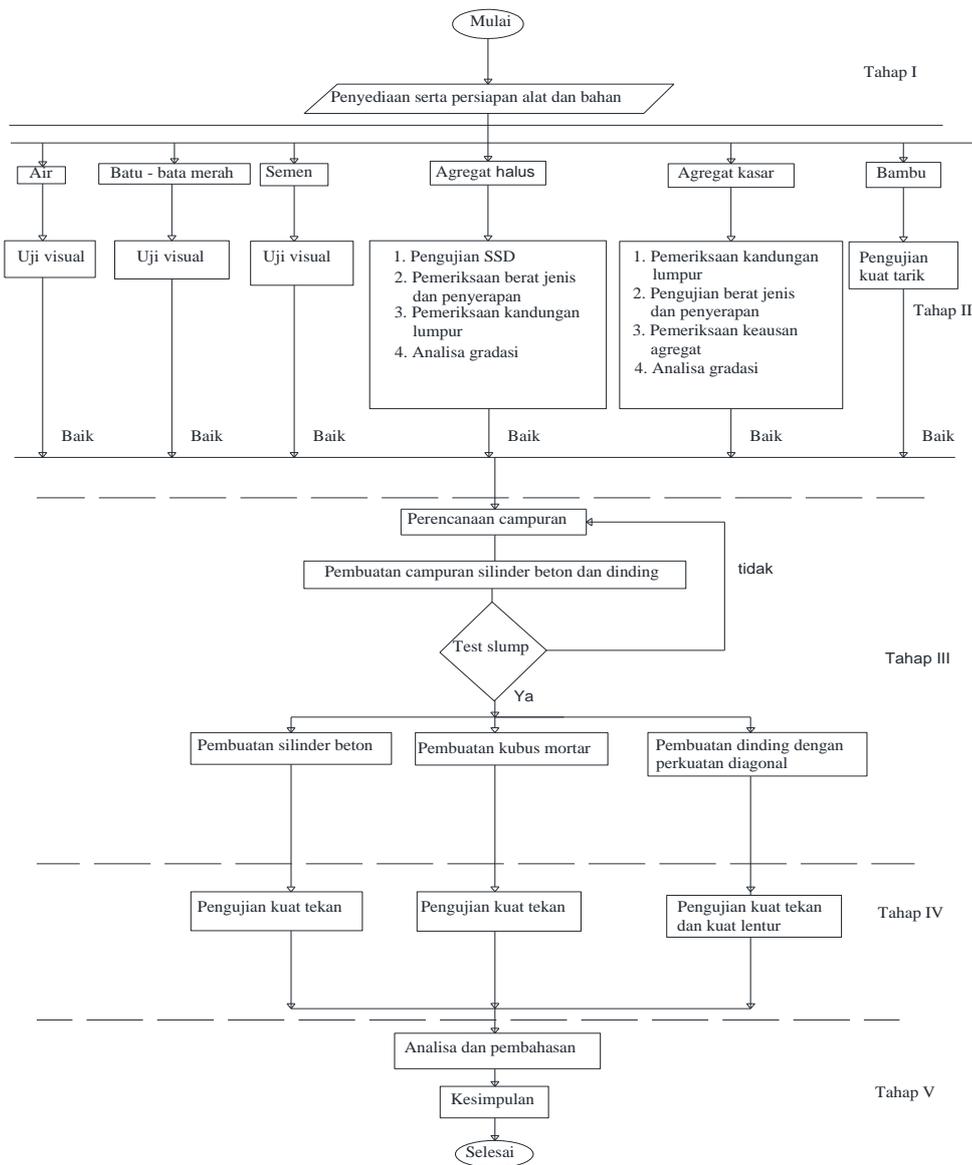
Tahap ini merupakan perencanaan campuran adukan beton diagonal dan mortar. Pembuatan beton diagonal diagonal berdasarkan SK.SNI.T-15-1990-03, selanjutnya dibuat benda uji berupa silinder beton, kubus mortar dan dinding batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu.

4. Tahap IV. Pengujian sampel

Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan pada silinder dan kubus beton serta pengujian kuat tekan dan kuat lentur dinding batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu.

5. Tahap V. Analisa dan pembahasan

Tahap ini merupakan pengolahan data dari hasil yang telah didapat dari pengujian kuat tekan dan lentur dinding. Kemudian data tersebut dianalisis dan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel.



Gambar 5. Diagram Alir

#### 4.4 Pelaksanaan Penelitian

##### Pemeriksaan bahan

*Pemeriksaan air.*

*Pemeriksaan semen..*

*Pemeriksaan batu bata merah.*

*Pemeriksaan kuat tarik bambu.*

*Pemeriksaan agregat halus.* Pemeriksaan agregat halus meliputi pemeriksaan kandungan organik, pemeriksaan kandungan lumpur, pengujian SSD, pemeriksaan gradasi, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan

*Pemeriksaan agregat kasar.* Pemeriksaan agregat kasar meliputi pemeriksaan kaeausan, pemeriksaan berat jenis, pemeriksaan gradasi

##### Perencanaan campuran

Perencanaan campuran beton diagonal menggunakan cara-coba sedangkan mortar dengan menggunakan perbandingan antara semen dan agregat halus 1:5. Nilai fas digunakan 0,45. Pembuatan benda uji dilaksanakan setelah perhitungan rencana campuran. Pengujian dilakukan ketika umur beton 28 hari

#### 4.5 Pembuatan Benda Uji

*Mortar.*

*Silinder beton.*

*Pembuatan dinding.* Langkah-langkah pembuatan sampel dinding adalah sebagai berikut ini.

- 1). Mempersiapkan bahan yang dibutuhkan.
- 2). Merangkai tulangan utama dan geser balok maupun kolom. Tambahkan balok diagonal dengan tulangan utama bambu sesuai model yang direncanakan.
- 3). Melapisi bagian dalam bekisting dengan mortar
- 4). Memasang besi pada bekisting.
- 5). Menyusun batu bata merah dengan bahan ikat mortar kemudian diamkan .
- 6). Pengecoran adukan beton pada balok maupun kolom dilakukan dengan cepat agar umur beton sama.
- 7). Setelah pengeringan lapisi mortar pada bagian depan dinding dan ratakan agar dinding tidak roboh ketika akan dilakukan pengujian.

#### 4.6 Perawatan

Perawatan beton dilaksanakan agar permukaan balok dan kolom selalu dalam kondisi lembab. Perawatan dilakukan dengan cara melakukan penyiraman pada sampel.

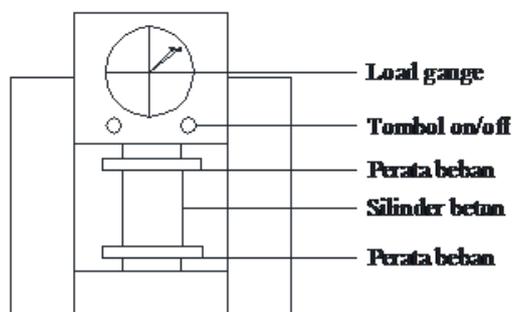
#### 4.7 Pengujian Benda Uji

*Pengujian kuat tekan mortar.* Untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang dimiliki mortar dilakukan pengujian seperti di bawah ini

- 1). Meletakkan benda uji pada alat uji *Universal Testing Machine*.
- 2). Mengaktifkan alat uji sehingga benda uji mengalami penambahan beban setiap detik.
- 3). Perhatikan dan catat manometer ketika kubus mengalami retak atau pecah .

*Pengujian kuat tekan beton.* Pengujian kuat tekan silinder beton adalah sebagai berikut ini.

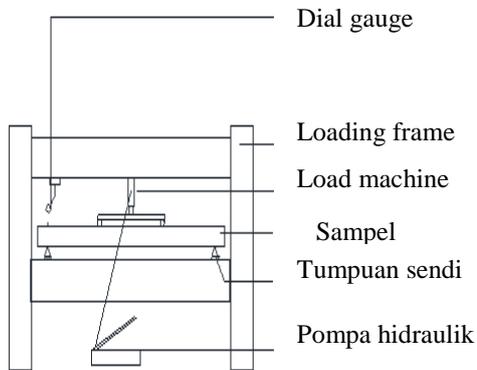
- 1). Meletakkan benda uji pada alat uji *Universal Testing Machine*.
- 2). Mengaktifkan alat uji sehingga benda uji mengalami penambahan beban setiap detik.
- 3). Perhatikan dan catat manometer ketika kubus mengalami retak atau pecah .



Gambar 6. Pengaturan alat uji kuat tekan *Pengujian kuat lentur dinding*. Pengujian kuat lentur dinding dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat lentur maksimum yang dimiliki dinding batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu. Langkah-langkah dalam pengujian benda uji adalah sebagai berikut:

- 1). Meletakkan benda uji pada alat uji *Testing Bending Machine*.

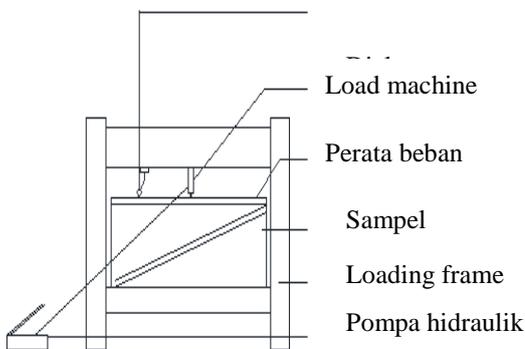
- 2). Setelah menempatkan benda uji pada posisinya , alat uji dihidupkan sehingga benda uji mengalami penambahan beban.
- 3). Perhatikan manometer dan catat angka pada manometer setiap kenaikan beban 10 KN atau mengalami retak.



Gambar 7. Pengaturan alat uji lentur dinding

*Pengujian kuat tekan dinding.* Pengujian kuat tekan dinding dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan maksimum yang dimiliki dinding batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu Langkah-langkah dalam pengujian benda uji adalah sebagai berikut:

- 1). Meletakkan benda uji pada alat uji.
- 2). Setelah menempatkan benda uji pada posisinya, alat uji dihidupkan sehingga benda uji mengalami penambahan beban.
- 3). Perhatikan manometer dan catat angka setiap kenaikan 10 KN pada manometer
- 4). Catat beban ketika dinding mengalami retak.



Gambar 8. Pengaturan alat uji tekan

## 5. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Pemeriksaan Bahan

#### Semen

Semen yang digunakan masih dalam keadaan baik kemasan masih tertutup rapat tidak terjadi penggumpalan antar butiran semen.

#### Batu bata

Batu bata dalam keadaan baik terlihat dari warna batu bata orange kecoklatan, ukuran (20 x 10 x 5) cm, permukaan datar dan kesat memiliki bentuk yang tidak berlebihan.

#### Agregat halus

*Pemeriksaan kandungan organik agregat halus.* Hasil pemeriksaan kandungan organik agregat halus tercantum pada tabel berikut.

Tabel1 Hasil pemeriksaan kandungan organik agregat halus

No.	Jenis Bahan	Volume (cc)	Volume Total (cc)	Warna Larutan Yang Terjadi	SNI 03-281-1992
1	Pasir	130	200	No. 3	dapat
2	NaOH 3 %	Secukupnya		Kuning kecoklatan	digunakan

Dari hasil percobaan ternyata setelah didiamkan selama 24 jam campuran NaOH 3% dan pasir didapat cairan berwarna kuning. Menurut Hellige Tester sesuai dengan nomr 2 kuning. Pasir tersebut sudah memenuhi standar karena sesuai SNI 03-281-1992.

*Pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus.* Hasil pemeriksaan kandungan lumpur tercantum pada tabel berikut.

Tabel 2 Hasil pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus

No.	Keterangan	Hasil (gram)	SNI 03-2816-1992
1	Berat Cawan ( A )	70,00	
2	Berat Cawan + Pasir Kering Oven ( B )	508,00	
3	Berat Cawan + Pasir yang telah dicuci lalu di oven ( C )	448,00	±5%
4	Berat Pasir Kering Tungku ( D ) = B – A	438,00	
5	Kandungan Lumpur Pada Pasir $((D - (C-A)) / D) \cdot 100\%$	13,70%	

Dari hasil percobaan diperoleh kandungan lumpur 13,7% atau lebih dari 5% sehingga pasir belum memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton (SNI 03-2816-1992). Agar pasir dapat digunakan sebagai bahan campuran beton maka pasir harus dicuci terlebih dahulu. Setelah dicuci didapat hasil 2,75%

*Pemeriksaan Saturated Surface Dry agregat halus.* Hasil pemeriksaan SSD agregat halus tercantum pada tabel berikut.

Tabel 3 Hasil pemeriksaan Saturated Surface Dry

No.	Percobaan	Jumlah Pukulan	Penurunan Tinggi Pasir (cm)		Rata-rata Penurunan (cm)	SNI 03-2816-1992
			Sampel A	Sampel B		
1	I	15	5,50	5,58	5,54	
2	II	20	3,70	3,67	3,69	
3	III	25	1,32	2,42	2,51	±3,75
Rata-rata Penurunan					3,91	

Pasir mencapai SSD (*Saturated Surface Dry*) karena dari hasil pemeriksaan diperoleh rata-rata penurunan 3,91 cm atau lebih dari  $\frac{1}{2}$  tinggi kerucut (SNI 03-2816-1992)

*Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus.* Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus tercantum pada tabel berikut.

Tabel 4 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

No.	Keterangan	Hasil (gram)	SNI 03-1970-1990
1	Berat picnometer + Air (B)	662,00	
2	Berat picnometer + Air + Benda uji (BT)	962,00	<5%
3	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	488,00	

4	Berat Jenis Bulk = $BK / (B + 500 - BT)$	2,44
5	Berat Jenis SSD = $500 / (B + 500 - BT)$	2,50
6	Berat Jenis Semu = $BK / (B + BK - BT)$	2,60
7	Penyerapan ( <i>Absorpsi</i> ) = $((500 - BK) / BK) \cdot 100\%$	2,46 %

Dari hasil pemeriksaan didapat nilai absorpsi 2,46%, dapat disimpulkan agregat halus memenuhi syarat karena memenuhi spesifikasi absorpsi < 5% sehingga dapat digunakan sebagai campuran beton (SNI 03-1970-1990).

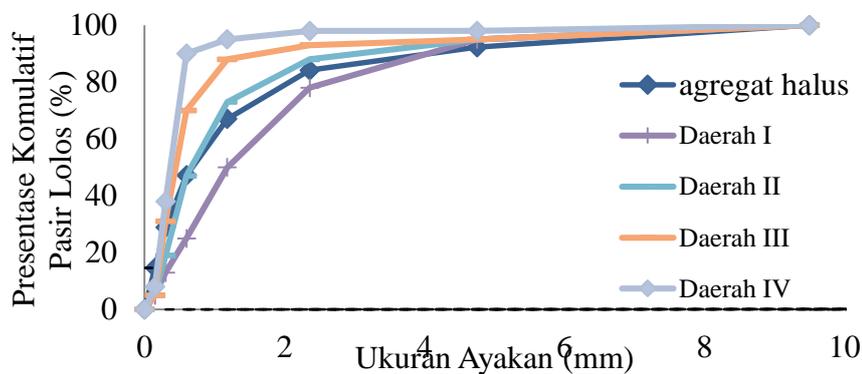
*Pemeriksaan gradasi agregat halus.* Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus tercantum pada tabel berikut ini.

Tabel 5 Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus

No	Ukuran Ayakan (mm)	Berat Ayakan (gr)	Berat		Koresi	Berat Pasir Terkoreksi (gr)	Persentase Pasir Tertinggal (%)	Persentase Kumulatif (%)	
			Ayakan + Pasir (gr)	Berat Pasir (gr)				Tertinggal	Lolos
1.	9,5	525	525	0	0	0	0	0	100
2.	4,75	372	410	38	0	38	7,72	7,72	92,28
3.	2,36	431	471	40	0	40	8,13	15,85	84,15
4.	1,18	424	508	84	0	84	17,07	32,93	67,07
5.	0,6	308	406	98	0	98	19,92	52,85	47,15
6.	0,3	405	495	90	0	90	18,29	71,14	28,86
7.	0,15	400	470	70	0	70	14,23	85,37	14,63
8.	Pan	391	463	72	0	72	14,63	100,00	0
			Σ	492		492	100	365,85	

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\% \text{kumulatif}}{100} \\ &= \frac{365,85}{100} \\ &= 3,66 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diperoleh Modulus Halus Butir sebesar 3,66 sehingga memenuhi syarat yang telah ditentukan 1,5-3,8



Gambar 9. Grafik gradasi agregat halus

Dari hasil pemeriksaan diperoleh jenis pasir agak kasar karena termasuk dalam agregat daerah no II dengan modulus halus butir 3,66 sehingga pasir layak digunakan sebagai bahan campuran beton.

### Agregat kasar

*Pemeriksaan keausan agregat kasar.* Hasil pemeriksaan keausan agregat halus tercantum pada tabel berikut.

Tabel 6 Hasil pemeriksaan keausan agregat kasar

No.	Keterangan	Berat (gram)	SNI 2417-2008
1	Berat Benda Uji	5000	
	a. Lolos 19 mm Tertahan 12,5 mm = 2500 g ( A )	2500	
	b. Lolos 12,5 mm Tertahan 9 mm = 2500 g ( B )	2500	< 40%
2	Tertahan Saringan no. 12 ( C )	3235	
3	Presentasi keausan $((A+B)-C)/(A+B) \times 100\%$	35,30	%

Agregat kasar baik digunakan untuk campuran beton karena dari hasil percobaan diperoleh presentase keausan 35,30% atau kurang dari 40% SNI-2417-2008.

*Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar.* Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar tercantum pada tabel berikut.

Tabel V.7 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

No.	Keterangan	Hasil (gram)	SNI 1969-2008
1	Berat Benda Uji dalam kead. Jenuh (SSD) (BJ)	1020,00	
2	Berat Benda Uji Dalam Air (BA)	597,00	
3	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	995,00	
4	Berat Jenis Bulk = $BK / (BJ - BA)$	2,35	< 3%
5	Berat Jenis SSD = $BJ / (BJ - BA)$	2,41	
6	Berat Jenis Semu = $BK / (BK - BA)$	2,50	
7	Penyerapan (Absorpsi) = $((BJ - BK) / BK) \cdot 100\%$	2,51	%

Agregat kasar baik digunakan dalam campuran adukan beton karena dari hasil percobaan diperoleh penyerapan (*Absorpsi*) 2,51% atau kurang dari 3% (SNI 1969-2008).

*Pemeriksaan gradasi agregat kasar.*

Tabel V.8 Hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar

No	Ukuran Ayakan (mm)	Berat Ayakan (gr)	Berat Ayakan + Pasir (gr)	Berat Keri kil (gr)	Kor eksi	Berat Pasir Terkoreksi (gr)	Persentase Kerikil Tertinggal (%)	Persentase Kumulatif (%) Tertinggal	Lolos
1	25	486	486	0	0	0	0,00	0,00	100,00
2	19	550	626	76	0	76	7,64	7,64	92,36
3	12,5	425	668	243	0	243	24,42	32,06	67,94
4	9,5	415	672	257	0	257	25,83	57,89	42,11
5	4,75	432	745	313	0	313	31,46	89,35	10,65
6	2,36	316	398	82	0	82	8,24	97,59	2,41
7	1,18	317	329	12	0	12	1,21	98,79	1,21
8	0,6	308	313	5	0	5	0,50	99,30	0,70
9	0,3	408	415	7	0	7	0,70	100,00	0,00
10	0,15	394	394	0	0	0	0,00	100,00	0,00
11	pan	269	269	0	0	0	0,00	100,00	0,00

Σ	995	0	995	100	682,61	317,39
---	-----	---	-----	-----	--------	--------

$$\begin{aligned} \text{Modulus halus butir} &= \frac{\text{persentase kumulatif tertinggal}}{100} \\ &= \frac{682,61}{100} \\ &= 6,83 \end{aligned}$$

Mulyono (2005) memberikan batasan modulus halus butir sebesar 5-8 sehingga agregat kasar tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran beton karena memiliki modulus halus butir sebesar 6,83

### Pengujian kuat tarik baja

Tabel 9 Hasil pemeriksaan kuat tarik baja

No.	gaya maksimal (kg)	luas permukaan (cm <sup>2</sup> )	kuat tarik (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tarik rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	8400	1.13	7427.23	7449.336
2	8450	1.13	7471.44	

(Sumber: Hasil Penelitian Ariwibowo, 2011)

Dari hasil pengujian diperoleh kuat tarik baja sebesar 7449,336 kg/cm<sup>2</sup>

### Pengujian kuat tarik bambu

Tabel 10 Hasil pemeriksaan kuat tarik bambu

No	Gaya maksimal (kg)	Luas tulangan (cm <sup>2</sup> )	Tegangan maksimal (N)	Tegangan maksimal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata (MPa)
1	240,47	0,2	1201,235	120,124	104,434
2	201,023	0,2	1005,115	100,512	
3	181,411	0,2	907,055	90,706	
4	147,090	0,2	735,450	73,545	
5	274,568	0,2	1372,840	137,284	

(Sumber: Hasil penelitian Azis, 2008)

Dari hasil pengujian bambu jenis apus diperoleh kuat tarik bambu sebesar 104,434 MPa

### Perencanaan campuran adukan beton

Dalam penelitian ini digunakan metode coba-coba untuk mendapatkan campuran beton ringan yaitu (1 : 1 : 5). Dari hasil pencampuran didapat nilai *slump* 10 cm sehingga adukan beton dapat dipakai untuk pembetonan, dimaan syarat *slump* untuk dinding dan plat 7,5-11 cm.

## 5.2 Hasil Pengujian Benda Uji

### Pengujian silinder beton

*Pengujian berat jenis silinder beton.*

Tabel 11 Hasil pengujian berat jenis silinder beton

Berat Beton (gr)	Silinder Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	Berat jenis rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
9125	15	30	5301,44	1,721	1,709
9015	15	30	5301,44	1,7	
8975	15	30	5301,44	1,693	
9135	15	30	5301,44	1,723	
9055	15	30	5301,44	1,708	

Dari hasil pencampuran silinder didapat berat jenis rata-rata 1,709 gr/cm<sup>3</sup> atau kurang dari 1,900 gr/cm<sup>3</sup> sehingga termasuk dalam jenis beton ringan.

*Pengujian kuat tekan silinder beton.* Hasil pengujian kuat tekan silinder beton tercantum pada tabel berikut ini.

Tabel 12 Hasil pengujian kuat tekan silinder beton

No	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Beban		Kuat tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
		(KN)	(N)		
1	176,63	110	110000	6,23	
2	176,63	108	108000	6,11	
3	176,63	95	95000	5,38	5,83
4	176,63	100	100000	5,66	
5	176,63	102	102000	5,77	

Dari hasil pengujian silinder beton diperoleh nilai kuat tekan rata-rata sebesar 5,83 MPa

#### **Kuat Tekan Mortar**

Tabel 13 Hasil pengujian kuat tekan mortar

No	Luas permukaan (mm <sup>2</sup> )	Beban		Kuat Tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (Mpa)
		(KN)	(N)		
1	2500	19,000	19000	7,600	
2	2500	20,500	20500	8,200	
3	2500	23,000	23000	9,200	8,55
4	2500	23,000	23000	9,200	

Dari hasil pengujian kuat tekan mortar diperoleh nilai kuat tekan rata-rata sebesar 8,55 MPa.

#### **Pengujian Kuat Tekan Dinding Pasangan Batu Bata**

*Pengujian kuat tekan dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal.* Hasil pengujian kuat tekan dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal tercantum pada tabel berikut.

Tabel 14 Hasil pengujian kuat tekan dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal tulangan bambu.

No	Luas Permukaan		Beban (KN)	(N)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )				
1	120000	92,400	92400	0,770		
2	120000	96,700	96700	0,806		
3	120000	123,300	123300	1,028	0,915	
4	120000	126,600	126600	1,055		

Dari hasil pengujian diperoleh kuat tekan rata-rata dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal tulangan bambu sebesar 0,915 MPa.

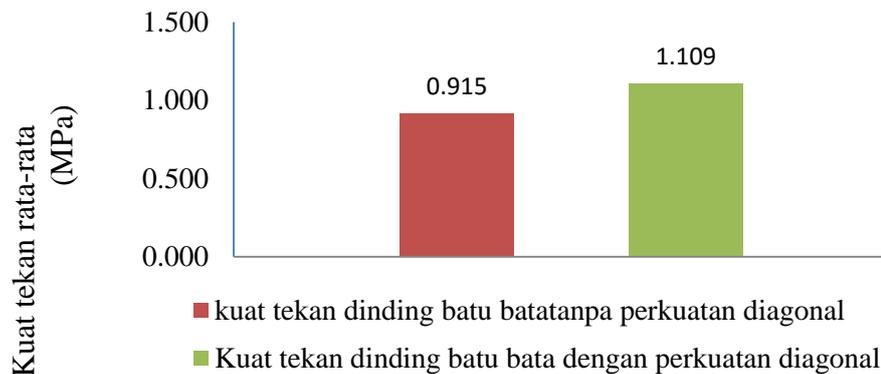
*Pengujian kuat tekan dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal.* Hasil pengujian kuat tekan dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tercantum pada tabel berikut.

Tabel 15 Hasil pengujian kuat tekan dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu.

No	Luas Permukaan		Beban (KN)	(N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )				

1	120000	120,000	120000	1,136	
2	120000	127,200	127200	1,060	1,109
3	120000	132,700	132700	1,106	
4	120000	136,200	136200	1,135	

Dari hasil pengujian diperoleh kuat tekan rata-rata dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu sebesar 1,109 MPa



Gambar 10. Grafik perbandingan kuat tekan rata-rata dinding pasangan batu bata

Tabel 16 Hasil perbandingan kenaikan kuat tekan dinding

No	Jenis dinding	% kenaikan terhadap dinding tanpa perkuatan
1	Dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal	-
2	Dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal	21,29%

Dari hasil pengujian tekan dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal tulangan bambu diperoleh nilai kuat tekan rata-rata 0,915 MPa sedangkan dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu diperoleh nilai kuat tekan 1,109 MPa. Dari data tersebut diperoleh nilai kenaikan dinding batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu terhadap dinding batu bata tanpa perkuatan sebesar 21,29%.

#### Pengujian Kuat Lentur Dinding Pasangan Batu Bata

*Pengujian kuat lentur dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal.* Hasil pengujian kuat tekan dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tercantum pada tabel berikut.

Tabel 17 Hasil pengujian kuat lentur dinding tanpa perkuatan diagonal tulangan bambu.

No	B (mm)	L (mm)	h (mm)	Beban maksimum (N)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	500	1000	120	15600	2,167	
2	500	1000	120	20900	2,903	
3	500	1000	120	18700	2,597	
4	500	1000	120	21700	3,104	2,670

Dari hasil pengujian diperoleh kuat lentur rata-rata dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal tulangan bambu sebesar 2,670 MPa

*Pengujian kuat lentur dinding dengan perkuatan diagonal tulangan bambu.* Hasil pengujian kuat lentur dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tercantum pada tabel berikut.

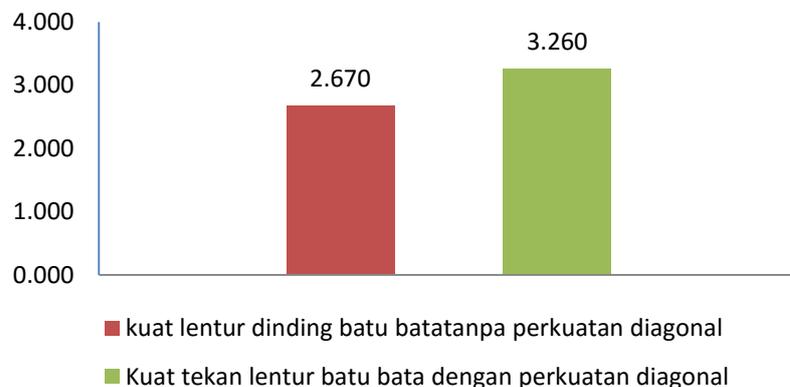
Tabel 18 Hasil pengujian MOR dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu

No	b (mm)	L (mm)	h (mm)	Beban awal (N)	retak	MOR (MPa)	MOR (MPa)
1	500	1000	120	15300		2,125	
2	500	1000	120	18800		2,611	2,125
3	500	1000	120	18300		2,542	
4	500	1000	120	11700		1,625	

Tabel 19 Hasil pengujian kuat lentur dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu

No	B (mm)	L (mm)	h (mm)	Beban maksimum (N)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	500	1000	120	18300	2,542	
2	500	1000	120	23900	3,319	3,260
3	500	1000	120	24900	3,458	
4	500	1000	120	26800	3,722	

Dari hasil pengujian diperoleh kuat lentur rata-rata dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu sebesar 3,260MPa



Gambar 11. Grafik perbandingan kuat lentur rata-rata dinding pasangan batu bata

Tabel 19 Hasil perbandingan kenaikan kuat lentur dinding

No	Jenis dinding	% kenaikan terhadap dinding tanpa perkuatan diagonal
1	Dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal	-
2	Dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal	22,1%

Dari hasil pengujian kuat lentur dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal tulangan bambu diperoleh nilai kuat lentur rata-rata 2,670 MPa sedangkan dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu diperoleh nilai kuat tekan 3,260 MPa. Sedangkan nilai kenaikan kuat lentur dinding batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu terhadap dinding tanpa perkuatan sebesar 22,1%.

Penambahan perkuatan diagonal pada dinding pasangan batu bata dapat meningkatkan kekuatan tekan maupun lentur hal ini terjadi karena perkuatan diagonal memberikan tambahan kekuatan terhadap respon gaya tekan atau tegangan pada balok bagian atas disalurkan ke bagian perkuatan diagonal. Dinding batu bata dan beton mempunyai sifat daktilitas yang tinggi tetapi mempunyai kekuatan tarik dan lentur yang rendah dengan adanya perkuatan bambu mampu mengurangi kelemahan tersebut sehingga menambah kekuatan lentur pada dinding. Dengan adanya tulangan bambu pada perkuatan diagonal dapat menambah kekuatan lentur pada dinding karena bambu mempunyai kuat tarik yang tinggi.

## **6. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1). Berat jenis silinder beton, diperoleh rata-rata 1,709 gr/cm<sup>3</sup>. Silinder beton diklasifikasikan sebagai beton ringan. Sedangkan kuat tekan rata-rata sebesar 5,83 MPa.
- 2). Nilai kuat tarik baja rata-rata 520,84 MPa.
- 3). Kuat tekan mortar rata-rata sebesar 8,55 MPa.
- 4). Pengujian kuat tekan dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal tulangan bambu diperoleh nilai kuat tekan rata-rata 0,915 MPa, sedangkan dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu diperoleh nilai kuat tekan 1,109 MPa. Dari data tersebut diperoleh nilai kenaikan kuat tekan dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal sebesar 21,29% terhadap dinding batu bata tanpa perkuatan
- 5). Pengujian kuat lentur dinding pasangan batu bata tanpa perkuatan diagonal tulangan bambu diperoleh nilai kuat lentur rata-rata 2,670 MPa, sedangkan dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu diperoleh nilai kuat tekan 3,260 MPa. Kenaikan nilai kuat lentur dinding batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan bambu terhadap dinding tanpa perkuatan sebesar 22,1%

### **Saran**

Dari penelitian yang telah dilakukan, peneliti berharap adanya penelitian lebih lanjut mengenai dinding pasangan batu bata dengan perkuatan. Adapun saran sebagai berikut :

- 1). Perlu adanya *setting* alat uji kuat lentur yang lebih praktis.
- 2). Dalam pembuatan sampel dinding harus rata agar data yang didapatkan lebih tepat.
- 3). Untuk peneliti selanjutnya, sebaiknya perlu ditambahkan variasi faktor air semen (fas) agar mendapatkan hasil yang lebih beragam.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Ariwibowo, F., 2011. *Uji Kuat Lentur Sambungan Dinding Panel Dari Agregat Genteng Dengan Perkuatan Baja dan Bambu Yang Di Grouting*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Asroni, Ali., 2010. *Balok Beton Dan Pelat Beton Bertulang*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta

- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Hakam. A., 2011. *Karakteristik Kerusakan Pada Dinding Pasangan Batu Bata Apabila diberi Beban Siklik*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Hartadi. S., 2016. *Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Dinding Panel Dengan Perkuatan Tulangan Baja*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Hatta. M. N. 2006. *Uji Kuat Lentur Dinding Panel Hardflex dan Styrofoam Dengan Tulangan Bambu*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Mulyono, Tri., 2003. *Teknologi Beton*, Penerbit Andi Yogyakarta, Yogyakarta
- Nugraha, Paul., 2007. *Teknologi Beton*, Penerbit Penerbit Andi Yogyakarta, Yogyakarta
- Paryono., 2013. *Uji Kuat Lentur Dinding Panel dengan Tulangan Anyaman Bambu dengan Agregat Pecahan Genteng Sebagai Pengganti Kerikil*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Prabowo. T. S., 2012., *Tinjauan Kuat Lentur Dinding Panel dengan Tulangan Anyaman Bambu Antara Yang Diplester Dengan Yang Dicor*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Tjokrodimuljo, K., 2001. *Teknologi Beton*, Nafiri Yogyakarta
- Wibowo.D. T., 2013. *Tinjauan Kuat Lentur Dinding Panel Menggunakan Agregat Pecahan Genteng Dengan Tulangan Welded Mesh*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta