

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN KUAT LENTUR DINDING BATA
MERAH DENGAN INOVASI DINDING BATA
RINGAN**

***(COMPARISON OF THE STRENGTH OF BRICK WALL
AND LIGHTWEIGHT BRICK WALL INNOVATION)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memeroleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Adi Sulistio
13511299**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2020

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN KUAT LENTUR DINDING BATA MERAH
DENGAN INOVASI DINDING BATA
RINGAN
(COMPARISON OF THE STRENGTH OF BRICK WALL AND
LIGHTWEIGHT BRICK WALL INNOVATION)**

Disusun oleh

**Adi Sulistio
13511299**

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 28 Agustus 2020

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I


08 Nov 2020

(Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U.)
NIK : 845110101

Penguji I



(Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng)
NIK : 155111306

Penguji II




Astriana Hardawati S.T., M.Eng.
NIK : 165111301

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil




Sri Amni Yuni Astuti, Dr. Ir., M.T.
NIK : 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku

Yogyakarta, 19 Agustus 2020

Yang membuat pernyataan,



Adi Sulistio
(13511299)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah segala puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya baik berupa kenikmatan maupun kesehatan lahir dan batin sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul *“Perbandingan Kuat Lentur Dinding Bata Merah dengan Inovasi Bata Ringan”*.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi mahasiswa program S1 pada program studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan tugas akhir ini banyak terdapat hambatan, namun atas berkat rahmat Allah SWT dan bantuan serta bimbingan berbagai pihak, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menghaturkan banyak-banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis juga mohon maaf terhadap kekurangan-kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini.

Yogyakarta, 19 Agustus 2020

Penulis

Adi Sulistio

DAFTAR ISI

| | |
|-----------------------------|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | xii |
| ABSTRAK | xiv |
| <i>ABSTRACK</i> | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumus masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5 Batasan Penelitian | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Penelitian Terdahulu | 6 |
| 2.2 Keaslian Penelitian | 9 |
| BAB III LANDASAN TEORI | 11 |
| 3.1 Umum | 11 |
| 3.2 Bahan Penyusun Dinding | 11 |
| 3.2.1 Bata Ringan | 11 |
| 3.2.2 Bata Merah | 13 |
| 3.2.3 Agregat Halus (Pasir) | 14 |
| 3.2.4 Semen Portland | 15 |
| 3.2.5 Air | 17 |

| | | |
|-----------------------------------|--|----|
| 3.2.6 | Mortar | 17 |
| 3.2.7 | Kawat Galvanis | 18 |
| 3.3 | Pengujian Bahan Penyusun Dinding | 18 |
| 3.3.1. | Pengujian Karakteristik Agregat Halus | 19 |
| 3.3.2. | Pengujian Karakteristik Bata Ringan dan Bata Merah | 22 |
| 3.3.3. | Pengujian Kuat Tekan Mortar | 24 |
| 3.3.4. | Pengujian Kuat Tarik Kawat | 24 |
| 3.4 | Pengujian Dinding | 25 |
| 3.4.1 | Tinjauan Kerusakan Dinding akibat Beban Gempa | 25 |
| 3.4.2 | Dimensi Benda Uji | 27 |
| 3.4.3 | Kapasitas Momen | 27 |
| 3.4.4 | Kuat Lentur Dinding | 27 |
| 3.4.5 | Analisis Beban Maksimum Teoritis | 30 |
| BAB IV METODE PENELITIAN | | 32 |
| 4.1 | Umum | 32 |
| 4.2 | Lokasi dan Sampel Penelitian | 33 |
| 4.3 | Bahan dan Alat Penelitian | 33 |
| 4.3.1 | Bahan Penelitian | 33 |
| 4.3.2 | Alat Penelitian | 36 |
| 4.4 | Pelaksanaan Penelitian | 40 |
| 4.4.1 | Tahap Persiapan | 40 |
| 4.4.2 | Pembuatan dan Perawatan Benda Uji | 40 |
| 4.4.3 | Pelaksanaan Pengujian | 46 |
| 4.5 | Bagan Alir Penelitian. | 49 |
| BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN | | 50 |
| 5.1 | Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus | 50 |
| 5.1.1 | Hasil Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air | 50 |
| 5.1.2 | Hasil Uji Berat Isi Gembur | 51 |

| | | |
|-----------------------------------|---|------------|
| 5.1.3 | Hasil Uji Berat Isi Padat | 52 |
| 5.1.4 | Hasil Uji Modulus Halus Butir | 52 |
| 5.1.5 | Hasil Uji Kadar Lumpur | 54 |
| 5.2 | Hasil Pengujian Material Bata Ringan dan Bata Merah | 55 |
| 5.2.1 | Hasil Uji Tekan | 55 |
| 5.2.2 | Hasil Uji Lentur | 57 |
| 5.2.3 | Hasil Uji Kuat Tarik | 60 |
| 5.2.4 | Hasil Uji Kuat Lekatan | 61 |
| 5.3 | Hasil Pengujian Mortar | 63 |
| 5.4 | Hasil Pengujian Kawat Galvanis | 65 |
| 5.5 | Hasil Pengujian Kuat Lentur Dinding | 66 |
| 5.5.1 | Hasil Pengujian Dinding DBM | 67 |
| 5.5.2 | Hasil Pengujian Dinding DBRTP | 74 |
| 5.5.3 | Hasil Pengujian Dinding DBR1K | 76 |
| 5.5.4 | Hasil Pengujian Dinding DBR3K | 79 |
| 5.5.5 | Hasil Pengujian Dinding DBR5K | 81 |
| 5.5.6 | Perhitungan Beban Maksimum Secara Analisis | 84 |
| 5.6 | Perbandingan Biaya dan Waktu Pembuatan Dinding | 87 |
| 5.6.1 | Perbandingan Waktu Pembuatan Dinding | 87 |
| 5.6.2 | Perbandingan Biaya Pembuatan Dinding | 91 |
| 5.7 | Pembahasan | 97 |
| BAB VI KESIMPULAN DA SARAN | | 103 |
| 6.1 | Kesimpulan | 103 |
| 6.2 | Saran | 104 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 105 |
| LAMPIRAN | | 107 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Tipe Pengujian Kuat Lentur | 6 |
| Gambar 2.2 Model Pengujian Kuat Lentur | 8 |
| Gambar 3.1 Dimensi Bata Ringan | 12 |
| Gambar 3.2 Kerusakan Dinding Akibat Gempa (Sathiparan, dkk, 2013). | 26 |
| Gambar 3.3 Model Kerusakan Dinding Saat Menerima Gaya <i>Out of Plane</i> | 26 |
| Gambar 3.4 Ilustrasi Benda Uji dan Letak Beban | 27 |
| Gambar 3.5 Mekanisme Lentur | 28 |
| Gambar 3.6 Penampang Melintang Dinding Panel | 29 |
| Gambar 3.7 Perhitungan Beban Maksimum Tulanagn Kawat Tunggal | 30 |
| Gambar 3.8 Perhitungan Beban Maksimum Tulanagn Kawat Rangkap | 31 |
| Gambar 4.1 Bata Ringan | 34 |
| Gambar 4.2 Semen Mortar Khusus Perekat Bata Ringan | 35 |
| Gambar 4.3 Kawat Galvanis Diameter 1 mm | 36 |
| Gambar 4.4 Alat <i>Universal Testing Machine (UTM)</i> | 36 |
| Gambar 4.5 <i>Crane</i> dan <i>Loading Frame</i> | 37 |
| Gambar 4.6 <i>Hydraulic Jack</i> | 38 |
| Gambar 4.7 <i>Load Cell</i> | 38 |
| Gambar 4.8 LVDT (<i>Linear Variabel Differential Transformer</i>) | 39 |
| Gambar 4.9 <i>Portable Data Logger</i> | 39 |
| Gambar 4.10 Gambar Kubus Bata | 42 |
| Gambar 4.11 Benda Uji Mortar | 45 |
| Gambar 4.12 <i>Set Up</i> Alat Uji | 46 |
| Gambar 5.1 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus | 54 |
| Gambar 5.2 Pengujian Kuat Tekan Material | 55 |
| Gambar 5.3 Kuat Tekan Material Bata Merah dan Bata Ringan | 57 |
| Gambar 5.4 Pengujian Kuat Lentur Bata Ringan | 57 |
| Gambar 5.5 Kuat Lentur Material Bata Merah dan Bata Ringan | 59 |
| Gambar 5.6 Defleksi Material Bata Merah dan Bata Ringan | 59 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 5.7 Pengujian Kuat Tarik Material | 60 |
| Gambar 5.8 Pengujian Kuat Lekatan Material | 61 |
| Gambar 5.9 Kuat Geser Lekatan Material Bata Ringan dan Bata Merah | 62 |
| Gambar 5.10 Pengujian Kuat Tekan Mortar | 63 |
| Gambar 5.11 Kuat Tekan Mortar | 65 |
| Gambar 5.12 Pengujian Tarik Kawat Galvanis | 65 |
| Gambar 5.13 Grafik Uji Lentur Dinding Bata Merah Sebelum Dikoreksi | 68 |
| Gambar 5.14 Proses Koreksi | 69 |
| Gambar 5.15 Hasil Koreksi | 71 |
| Gambar 5.16 Grafik Uji Lentur Dinding Bata Merah | 72 |
| Gambar 5.17 Pola Keruntuhan Dinding Bata Merah | 73 |
| Gambar 5.18 Grafik Uji Lentur Dinding Bata Ringan Tanpa Perkuatan | 75 |
| Gambar 5.19 Pola Keruntuhan Dinding Bata Ringan Tanpa Perkuatan | 76 |
| Gambar 5.20 Grafik Uji Lentur Dinding Bata Ringan Perkuatan 1 Kawat | 77 |
| Gambar 5.21 Pola Keruntuhan Dinding Bata Ringan Perkuatan 1 kawat | 78 |
| Gambar 5.22 Grafik Uji Lentur Dinding Bata Ringan Perkuatan 3 Kawat | 80 |
| Gambar 5.23 Pola Keruntuhan Dinding Bata Ringan Perkuatan 3 kawat | 81 |
| Gambar 5.24 Grafik Uji Lentur Dinding Bata Ringan Perkuatan 5 Kawat | 82 |
| Gambar 5.25 Pola Keruntuhan Dinding Bata Ringan Perkuatan 5 Kawat | 83 |
| Gambar 5.26 Perhitungan Beban Maksimum Tulangan Kawat Tunggal | 84 |
| Gambar 5.27 Grafik Perbandingan P_{analisis} dan $P_{\text{eksperimen}}$ | 86 |
| Gambar 5.28 Grafik Selisih Waktu Pembuatan Dinding luas 1,44 m ² | 90 |
| Gambar 5.29 Grafik Selisih Waktu Pembuatan Dinding 1 m ² | 90 |
| Gambar 5.30 Analisis Harga Satuan Biaya Dinding DBR3K | 96 |
| Gambar 5.31 Analisis Harga Satuan Biaya Dinding DBR5K | 96 |
| Gambar 5.32 Rekap Hasil Pengujian Lentur Dinding | 100 |
| Gambar 5.33 Rekap Perhitungan Kapasitas Momen Pengujian Lentur Dinding | 101 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sebelumnya dan Sekarang | 10 |
| Tabel 3.1 Ukuran Bata Ringan Menurut SNI 03-2156-1991 | 12 |
| Tabel 3.2 Kuat Tekan Bata Ringan Menurut SNI 03-2156-1991 | 13 |
| Tabel 3.3 Ukuran Bata Merah Menurut SNI 15-2094-2000 | 14 |
| Tabel 3.4 Kuat Tekan Rerata Minimum Batu Bata Merah Berdasarkan SNI 15-2094-2000 | 14 |
| Tabel 3.5 Persyaratan Pasir Beton Menurut PUBI 1982 | 15 |
| Tabel 3.6 Spesifikasi Tipe Mortar Menurut SNI 03-6882-2002 | 17 |
| Tabel 3.7 Ukuran Kawat Galvanis | 18 |
| Tabel 4.1 Benda Uji Penyusun Dinding | 33 |
| Tabel 4.2 Benda Uji Penyusun Dinding | 41 |
| Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus | 50 |
| Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus | 51 |
| Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus | 52 |
| Tabel 5.4 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus | 52 |
| Tabel 5.5 Gradasi Pasir Menurut <i>British Standard</i> | 53 |
| Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kadar Lumpur | 55 |
| Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Material Bata Merah dan Bata Ringan | 56 |
| Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kuat Lentur Material Bata Merah dan Bata Ringan | 58 |
| Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kuat Geser Lekatan dan Kuat Geser Material | 62 |
| Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Bata Merah dan Bata Ringan | 64 |
| Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tarik Kawat Galvanis | 66 |
| Tabel 5.12 Kode Benda Uji Lentur Dinding | 67 |
| Tabel 5.13 Kuat Lentur Dinding Bata Merah | 72 |
| Tabel 5.14 Kapasitas Momen Dinding Bata Merah | 73 |
| Tabel 5.15 Kuat Lentur Dinding Bata Ringan Tanpa Perkuatan | 74 |
| Tabel 5.16 Kapasitas Momen Dinding Bata Ringan Tanpa Perkuatan | 76 |
| Tabel 5.17 Kuat Lentur Dinding Bata Ringan Perkuatan 1 Kawat | 77 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 5.18 Kapasitas Momen Dinding Bata Ringan Perkuatan 1 kawat | 78 |
| Tabel 5.19 Kuat Lentur Dinding Bata Ringan Perkuatan 3 Kawat | 79 |
| Tabel 5.20 Kapasitas Momen Dinding Bata Ringan Perkuatan 3 kawat | 81 |
| Tabel 5.21 Kuat Lentur Dinding Bata Ringan Perkuatan 5 Kawat | 82 |
| Tabel 5.22 Kapasitas Momen Dinding Bata Ringan Perkuatan 5 kawat | 83 |
| Tabel 5. 23 Perbandingan P_{analisis} dan $P_{\text{ekperimen}}$ pengujian lentur dinding | 86 |
| Tabel 5.24 Kebutuhan Waktu Pembuatan Dinding Bata Merah | 88 |
| Tabel 5.25 Kebutuhan Waktu Pembuatan Dinding Bata Ringan | 88 |
| Tabel 5.26 Selisih Waktu Pembuatan Dinding luas 1,44 m ² | 89 |
| Tabel 5.27 Selisih Waktu Pembuatan Benda Uji Dinding 1 m ² | 90 |
| Tabel 5.28 Harga Satuan Bahan | 92 |
| Tabel 5.29 Harga Upah Tenaga | 92 |
| Tabel 5.30 Analisis Harga Satuan Biaya Dinding DBM | 93 |
| Tabel 5.31 Analisis Harga Satuan Biaya Dinding DBRTP | 94 |
| Tabel 5.32 Analisis Harga Satuan Biaya Dinding DBR1K | 95 |
| Tabel 5.33 Analisis Harga Satuan Biaya Dinding DBR3K | 96 |
| Tabel 5.34 Analisis Harga Satuan Biaya Dinding DBR5K | 96 |
| Tabel 5.35 Rekap Hasil Pengujian Lentur Dinding | 100 |
| Tabel 5.36 Rekap Perhitungan Kapasitas Momen Pengujian Lentur Dinding | 101 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|-----|
| Lampiran 1 Hasil Uji Berat Jenis Agregat Halus | 108 |
| Lampiran 2 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus | 109 |
| Lampiran 3 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus | 110 |
| Lampiran 4 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus | 111 |
| Lampiran 5 Grafik Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus | 112 |
| Lampiran 6 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus | 113 |
| Lampiran 7 Hasil Pengujian Uji Tekan Bata dan Mortar | 114 |
| Lampiran 8 Hasil Uji Kuat Lentur Material Bata | 116 |
| Lampiran 9 Hasil Uji Kuat Lekat Material Bata | 117 |
| Lampiran 9 Hasil Uji Kuat Tarik Material kawat Galvanis | 118 |



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

| | |
|---------|---|
| ASTM | = <i>American Society For Testing and Materials</i> |
| DBM | = Dinding Bata Merah |
| DBRTP | = Dinding Bata Ringan Tanpa Perkuatan |
| DBR1K | = Dinding Bata Ringan 1 Kawat |
| DBR3K | = Dinding Bata Ringan 3 Kawat |
| DBR5K | = Dinding Bata Ringan 5 Kawat |
| SNI | = Standar Nasional Indonesia |
| UTM | = <i>Universal Testing Machine</i> |
| URM | = <i>Uneinforced Masonry</i> |
| FRP | = <i>Fiber Rainforced Polymer</i> |
| PP-band | = <i>Polypropylene band</i> |
| CFRP | = <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> |
| AFRP | = <i>Aramid Fiber Reinforced Polymer</i> |
| GFRP | = <i>Glass Fiber Reinforced Polymer</i> |



ABSTRAK

Indonesia adalah merupakan negara yang terletak pada pertemuan lempeng aktif yang berpotensi terjadi gempa bumi. Fenomena alam berupa gempa bumi yang terjadi hampir setiap tahun berdampak pada kerusakan komponen bangunan rumah sederhana. Komponen yang banyak mengalami kerusakan adalah dinding. Upaya perkuatan pada komponen dinding dalam menahan gaya gempa sangat diperlukan. Salah satu upaya tersebut yaitu penambahan perkuatan kawat galvanis pada siar mendatar dinding. Penambahan perkuatan ini terbukti menambah peningkatan defleksi dinding sebelum runtuh. Keruntuhan dinding juga tidak terjadi secara mendadak.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak penambahan perkuatan kawat pada dinding bata ringan terhadap kapasitas momen dan kuat lentur. Penambahan perkuatan kawat galvanis pada penelitian ini adalah sebagai upaya mengurangi kerusakan dinding pada bangunan rumah sederhana. Variasi dinding pada penelitian ini dibagi menjadi 5 kelompok yaitu dinding bata merah (DBM) tanpa perkuatan, dinding bata ringan tanpa perkuatan (DBRTP), dinding bata ringan perkuatan 1 kawat (DBR1K), dinding bata ringan perkuatan 3 kawat (DBR3K) dan dinding bata ringan perkuatan 5 kawat (DBR5K). setiap kelompok terdiri dari 3 benda uji dengan ukuran panjang, lebar dan tebal masing-masing 120 cm x 120 cm x 10 cm untuk dinding bata merah dan 120 cm x 120 cm x 7,5 cm untuk dinding bata ringan. jenis pembebanan yang diberikan adalah pembebanan statik, berupa beban garis pada tengah bentang.

Hasil pengujian diperoleh kuat lentur dinding bata merah (DBM) sebesar 0,408 MPa, kuat lentur dinding bata ringaan tanpa perkuatan (DBRTP) sebesar 0,420 MPa, kuat lentur dinding bata ringan dengan perkuatan 1 kawat (DBR1K) sebesar 0,424 MPa, kuat lentur dinding bata ringan dengan perkuatan 3 kawat (DBR3K) sebesar 0,546 MPa dan kuat lentur dinding bata ringan dengan perkuatan 5 kawat (DBR5K) sebesar 0,432 MPa.

ABSTRACT

Indonesia is a country that is located at an active plate meeting that has the potential for earthquakes. Natural phenomena in the form of earthquakes that occur almost every year have an impact on the damage to components of simple home building. The component that suffered a lot of damage was the wall. Strengthening efforts on the wall components in resisting earthquake forces are needed. One such effort is the addition of galvanized wire reinforcement to the horizontal wall broadcast. The addition of this reinforcement is proven to increase the wall deflection before it collapses. Wall collapse also does not occur suddenly.

The purpose of this study was to determine the impact of the addition of wire bonding on lightweight brick walls on moment capacity and flexural strength. The addition of galvanized wire reinforcement in this study is an effort to reduce wall damage in simple house buildings. Wall variations in this study are divided into 5 groups, namely red brick walls (DBM) without reinforcement, lightweight brick walls without reinforcement (DBRTP), 1 wire reinforced lightweight brick walls (DBR1K), 3 wire reinforced lightweight brick walls (DBR3K) and brick walls lightweight 5 wire reinforcement (DBR5K), each group consisted of 3 test pieces with length, width and thickness of 120 cm x 120 cm x 10 cm for red brick walls and 120 cm x 120 cm x 7.5 cm for lightweight brick walls. the type of loading given is static loading, in the form of a line load at the centre of the span.

The test results obtained by the flexural strength of the red brick wall (DBM) of 0,408 MPa, the flexural strength of the light brick wall without reinforcement (DBRTP) of 0.420 MPa, the flexural strength of a lightweight brick wall with 1 wire (DBR1K) of 0.424MPa, the flexural strength of a lightweight brick wall with a 3-wire reinforcement (DBR3K) of 0.546 MPa and a flexible brick wall thickness with a 5-wire reinforcement (DBR5K) of 0.432 MPa.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik yang aktif bergerak setiap tahunnya. Pertemuan tiga lempeng tersebut yaitu lempeng Indo-Australia yang bergerak dari arah selatan, lempeng Pasifik dari arah timur dan lempeng Eurasia yang bergerak relatif pasif ke arah tenggara. Pertemuan dan pergerakan lempeng tersebut membuat Indonesia memiliki 129 gunung api aktif dan 70 sesar yang aktif bergerak setiap tahunnya. Kondisi geografis ini mengakibatkan Indonesia sering terjadi gempa bumi.

Peristiwa gempa bumi dengan *magnitude* tinggi sering terjadi di daerah dengan populasi penduduk yang relatif padat. Gempa bumi tersebut mengakibatkan kerugian yang cukup besar dan memakan banyak korban jiwa salah satunya peristiwa gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta dan Jawa Tengah pada tahun 2006 berkekuatan 5,9 skala richter. Berdasarkan laporan Bersama penilaian kerusakan dan kerugian BAPPENAS, Pemerintah Provinsi dan Daerah D.I Yogyakarta dan Jawa Tengah, serta mitra International (2006) gempa tersebut telah menewaskan 5.716 jiwa, 37.927 luka-luka dan sebanyak 358.693 unit rumah dilaporkan mengalami kerusakan. Banyaknya korban jiwa yang ditimbulkan bukan disebabkan oleh gempa bumi itu sendiri, melainkan karena komponen bangunan yang runtuh dan menimpa penghuninya sebelum sempat menyelamatkan diri. Mayoritas rumah tinggal sederhana yang mengalami kerusakan adalah rumah-rumah yang tergolong *non-engineering*. Bangunan *non-engineering* sangat rentan mengalami kerusakan akibat gempa bumi karena tidak dilengkapi dengan perkuatan struktur beton bertulang ataupun struktur baja yang memadai.

Bangunan rumah tinggal sederhana memiliki beberapa komponen, seperti: fondasi, balok, kolom, plat lantai, dinding dan rangka atap. Setiap komponen, khususnya dinding harus dibuat dengan mengikuti peraturan standar SNI. Akan

tetapi, penduduk Indonesia didominasi oleh masyarakat menengah kebawah. Hal ini berdampak pada rendahnya kemampuan masyarakat dalam memenuhi kebutuhan rumah sebagai tempat tinggal yang aman dan nyaman. Masyarakat cenderung membangun rumah dengan tidak mengikuti aturan standar yang telah dibuat, untuk itu diperlukan adanya suatu perkuatan bagi rumah yang sudah berdiri (Baidhowi, 2016).

Menurut SNI 03-3430-1994, dinding terdiri dari dua macam, yaitu dinding pasangan (non struktur) dan dinding struktur. Dinding pasangan adalah dinding yang terbuat dari susunan blok-beton yang diikat satu dengan lainnya dengan adukan mortar, sehingga membentuk bidang dinding, sedangkan dinding struktur adalah dinding yang direncanakan, diperhitungkan dan digunakan untuk menahan beban gravitasi dan beban lateral. Pada bangunan rumah tinggal sederhana, dinding berfungsi sebagai elemen struktur atau elemen utama yang mampu menahan gaya gempa.

Komponen penyusun dinding rumah tinggal sederhana yang umum digunakan di tengah masyarakat terbuat dari bata merah dan batako. Dikarenakan mulai berkurangnya ketersediaan tanah liat sebagai bahan baku pembuatan bata merah, ukuran dimensi yang tergolong kecil dan kurang presisi yang berakibat memperlama proses pembuatan dinding, serta bobot bata merah yang cukup berat yang berdampak pada memperberat massa bangunan, sehingga bahan baku ini mulai ditinggalkan oleh masyarakat dan beralih menggunakan bata ringan. Selain bobotnya yang ringan yang berdampak pada massa bangunan yang menjadi semakin ringan, bata ringan juga memiliki bentuk yang presisi karena proses pembuatan dan pemotongannya dilakukan di pabrik dengan menggunakan mesin yang canggih. Selain itu ukuran dimensi bata ringan cukup besar sehingga dapat mempercepat proses pembuatan dinding.

Dalam penelitian ini dilakukan inovasi penambahan kawat pada dinding bata ringan yang diletakkan pada siar arah mendatar. Penambahan kawat merupakan salah satu alternatif yang dapat memberikan pertambahan kekuatan pada dinding ketika di uji geser, lentur dan mengurangi sifat getas (Maya, 2014).

Pemilihan perkuatan kawat berupa kawat galvanis ini dikarenakan kawat galvanis memiliki ketahanan terhadap korosi yang cukup baik.

Perbandingan komposisi yang digunakan pada mortar perekat dinding bata ringan yaitu 1 PC : 0,25 air, pemilihan perbandingan ini didasarkan atas petunjuk penggunaan yang dikeluarkan oleh pabrik yang memproduksi bata ringan dan semen tersebut. Untuk perbandingan komposisi yang digunakan pada mortar perekat bata merah yaitu 1 PC : 5 Ps : 0,5 Air. Pemilihan perbandingan ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Raharja tahun 2018. Dalam penelitiannya tersebut perbandingan 1 PC : 5 Ps menghasilkan nilai kuat tekan mortar yang masuk dalam standar yang digunakan untuk dinding masonry berdasarkan peraturan ASTM C270 dan *New Zeland Concrete*.

1.2 Rumus masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana perbedaan kurva beban-defleksi antara dinding bata merah tanpa perkuatan, dinding bata ringan tanpa perkuatan, dengan perkuatan kawat yang divariasikan jumlah kawatnya?
2. Bagaimana dampak penambahan perkuatan kawat pada dinding bata ringan terhadap kapasitas momen dan kuat lentur?
3. Bagaimana perbedaan pola keruntuhan dinding antara dinding bata merah tanpa perkuatan, dinding bata ringan tanpa perkuatan dan dinding bata ringan dengan perkuatan kawat yang divariasikan jumlah kawatnya?
4. Berapakah selisih waktu dan biaya pengerjaan dinding bata merah dengan dinding bata ringan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. perbedaan kurva beban-defleksi antara dinding bata merah tanpa perkuatan, dinding bata ringan tanpa perkuatan dan dinding bata ringan dengan perkuatan kawat yang divariasikan jumlah kawatnya,
2. dampak penambahan perkuatan kawat pada dinding bata ringan terhadap kapasitas momen dan kuat lentur,
3. perbedaan pola keruntuhan dinding antara dinding bata merah tanpa perkuatan, dinding bata ringan tanpa perkuatan dan dinding bata ringan dengan perkuatan kawat yang divariasikan jumlah kawatnya, dan
4. Selisih waktu dan biaya pada pengerjaan dinding bata merah dengan dinding bata ringan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk :

mendapatkan perbandingan kemampuan antara dinding bata ringan tanpa perkuatan dan dengan perkuatan kawat yang divariasikan jumlah kawatnya yang dapat diketahui dari kapasitas momen, kuat lentur, dan pola keruntuhan yang terjadi, dan

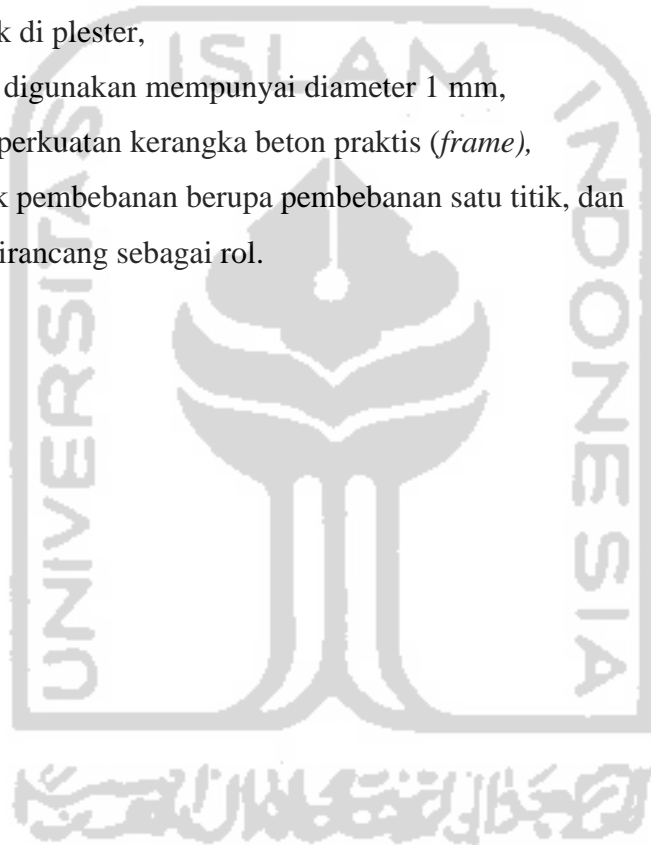
memberikan alternatif perkuatan dinding yang efektif dan efisien untuk mencegah keruntuhan dinding secara mendadak (getas) akibat beban gempa.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk mengetahui permasalahan yang diteliti agar hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan awal, maka batasan masalah ditetapkan adalah :

1. bata ringan yang digunakan adalah bata ringan yang diproduksi oleh pabrik bata ringan dengan dimensi ketebalan 75 mm,
2. dimensi dinding yaitu 1200 mm x 1200 mm x 75 mm,

3. dinding yang diuji terdiri dari 5 kelompok yaitu dinding bata merah tanpa perkuatan, dinding bata ringan tanpa perkuatan, dinding bata ringan dengan perkuatan 1 buah kawat, dinding bata ringan dengan perkuatan 3 buah kawat, dan dinding bata ringan dengan perkuatan 5 buah kawat, yang masing-masing kelompok terdiri dari 3 benda uji, total keseluruhan benda uji yaitu 15 buah dinding benda uji,
4. komposisi mortar yaitu 1 PC : 5 Ps dengan fas 0,5,
5. dinding tidak di plester,
6. kawat yang digunakan mempunyai diameter 1 mm,
7. tidak diberi perkuatan kerangka beton praktis (*frame*),
8. Karakteristik pembebanan berupa pembebanan satu titik, dan
9. perletakan dirancang sebagai rol.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Tinjauan pustaka pada penelitian ini menggunakan 3 penelitian yang membahas topik yang terkait dengan pembahasan ini.

1. Umair, dkk (2015)

Umair, dkk (2015) telah melakukan penelitian yang berjudul *Fiber Reinforced Polymer and Polypropylene Composite Retrofitting Technique for Masonry Structures*. Penelitian ini membahas tentang teknik perkuatan struktur dinding bata menggunakan *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) dan *Polypropylene* (PP-band). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh perkuatan PP-band dan FPR terhadap peningkatan kekuatan dan kapasitas deformasi pada dinding pasangan bata. Dinding pasangan bata yang diuji berdimensi 475 mm x 238 mm x 50 mm. Komposisi campuran yang digunakan dalam pembuatan sampel dinding pasangan bata yaitu 1 PC : 4 Kpr : 11,2 Ps dan faktor air semen 0,25. Pengujian kuat lentur pada penelitian ini menggunakan satu titik pembebanan. pengujian kuat lentur dibuat dua tipe yaitu pengujian kuat lentur sejajar siar datar dan pengujian kuat lentur tegak lurus siar datar.



(a) Sejajar Siar Datar

(b) Tegak Lurus Siar Datar

Gambar 2.1 Tipe Pengujian Kuat Lentur

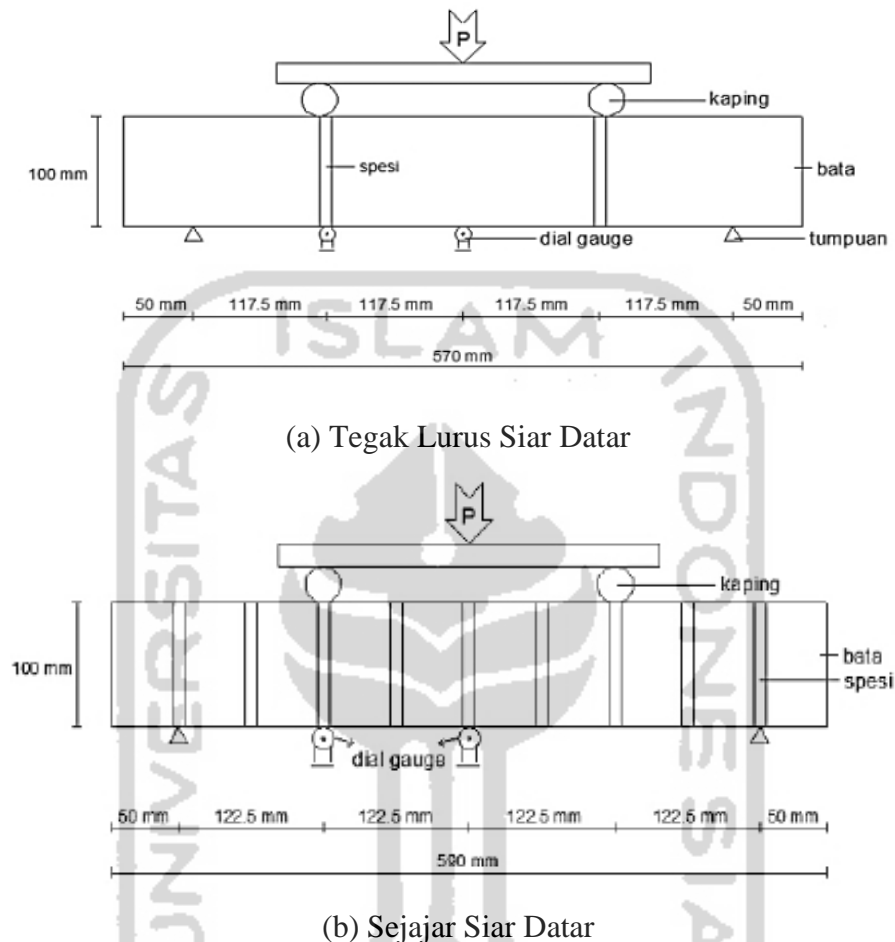
Hasil pengujian kuat lentur dinding pasangan bata sejajar siar datar tanpa perkuatan (URM) sebesar 0,08 kN-m defleksi sebesar 0,9 mm, dengan perkuat PP-band (PP-band Ret.) sebesar 0,085 kN-m defleksi sebesar 57,5 mm, dengan perkuatan CFRP (CFRP Ret.) sebesar 0,88 kN-m defleksi sebesar 5,2 mm, dengan perkuatan AFRP (AFRP Ret.) sebesar 0,59 kN-m defleksi sebesar 5,3 mm, dengan perkuatan GFRP (GFRP Ret.) sebesar 0,33 kN-m defleksi sebesar 4,8 mm.

Hasil pengujian kuat lentur dinding pasangan bata tegak lurus siar datar tanpa perkuatan (URM) sebesar 0,0154 kN-m defleksi sebesar 0,17 mm, dengan perkuatan PP-band (PP-band Ret.) sebesar 0,0425 kN-m defleksi sebesar 50 mm, dengan perkuatan CFRP (CFRP Ret.) sebesar 0,77 kN-m defleksi sebesar 7 mm, dan dengan perkuatan CFRP + PP-band sebesar 0,79 kN-m defleksi sebesar 44 mm.

2. Pascanawaty, dkk (2016)

Pascanawaty, dkk (2016) telah melakukan penelitian berupa studi eksperimental tentang kekuatan dinding bata dengan perkuatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku lentur, tekan dan daya lekat pasangan bata tanpa plesteran, dengan perkuatan plesteran, dengan perkuatan kawat dan dengan perkuatan *wire mesh*. Dalam penelitian ini dinding dibuat dengan dimensi 590 mm x 340 mm x 100 mm. Komposisi campuran mortar yang digunakan yaitu 1 PC : 5 Ps dan faktor air semen 0,5. Pengujian kuat lentur/*flexural strength* (F) dinding mengacu pada BS EN 1052-2-1999 menggunakan metode dua titik pembebanan. Pengujian dinding tersebut dibuat dua model yaitu pengujian kuat lentur tegak lurus siar datar (F_{\perp}) dan pengujian kuat lentur sejajar siar datar ($F_{//}$), dimana setiap model terdiri dari empat variasi yaitu pengujian kuat lentur dinding tanpa plesteran (FTP), pengujian kuat lentur dinding dengan plesteran (FDP), pengujian kuat lentur dinding dengan plesteran dan tulangan kawat (FDPK) dan pengujian kuat lentur dinding dengan plesteran dan *wire mesh* (FDPW). Masing-masing variasi terdiri dari 3

buah benda uji. Model pengujian kuat lentur dinding dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Model Pengujian Kuat Lentur

Hasil pengujian kuat lentur tegak lurus siar datar FTP_{\perp} sebesar $0,93 \text{ N/mm}^2$ dan FDP_{\perp} $1,27 \text{ N/mm}^2$, dengan beban runtuh maksimal FTP_{\perp} , FDP_{\perp} , $FDPK_{\perp}$ dan $FDPW_{\perp}$ masing-masing sebesar $8,17 \text{ kN}$, $25,17 \text{ kN}$, $31,17 \text{ kN}$ dan $40,67 \text{ kN}$. Hasil pengujian kuat lentur sejajar siar datar $FTP_{//}$ sebesar $0,38 \text{ N/mm}^2$ dan $FDP_{//}$ $0,66 \text{ N/mm}^2$, dengan nilai beban runtuh $FTP_{//}$, $FDP_{//}$, $FDPK_{//}$ dan $FDPW_{//}$ masing-masing sebesar $3,5 \text{ kN}$, $13,67 \text{ kN}$, $18,33 \text{ kN}$ dan $32,83 \text{ kN}$. Pada benda uji $FDPK$ dan $FDPW$ tidak memenuhi untuk dicari nilai kuat lenturnya karena beban maksimum yang terjadi mengakibatkan benda uji tersebut tidak mengalami kegagalan lentur melainkan kegagalan geser.

3. Wahyudianto (2016)

Wahyudianto (2016) telah melakukan penelitian berupa tinjauan kuat tekan dan kuat lentur dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan baja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan kuat lentur dinding pasangan batu bata tanpa dan dengan perkuatan balok diagonal tulangan baja. Dalam penelitian ini dinding dibuat dengan dimensi 1000 mm x 500 mm x 120 mm. Komposisi campuran mortar yang digunakan yaitu 1 PC : 4 Ps dan faktor air semen 0,45. Pengujian kuat lentur dinding mengacu pada SNI 03-4431-2011 yaitu menggunakan dua titik pembebanan.

Hasil pengujian kuat lentur dinding batu bata tanpa perkuatan diagonal baja sebesar 2,61 MPa dengan nilai beban runtuh sebesar 18,76 kN dan hasil pengujian kuat lentur dinding batu bata dengan perkuatan diagonal baja sebesar 4,45 MPa dengan nilai beban runtuh sebesar 32,05 kN. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan perkuatan diagonal baja mengakibatkan penambahan nilai kuat lentur sebesar 100 %.

2.2 Keaslian Penelitian

Penelitian ini berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini menggunakan material bata ringan sebagai material utama dengan ditambah perkuatan kawat galvanis pada siar mendatar antar bata. Pada penelitian sebelumnya yang dijadikan material utama yaitu bata merah dan perkuatan yang digunakan berupa *strapping band* yang dianyam mengelilingi dinding pasangan bata merah. Penelitian dalam tugas akhir ini bersifat pengembangan gagasan dari Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U dan tim yang dilimpahkan kepada saya untuk meneruskan penelitian tersebut.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sebelumnya dan Sekarang

| No | Substansi Penelitian | Penelitian Sebelumnya | | | Penelitian Sekarang |
|----|------------------------|--|---|---|--|
| | | Umair, dkk | Pascanawaty, dkk | wahyudianto | |
| 1 | Judul | <i>Fiber reinforced polymer and polypropylene composite retrofitting technique for masonry structures</i> | <i>studi eksperimental tentang kekuatan dinding bata dengan perkuatan</i> | <i>Tinjauan kuat tekan dan kuat lentur dinding pasangan batu bata dengan perkuatan diagonal tulangan baja</i> | <i>Pengaruh penambahan perkuatan kawat galvanis terhadap kuat lentur</i> |
| 2 | Pengujian | Kuat geser pasangan Kuat lentur pasangan | Kuat tekan pasangan Kuat lentur pasangan Kuat lekat pasangan | Kuat tekan pasangan Kuat lentur pasangan | Kuat lentur pasangan |
| 3 | Bahan penyusun dinding | Bata merah | Bata merah | Bata merah | Bata merah dan bata ringan |
| 4 | Dimensi dinding (mm) | 475 x 238 x 50 | 590 x 340 x 100 | 1000 x 500 x 120 | 1200 x 1200 x 75 |
| 5 | Komposisi mortar | 1 PC : 4 Kpr : 11,2 Ps Fas 0,25 | 1 PC : 5 Ps Fas 0,5 | 1 PC : 4 Ps Fas 0,45 | 1 PC : 5 Ps Fas 0.5 |
| 6 | Model pembebanan | 1 titik pembebanan | 2 titik pembebanan | 2 titik pembebanan | 1 titik pembebanan |
| 7 | Perkuatan | Penambahan perkuatan PP-band, CFRP, AFRP dan GFRP mengelilingi pasangan bata baik sejajar maupun tegak lurus siar datar. | Penambahan perkuatan plesteran, tulang kawat ayam, tualangan <i>wire mesh</i> . | Penambahan perkuatan diagonal tulanagn baja. | Penambahan perkuatan kawat galvanis pada siar datar. |

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Dinding adalah struktur padat yang membatasi dan kadang melindungi suatu area. Umumnya, dinding membatasi suatu bangunan dan menyokong struktur lainnya, membatasi ruang dalam bangunan menjadi ruang-ruang, melindungi atau membatasi suatu ruang di alam terbuka.

Menurut SNI 03-3430-1994 dinding memiliki 2 macam yaitu : dinding struktur dan dinding pasangan (non-struktur). Dinding struktur adalah dinding yang direncanakan, diperhitungkan dan digunakan untuk beban gravitasi dan beban lateral. Dinding pasangan (non-struktur) adalah dinding yang terbuat dari susunan bata ataupun blok-beton yang disatukan dengan adukan semen atau mortar.

3.2 Bahan Penyusun Dinding

3.2.1 Bata Ringan

Bata ringan adalah bata yang memiliki berat jenis (*Density*) lebih ringan dari pada bata pada umumnya. Bata ringan bisa disebut juga sebagai bata ringan aerasi (*Aerated Lightweight Concrete*) yang mempunyai bahan baku utama terdiri dari pasir silika, kapur, semen, air, ditambah dengan suatu bahan pengembang yang kemudian dirawat dengan tekanan uap air.

Menurut SNI 03-2156-1991, bata ringan *aerasi autoklaf* adalah silikat hidrat yang mana berat jenisnya yang ringan, dicapai dengan dimasukkannya suatu agen yang menghasilkan rongga-rongga makroskopis, dan proses perawatan (*curing*) dilakukan dengan menggunakan bejana uap tekanan tinggi (*autoklaf*). Bahan baku yang digunakan dalam produksi beton ringan aerasi autoklaf yaitu semen portland, pasir kuarsa, air, kapur, gypsum atau anhydrite dan agen yang menghasilkan rongga-rongga makroskopis.

Syarat-syarat ketentuan bata ringan menurut SNI 03-2156-1991 adalah sebagai berikut

1. Bentuk

Bata ringan berbentuk siku yang ukurannya lebih besar dari bata merah yang diatur dalam SNI 15-2094-2000

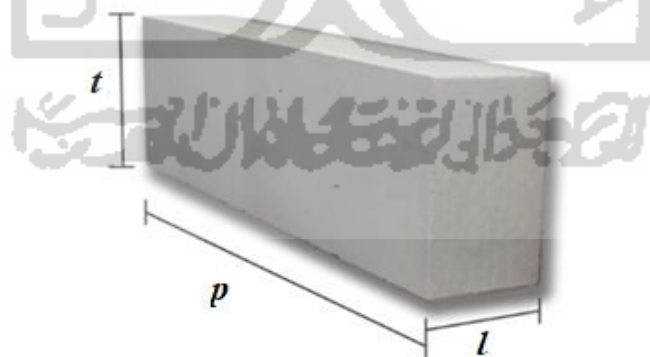
2. Ukuran dan toleransi dimensi

Ukuran dan toleransi dimensi blok bata ringan dikelompokkan menjadi beberapa modul yang disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Ukuran Bata Ringan Menurut SNI 03-2156-1991

| Ukuran (mm) | | | | | | | Toleransi (mm) | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|---------|
| Panjang | 600 | | | | | | ± 5 | |
| Lebar | 200 | | | 400 | | | | ± 2 |
| Tinggi | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 250 | ± 2 |

Sumber: SNI 03-2156-1991



Gambar 3.1 Dimensi Bata Ringan

| | |
|-------------------|---------------------------------------|
| Panjang, p (mm) | : 600 ± 5 |
| Tinggi, t (mm) | : 200 ± 2 |
| Tebal, l (mm) | : 75, 100, 125, 150, 175, 200 ± 2 |

3. Kuat tekan

Kuat tekan bata ringan dikelompokkan kedalam tiga kelompok yang diperlihatkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kuat Tekan Bata Ringan Menurut SNI 03-2156-1991

| Kelas kuat tekan | Kuat tekan minimum (N/mm ²) |
|------------------|---|
| BAA-2 | 2,9 |
| BAA-4 | 4,0 |
| BAA-6 | 6,0 |

Sumber: SNI 03-2156-1991

4. Kuat lentur

Kuat lentur bata ringan yang mempunyai tebal kurang dari 100 mm minimum rata-rata sebesar 0,65 N/mm² dan minimum individu sebesar 0,55 N/mm².

3.2.2 Bata Merah

Menurut SNI 15-2094-2000, bata merah dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. Adapun syarat-syarat bata merah menurut SNI-15-2094-2000 adalah sebagai berikut.

1. Bentuk dan warna bata merah

Batu bata harus berbentuk prisma segi empat panjang, mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang sisinya harus datar, tidak menunjukkan retak-retak dan perubahan bentuk yang berlebihan, tidak mudah hancur atau patah, seragam berbunyi nyaring bila dipukul.

2. Dimensi bata merah

Ukuran dimensi dan toleransi bata merah dikelompokkan menjadi beberapa modul yang disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Ukuran Bata Merah Menurut SNI 15-2094-2000

| Modul | Ukuran | | |
|-------|------------|------------|--------------|
| | Tebal (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) |
| M-5a | 65±2 | 90± | 190±4 |
| M-5b | 65±2 | 100±3 | 190±4 |
| M-6a | 52±3 | 110±4 | 230±5 |
| M-6b | 55±3 | 110±6 | 230±5 |
| M-6c | 70±3 | 110±6 | 230±5 |
| M-6d | 80±3 | 110±6 | 230±5 |

Sumber: SNI 15-2094-2000

3. Kuat tekan

Besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diijinkan untuk bata merah pasangan dinding tertera dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Kuat Tekan Rerata Minimum Batu Bata Merah Berdasarkan SNI 15-2094-2000

| Kelas | Kuat tekan rata-rata | | Koefisien variasi ijin |
|-------|----------------------|-------------------|------------------------|
| | Kg.f/cm ² | N/mm ² | |
| 50 | 50 | 5 | 22% |
| 100 | 100 | 10 | 15% |
| 150 | 150 | 15 | 15% |

Sumber: SNI 15-2094-2000

3.2.3 Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus adalah agregat dengan besar butiran maksimum 4,75 mm berasal dari alam atau hasil olahan (SNI 02-6820-2002). Agregat halus atau umumnya disebut pasir berfungsi sebagai material pengisi pada campuran mortar spesi maupun plesteran dalam pembuatan dinding. Persyaratan mutu pasir menurut PUBLI (persyaratan umum bahan bangunan Indonesia) 1982 pasal 11 pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Persyaratan Pasir Beton Menurut PUBI 1982

| Parameter | Persyaratan |
|---|--|
| Kandungan lumpur (lolos ayakan 0.0063 mm) | $\leq 5\%$ |
| Berat jenis | 2,4-2,9 gr/cm ³ |
| Modulus halus butir | 2,2-3,2 |
| Kandungan zat organis | Warna larutan pasir tidak lebih gelap dari larutan standar |

3.2.4 Semen Portland

Menurut PUBI (1982), semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling halus klinker, terutama yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu.

Menurut Tjokrodimoeljo (1992), fungsi semen adalah untuk merekatkan butiran-butiran agregat agar terjadi suatu masa yang kompak atau padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Walaupun semen hanya merupakan mengisi 10 % dari volume beton, namun karena merupakan bahan yang aktif, maka perlu dipelajari maupun dikontrol secara ilmiah.

Menurut PUBI (1982), sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen portland dibagi menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut ini.

1. Tipe I (Ordinary Portland Cement)

Semen Tipe I yaitu semen portland yang dalam penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada tipe-tipe lain. Tipe semen ini paling banyak diproduksi dan banyak dipasaran.

2. Tipe II (Moderate Sulfat Resistance)

Semen Tipe II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang. Tipe II ini mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah dibanding semen Portland Tipe I. Pada daerah–daerah tertentu dimana suhu agak tinggi, maka untuk mengurangi

penggunaan air selama pengeringan agar tidak terjadi penyusutan (*Srinkage*) yang besar perlu ditambahkan sifat moderat "*Heat of hydration*". Semen Portland tipe II ini disarankan untuk dipakai pada bangunan seperti bendungan, dermaga dan landasan berat yang ditandai adanya kolom-kolom dan dimana proses hidrasi rendah juga merupakan pertimbangan utama.

3. Tipe III (High Early Strength)

Semen Tipe III yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan yang tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen tipe III ini dibuat dengan kehalusan yang tinggi blaine biasa mencapai $5000 \text{ cm}^2/\text{gr}$ dengan nilai C3S nya juga tinggi. Beton yang dibuat dengan menggunakan semen portland tipe III ini dalam waktu 24 jam dapat mencapai kekuatan yang sama dengan kekuatan yang dicapai semen Portland tipe I pada umur 3 hari, dan dalam umur 7 hari semen Portland tipe III ini kekuatannya menyamai beton dengan menggunakan semen portlan tipe I pada umur 28 hari.

4. Tipe IV (Low Heat Of Hydration)

Semen Tipe IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah. Penggunaan semen ini banyak ditujukan untuk struktur beton (*concrete*) yang massive dan dengan volume yang besar, seperti bendungan, dam, lapangan udara. Dimana kenaikan temperatur dari panas yang dihasilkan selama periode pengerasan diusahakan seminimal mungkin sehingga tidak terjadi pengembangan volume beton yang bisa menimbulkan retak (*cracking*). Pengembangan kuat tekan (*strength*) dari semen jenis ini juga sangat lambat jika dibanding semen portland tipe I.

5. Tipe V (Sulfat Resistance Cement)

Semen Tipe V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Semen jenis ini cocok digunakan untuk pembuatan beton pada daerah yang tanah dan airnya

mempunyai kandungan garam sulfat tinggi seperti : air laut, daerah tambang, air payau dan lain-lain.

3.2.5 Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan beton, selain itu air juga memiliki harga beli yang paling murah dibandingkan dengan bahan lainnya. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antar butir-butir agregat agar mudah dikerjakan. Jumlah dan kualitas air yang digunakan akan berpengaruh terhadap lama ikatan awal dan kekuatan beton setelah mengeras. Menurut Tjokrodimoeljo (1992), dalam pemakaian air untuk pembuatan beton sebaiknya memenuhi persyaratan tidak mengandung:

1. lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter,
2. garam-garam yang dapat merusak beton seperti asam dan zat organik lainnya lebih dari 15 gram/liter,
3. klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter, dan
4. senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter

3.2.6 Mortar

Mortar merupakan campuran yang terdiri dari semen, agregat halus dan air baik dalam keadaan dikeraskan ataupun tidak dikeraskan (SNI 03-6882-2002). Penjelasan terkait spesifikasi mortar untuk pekerjaan pasangan bata menurut SNI 03-6882-2002 dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Spesifikasi Tipe Mortar Menurut SNI 03-6882-2002

| Tipe | Kuat tekan minimal rerata umur 28 hari (MPa) | Retensi air minimal (%) | Kadar udara Maksimal (%) |
|-------------|---|--------------------------------|---------------------------------|
| M | 17,2 | 75 | 18 |
| S | 12,4 | | |
| N | 5,2 | | |
| O | 2,4 | | |

sumber: SNI 03-6882-2002

3.2.7 Kawat Galvanis

Kawat adalah benda yang umumnya berbentuk bulat yang terbuat dari logam yang panjang dan bersifat lentur dengan berbagai ukuran diameter. Kawat galvanis merupakan kawat besi yang dilapisi oleh lapisan galvanis untuk membuatnya lebih tahan terhadap korosi. Galvanis adalah metode pencegahan karat pada logam dengan melapisi logam dengan bahan yang lebih tahan terhadap karat. Galvanis adalah pelapisan logam anti karat atau non corrosive metal pada besi dengan menggunakan 98% unsur seng (zink) dan 2% nya unsur aluminium. Proses galvanis ada dua macam. Pertama adalah *electro-plating* atau UCP galvanis. Proses ini dengan cara memberi aliran listrik dalam kolam galvanis. Sehingga partikel galvanis menempel pada besi sampai ketebalan yang diinginkan. Sedangkan proses kedua adalah *hot-dip* galvanis yaitu dengan mencelupkan besi ke dalam kolam galvanis panas. Semakin tebal lapisan galvanisnya jika besi sering dicelupkan.

Kawat galvanis dapat juga dikenali dari warnanya yang silver atau bronze namun tidak mengkilat atau doff. Warna itu juga sering disebut dull silver. Ukuran kawat galvanis dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Ukuran Kawat Galvanis

| Ukuran | Diameter | Berat/kemasan (roll) |
|--------|---------------------|----------------------|
| BWG 6 | 5,15 mm | 50 kg/roll |
| BWG 8 | 4,15 mm dan 3,90 mm | 50 kg/roll |
| BWG 10 | 3,40 mm dan 3,10 mm | 50 kg/roll |
| BWG 12 | 2,80 mm dan 2,50 mm | 50 kg/roll |
| BWG 14 | 2,10 mm dan 1,90 mm | 50 kg/roll |
| BWG 16 | 1,65 mm dan 1,55 mm | 50 kg/roll |
| BWG 18 | 1,25 mm dan 1,21 mm | 25 kg/roll |
| BWG 20 | 1,0 mm | 25 kg/roll |

3.3 Pengujian Bahan Penyusun Dinding

Pengujian bahan penyusun dinding bertujuan untuk mengetahui kualitas bahan yang digunakan dalam pembuatan dinding

3.3.1. Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus bertujuan untuk memperoleh kualitas agregat halus yang baik sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh SNI. Komponen pengujian agregat halus yaitu sebagai berikut.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus bertujuan untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis kering permukaan (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air yang terdapat pada agregat halus. Berat jenis curah adalah perbandingan antara agregat halus kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C. Sesuai dengan SNI 03-1970-1990, perhitungan berat jenis curah menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$B_j \text{ Curah} = \frac{B_k}{(B + B_u - B_t)} \quad (3.1)$$

Keterangan:

$B_j \text{ Curah}$ = berat jenis curah (gram/cm³),

B_k = berat benda uji kering oven (gram),

B = berat piknometer berisi air (gram),

B_t = berat piknometer berisi air dan benda uji (gram), dan

B_u = berat benda uji kondisi SSD (gram).

Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) adalah perbandingan antara berat agregat jenuh kering permukaan dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C. Sesuai dengan SNI 03-1970-1990, perhitungan berat jenis jenuh kering menggunakan Persamaan 3.2 berikut.

$$B_j \text{ SSD} = \frac{B_u}{(B + B_u - B_t)} \quad (3.2)$$

Keterangan:

- $B_j SSD$ = berat jenis jenuh keringan permukaan (gram/cm^3),
 B = berat piknometer berisi air (gram),
 B_t = berat piknometer berisi air dan benda uji (gram), dan
 B_u = berat benda uji kondisi SSD (gram).

Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat agregat air sulingnya yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C . Sesuai dengan SNI 03-1970-1990, perhitungan berat jenis semu menggunakan Persamaan 3.3 berikut.

$$B_j \text{ semu} = \frac{B_k}{(B+B_k-B_t)} \quad (3.3)$$

Keterangan:

- $B_j \text{ semu}$ = berat jenis semu (gram/cm^3),
 B_k = berat benda uji kering oven (gram),
 B = berat piknometer berisi air (gram), dan
 B_t = berat piknometer berisi air dan benda uji (gram).

Penyerapan air adalah perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering, dinyatakan dalam persen (%). Sesuai dengan SNI 03-1970-1990, perhitungan berat penyerapan air menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

$$\text{Penyerapan air} = \frac{(B_u - B_k)}{B_k} \times 100\% \quad (3.4)$$

Keterangan:

- Penyerapan air* = kadar penyerapan air (%),
 B_u = berat benda uji kondisi SSD (gram), dan
 B_k = berat benda uji kering oven (gram).

2. Pengujian berat volume

Pengujian berat volume agregat halus bertujuan untuk mengetahui perbandingan berat dengan perbandingan volumenya. Pengujian berat volume ini baik dalam keadaan gembur maupun keadaan dipadatkan, sehingga dapat diketahui perbedaan berat volume diantara keduanya. Perhitungan berat volume agregat halus menggunakan persamaan sesuai SNI 03-4804-1998 yang dapat dilihat pada Persamaan 3.5 berikut.

$$Bv = \frac{Bk}{V} \quad (3.5)$$

Keterangan:

Bv = berat volume (gram/cm³),
 Bk = berat benda uji kering oven (gram), dan
 V = volume benda uji (cm³).

3. Pengujian kadar lumpur

Pengujian kadar lumpur bertujuan untuk mengetahui kandungan kadar lumpur dalam agregat halus. Kadar lumpur dalam agregat halus akan mempengaruhi kualitas agregat halus yang akan digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Persyaratan kandungan lumpur dalam agregat halus yangizinkan tidak boleh lebih dari 5% agar menghasilkan kualitas bahan yang baik. Perhitungan kandungan kadar lumpur yang terdapat pada agregat halus berdasarkan SNI 03-4142-1996 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.6. berikut.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100\% \quad (3.5)$$

Keterangan:

W_1 = berat agregat kering oven (gram), dan
 W_2 = berat agregat kering oven setelah dicuci (gram).

4. Pengujian modulus halus butir

Pengujian Modulus Halus Butir (MHB) adalah suatu indeks yang dipakai untuk ukuran suatu kehalusan atau kekasaran butiran-butiran agregat. MHB diperoleh dari jumlah persen kumulatif dari butiran agregat yang tertinggal disuatu ayakan dibagi seratus. Makin besar nilai MHB makin besar pula butiran agregatnya. Pada umumnya untuk MHB pasir adalah 1,5-3,8 (Tjokrodinuljo, 1996).

Nilai MHB yang lebih kecil 1,5 menunjukkan pasir berbutir sangat halus dan hal ini kurang baik digunakan pada waktu pembuatan batako, karena campurannya membutuhkan banyak semen jika pasir ini digunakan. Selain itu, dapat menyebabkan terjadi hidrasi, sehingga hal ini merugikan. Jika nilai MHB lebih besar maka tergolong pasir kasar (cenderung akan sama dengan krikil) dan hal ini kurang baik digunakan pada waktu pembuatan batako karena campurannya akan sedikit menggunakan sehingga menyebabkan kurangnya daya rekat agregat pada campuran.

3.3.2. Pengujian Karakteristik Bata Ringan dan Bata Merah

Pengujian karakteristik bata ringan dan bata merah bertujuan untuk memperoleh kualitas bata ringan dan bata merah yang memiliki kualitas yang baik sesuai standar yang ditetapkan SNI. Komponen pengujian karakteristik bata ringan dan bata merah yaitu sebagai berikut.

1. Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan material bata ringan dan bata merah bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan material bata merah dan bata ringan dalam menahan beban maksimum sebelum runtuh. Nilai kuat tekan ini dapat diketahui melalui perbandingan lurus anatar beban maksimum dengan luas bidang tekan yang dinyatakan dalam N/mm^2 atau MPa. Perhitungan kuat tekan berdasarkan SNI 03-2156-1991 dapat dihitung dengan Persamaan 3.7 berikut.

$$f_{cb} = \frac{P}{A} \quad (3.7)$$

Keterangan:

- f_{cb} = kuat tekan bata (MPa),
 P = beban maksimum uji (N), dan
 A = luas bidang tekan permukaan benda uji (mm²).

Pengujian kuat lentur

Pengujian kuat lentur material bata ringan dan bata merah bertujuan untuk mengetahui kuat lentur dan defleksi maksimum yang terjadi sebelum material bata ringan dan bata merah tersebut mengalami keruntuhan. Perhitungan kuat lentur material bata ringan dan bata merah berdasarkan SNI 03-2156-1991 dapat dihitung dengan Persamaan 3.8 berikut

$$f_{lt} = \frac{3PL}{2lt^2} \quad (3.8)$$

Keterangan:

- f_{lt} = kuat lentur (MPa),
 P = beban maksimum uji (N),
 L = jarak anatar tumpuan (mm),
 l = lebar benda uji (mm)
 t = tinggi benda uji (mm)

Pengujian kuat lekatan

Pengujian kuat geser lekatan material bata ringan dan bata merah bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kuat lekat yang terjadi antara mortar dengan material bata ringan maupun bata merah. Perhitungan kuat lekat berdasarkan SNI-03-4166-1996 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.9 berikut.

$$f_{vh} = \frac{P}{2lt} \quad (3.9)$$

Keterangan:

| | |
|----------|---------------------------|
| f_{vh} | = kuat lekat (MPa), |
| P | = beban maksimum uji (N), |
| l | = lebar benda uji (mm) |
| t | = tinggi benda uji (mm) |

3.3.3. Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan mortar dalam menahan beban maksimum sebelum runtuh. Nilai kuat tekan ini dapat diketahui melalui perbandingan lurus antara beban maksimum dengan luas bidang tekan yang dinyatakan dalam N/mm² atau MPa. Perhitungan kuat tekan mortar dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut

$$f_{cm} = \frac{P}{A} \quad (3.10)$$

Keterangan:

| | |
|----------|---|
| f_{cm} | = kuat tekan mortar (MPa), |
| P | = beban maksimum uji (N), dan |
| A | = luas bidang tekan permukaan benda uji (mm ²). |

3.3.4. Pengujian Kuat Tarik Kawat

Pengujian kuat tarik kawat bertujuan untuk mengetahui mutu atau tegangan leleh kawat (f_y). Karena kawat uji yang ditarik langsung putus, sehingga tegangan leleh tidak terbaca, maka yang didapat adalah tegangan maksimum (f_{maks}). Perhitungan kuat tarik kawat dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11 berikut.

$$f_{maks} = \frac{P}{A} \quad (3.11)$$

Keterangan:

| | |
|------------|---------------------------|
| f_{maks} | = kuat tarik kawat (MPa), |
|------------|---------------------------|

P = beban tarik maksimum (N), dan
 A = luas penampang benda uji (mm^2).

3.4 Pengujian Dinding

3.4.1 Tinjauan Kerusakan Dinding akibat Beban Gempa

Sebuah bangunan yang dibangun menggunakan bata merah, batako, pecahan batu maupun bata ringan sebagai dinding memiliki kerentangan terhadap gempa yang terjadi. Hal tersebut diakibatkan oleh rendahnya kualitas bahan penyusun dinding tersebut seperti rendahnya kualitas campuran mortar dan rendahnya nilai kuat tekan bahan bata yang digunakan sehingga bahan tersebut tidak masuk kedalam spesifikasi standar. Rendahnya kualitas bangunan juga bisa disebabkan oleh pembangunan yang dilaksanakan oleh pemiliknya sendiri tanpa memperhatikan standar SNI yang telah ditetapkan oleh pemerintah, atau disebabkan oleh tenaga kerja yang tidak memiliki keahlian khusus, sehingga pembangunan dilakukan dengan pengetahuan yang terbatas.

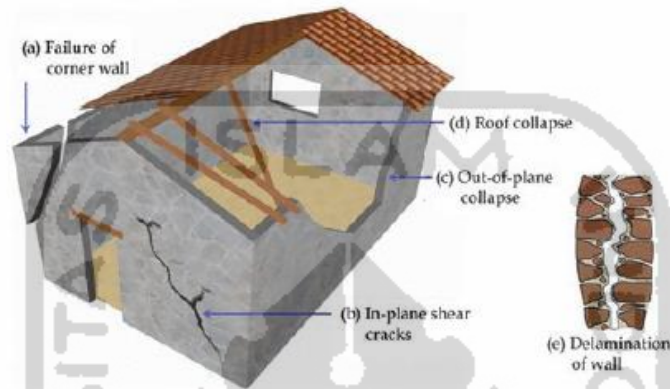
Dinding merupakan elemen pengisi (non struktural) pada bangunan. Sebagai elemen non struktural, dinding tidak berperan sebagai penahan utama beban lateral. Contoh pada saat terjadi gempa bumi. Namun pada bangunan sederhana, selain kolom dan balok yang menahan gaya beban lateral, dinding turut mendukung beban lateral yang terjadi (Ardian, 2014).

Dinding bata ringan memiliki berat yang relatif lebih ringan dibandingkan dinding yang terbuat dari batako, bata merah maupun dinding yang terbuat dari susunan pecahan batu alam. Walaupun memiliki bobot yang lebih ringan dibandingkan jenis bata lain, dinding bata ringan tetap memiliki daktilitas rendah dan juga semen instan yang dipakai untuk spesi antar bata ringan tidak begitu banyak sehingga dinding bata ringan tetap memiliki resiko kemungkinan adanya keruntuhan mendadak.

Sathiparan, dkk (2013) melakukan penelitian mengenai berbagai jenis kerusakan dinding pasca gempa dan mendapatkan pola kerusakan :

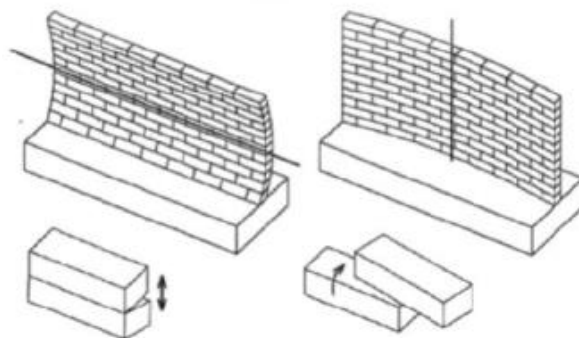
- a. keruntuhan di sudut dinding (*failure of corner wall*),

- b. retak geser sejajar bidang dinding (*in-plane share cracks*),
- c. keruntuhan tegak lurus dinding (*out-of plane collapse*),
- d. keruntuhan bagian atap (*roof collapse*), dan
- e. kerusakan sambungan antar bata (*delamination of wall*).



Gambar 3.2 Kerusakan Dinding Akibat Gempa (Sathiparan, dkk, 2013).

Penelitian ini lebih fokus pada kerusakan *out of plane* yang terjadi pada dinding susunan bata ringan. Kerusakan *out of plane* ini terjadi apabila beban gempa yang terjadi tegak lurus terhadap sumbu dinding sehingga dinding tidak mampu menahan gaya lentur yang terjadi tersebut. Kerusakan jenis *out of plane* ini dapat berupa kerusakan retak dinding arah vertikal maupun kerusakan retak dinding arah horisontal. Kerusakan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Model Kerusakan Dinding Saat Menerima Gaya *Out of Plane* (Fodi, 2011)

3.4.2 Dimensi Benda Uji

Benda uji untuk pengujian kuat lentur dinding minimal dibuat 3 buah untuk tiap jenis dinding (ASTM E-72: *Standar Test Methods of Conducting Strength Test of Panels for Building Construction*). Dengan ukuran lebar (b) sama dengan tinggi (h) = 120 cm.

Apabila dinding diuji untuk memperoleh kegagalan lentur, maka kegagalan geser tidak boleh terjadi pada dinding sebelum kegagalan lentur tercapai (Davis, dkk, 1982).

3.4.3 Kapasitas Momen

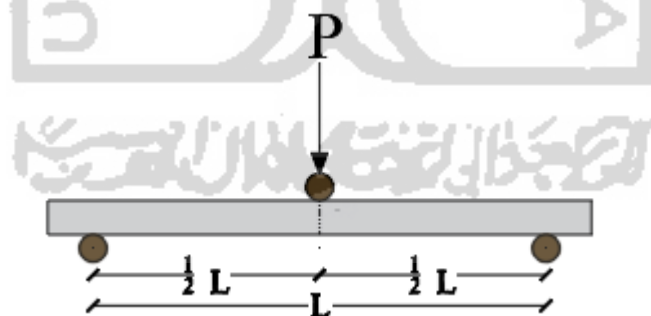
Besarnya kapasitas momen yang terjadi pada dinding dihitung dengan menggunakan persamaan analisis struktur statis tertentu sederhana

$$M = \frac{PL}{4} \quad (3.12)$$

Keterangan :

P : beban maksimum yang dapat ditahan dinding

L : bentang bersih



Gambar 3.4 Ilustrasi Benda Uji dan Letak Beban

3.4.4 Kuat Lentur Dinding

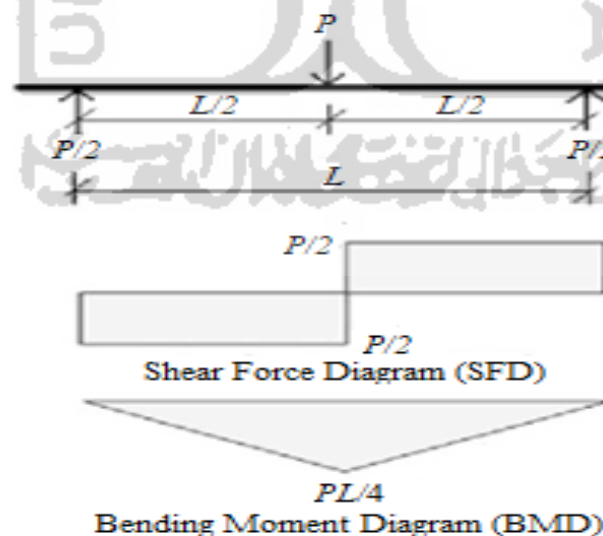
Pengujian kuat lentur dinding adalah kemampuan benda uji untuk menahan gaya yang diletakkan pada satu perletakkan dengan arah tegak lurus sumbu benda

uji, yang diberikan padanya sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas.

Pengujian kuat lentur dilakukan untuk mengukur kekuatan dan perilaku dinding dalam menahan gaya yang tegak lurus (*out of plane*) dengan bidang dinding. Pada potongan penampang melintang, secara mekanika, dinding dianggap sebagai balok atau gelagar sederhana.

Bila suatu balok terletak diantara dua tumpuan sederhana menerima beban yang menimbulkan momen lentur, maka akan terjadi deformasi (tegangan) lentur di dalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, regangan tekan akan terjadi pada bagian atas balok, dan pada bagian bawah tampang balok terjadi tegangan tarik. Regangan-regangan ini menimbulkan tegangan tekan di sebelah atas dan tegangan tarik di bagian bawah, yang harus ditahan oleh balok. Agar stabilitas terjamin, balok sebagai bagian dari system yang harus mampu menahan tekan dan tarik tersebut. (Mansyur dan Muchlas, 2006)

Beban maksimum yang terjadi digunakan sebagai dasar perhitungan kuat lentur. Untuk perhitungan kuat lentur mengacu pada SNI 03-2823-1992 yaitu metode pengujian kuat lentur beton memakai gelagar sederhana dengan sistem beban titik di tengah. Mechanisme lentur dapat dilihat pada Gambar 3.5.

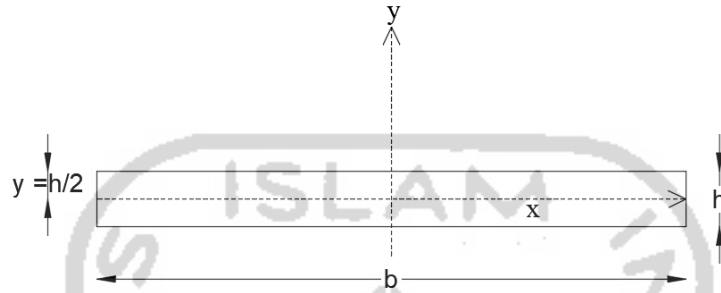


Gambar 3.5 Mekanisme Lentur

Daerah ditengah bentang terjadi momen maksimum

$$M = \frac{PL}{4} \quad (3.12)$$

Tegangan lentur dalam panel berhubungan dengan momen lentur (M) dan momen inersia dari tampang panel. Penampang panel dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Penampang Melintang Dinding Panel

Berdasarkan teganga lentur dapat dinyatakan dalam rumus

$$flt = \frac{My}{I} \quad (3.13)$$

dimana,

$$I = \frac{1}{12}bh^3 \quad (3.14)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan 3.12 dan Persamaan 3.14 ke Persamaan 3.13 maka aka didapatkan

$$flt = \frac{\left(\frac{PL}{4}\right)\left(\frac{h}{2}\right)}{\frac{1}{12}bh^3} \quad (3.15)$$

Persamaan 3.15 dapat disederhanakan menjadi persamaan 3.16

$$flt = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (3.16)$$

Keterangan :

f_{li} = kuat lentur pasangan benda uji (MPa)

P = beban maksimum (N)

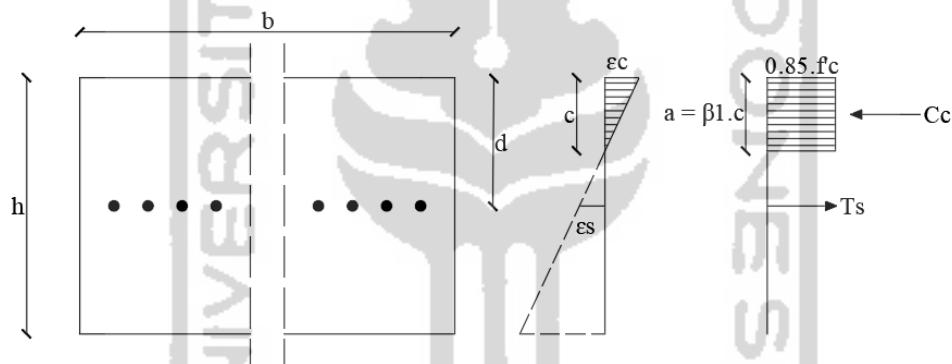
L = jarak (bentang) antar tumpuan (mm)

h = lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

3.4.5 Analisis Beban Maksimum Teoritis

Perhitungan nilai beban maksimum teoritis yang terjadi pada dinding dihitung menggunakan persamaan-persamaan di bawah ini.

1. Perhitungan beban maksimum pada dinding dengan perkuatan tulangan kawat tunggal



Gambar 3.7 Perhitungan Beban Maksimum Tulanagn Kawat Tunggal

Desak = Tarik

$$C_c = T_s \quad (3.17)$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y \quad (3.18)$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0,85 \times f_c' \times a \times b) \quad (3.19)$$

$$\text{Letaka garis netral } (C) = a / \beta_1 \quad (3.20)$$

$$\text{Kontrol tegangan tarik } (\epsilon_s) = \epsilon_c \times (d - c) / c \quad (3.21)$$

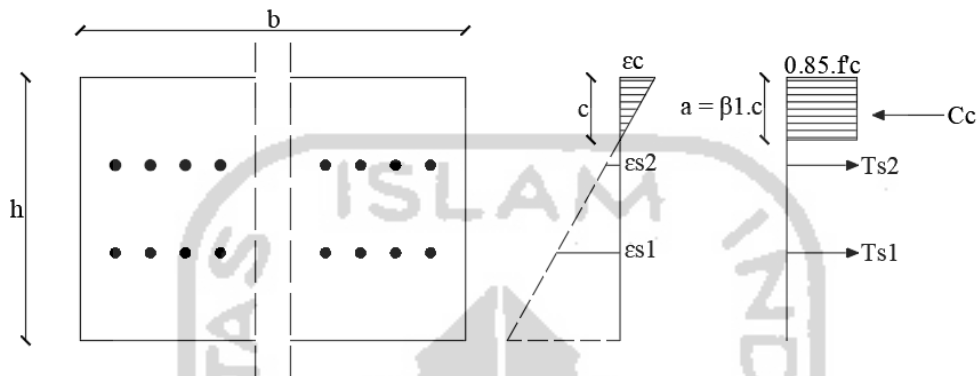
$$\text{Tegangan baja tarik } (f_s) = \epsilon_s \times E_s \quad (3.22)$$

$$\text{Momen lentur maksimal } (M_n) = A_s \times f_y \times (d - a/2) \quad (3.23)$$

$$\text{Momen desain maksimum } (M_u) = \phi \times M_n \quad (3.24)$$

$$\text{Beban maksimum } (P) = (4 \times M_u) / L \quad (3.25)$$

2. Perhitungan beban maksimum pada dinding dengan perkuatan tulangan kawat rangkap



Gambar 3.8 Perhitungan Beban Maksimum Tulanagn Kawat Rangkap

$$\begin{aligned} \text{Desak} &= \text{Tarik} \\ Cc &= Ts_1 + Ts_2 \end{aligned} \quad (3.26)$$

$$0,85 \times fc' \times a \times b = As \times fy + As' \times fy \quad (3.27)$$

$$a = (2 \times As \times fy) / (0,85 \times fc' \times b) \quad (3.28)$$

$$\text{Letaka garis netral } (C) = a / \beta_1 \quad (3.29)$$

$$\text{Kontrol tegangan tarik } (\epsilon_{s1}) = \epsilon_c \times (d_1 - c) / c \quad (3.30)$$

$$\text{Tegangan baja tarik } (fs_1) = \epsilon_s \times E_s \quad (3.31)$$

$$\text{Kontrol tegangan tarik } (\epsilon_{s2}) = \epsilon_c \times (d_2 - c) / c \quad (3.32)$$

$$\text{Tegangan baja tarik } (fs_2) = \epsilon_s' \times E_s \quad (3.33)$$

Momen lentur maksimum (Mn)

$$Mn = As_1 \times fy \times (d_1 - a/2) + As_2 \times fy \times (d_2 - a/2) \quad (3.34)$$

$$\text{Momen desain maksimum } (Mu) = \phi \times Mn \quad (3.35)$$

$$\text{Beban maksimum } (P) = (4 \times Mu) / L \quad (3.36)$$

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Penelitian ini adalah sebuah percobaan yang dikerjakan di laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui nilai kuat lentur dinding bata ringan yang diperkuat dengan penambahan kawat bendrat yang diletakkan pada campuran perekat sambungan antar bata ringan (spesi), dimana arah pemasangan perkuatan kawat gakvanis yaitu arah horizontal. Untuk arah retak yang dimaksud dalam pengujian ini adalah retak arah vertikal. Dalam penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap, yaitu sebagai berikut.

1. Tahap pertama yaitu tahap persiapan. Tahapan ini merupakan tahapan yang dilakukan sebelum penelitian berupa pengadaan serta pengecekan kualitas material.
2. Tahapan kedua yaitu proses pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji berupa pembuatan dinding yang terbuat dari bata ringan. Untuk bata ringan yang digunakan yaitu bata ringan yang dibuat oleh pabrik jenis ACC (*Autoclaved Aerated Concrete*).
3. Tahap ketiga yaitu tahap pengujian. Proses pengujian ini meliputi pengujian *propertis* agregat halus, kuat tekan bata ringan, kuat lentur material bata ringan, kuat geser lekatan bata ringan dan kuat lentur dinding bata ringan.
4. Tahap keempat yaitu pengambilan data. Proses pengambilan data dapat dilakukan ketika benda uji telah selesai diuji. *Output* data tersebut dapat berupa gambar, angka maupun grafik.
5. Tahap kelima yaitu pengolahan data. Tahap ini merupakan tahapan terakhir dari proses penelitian ini, yaitu berupa data hasil pengujian berdasarkan standar ataupun teori yang digunakan.

4.2 Lokasi dan Sampel Penelitian

Lokasi pengujian sampel pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Benda uji yang dibuat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Benda Uji Penyusun Dinding

| Kode | Item | Jumlah | Keterangan |
|-------|---------------------------------------|--------|------------|
| KBR | Kubus Bata Ringan | 5 | Uji Desak |
| KBM | Kubus Bata Merah | 5 | |
| MBR | Mortar Bata Ringan | 5 | |
| MBM | Mortar Bata Merah | 5 | |
| GBR | Geser Bata Ringan | 5 | Uji Geser |
| GBM | Geser Bata Merah | 5 | |
| GMBR | Geser Mortar Bata Ringan | 5 | |
| GMBM | Geser Mortar Bata Merah | 5 | |
| LBR | Lentur Bata Ringan | 5 | Uji Lentur |
| LBM | Lentur Bata Merah | 5 | |
| K | Kawat | 3 | Uji Tarik |
| DBM | Dinding Bata Merah | 3 | Uji Lentur |
| DBRTP | Dinding Bata Ringan Tanpa Perkuatan | 3 | Uji Lentur |
| DBR1K | Dinding Bata Ringan perkuatan 1 Kawat | 3 | Uji Lentur |
| DBR3K | Dinding Bata Ringan perkuatan 3 Kawat | 3 | Uji Lentur |
| DBR5K | Dinding Bata Ringan perkuata 5 Kawat | 3 | Uji Lentur |

4.3 Bahan dan Alat Penelitian

4.3.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bata ringan

Bata ringan yang digunakan adalah jenis bata ringan AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*) yang dibuat oleh pabrik. Bata ringan yang digunakan pada penelitian ini berukuran panjang (p) 600 mm, tinggi (t) 200 mm dan lebar (l) 75 mm. Bata ringan dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Bata Ringan

2. Bata merah

Bata merah yang digunakan pada penelitian ini yaitu bata merah bermerek AT yang diproduksi di daerah Magelang, Jawa Tengah. Bata merah yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Bata Merah

3. Semen

Semen merupakan salah satu bahan yang digunakan untuk perekat anatar bata baik pada pembuatan dinding bata ringan maupun pada pembuatan dinding bata merah. Pada penelitian ini, semen yang digunakan untuk pembuatan dinding bata ringan merupakan semen khusus yang biasa disebut semen instan atau mortar instan yang produksi oleh pabrik bata ringan *Grand Elephant* yang berlokasi di Sidoarjo, Jawa Timur. Sedangkan semen yang digunakan untuk pembuatan dinding bata merah menggunakan semen merk Dynamix yang diproduksi oleh PT. Holcim. Semen yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



(a) Semen perekat bata ringan (b) semen perekat bata merah

Gambar 4.3 Semen

4. Air

Air yang digunakan dalam pembuatan benda uji berasal dari Laboratorium Teknologi Pengolahan Air Minum, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pemeriksaan secara visual yaitu pengecekan bau, warna, dan kejernihan air sebelum air digunakan.

5. Kawat galvanis

Kawat galvanis yang digunakan yaitu kawat bendrat dengan ukuran diameter 1 mm.



Gambar 4.4 Kawat Galvanis Diameter 1 mm

4.3.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Mesin uji desak atau Universal Testing Machine (UTM)

Universal Testing Machine (UTM) adalah alat multifungsi yang dapat digunakan untuk menguji kuat lentur, kuat tarik maupun kuat tekan suatu benda uji. Alat yang digunakan pada penelitian ini memiliki kapasitas 3000 kgf/cm². Alat *Universal Testing Machine (UTM)* bermerek Shimadzu yang akan digunakan untuk pengujian kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur bata ringan. Mesin *UTM* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.5.



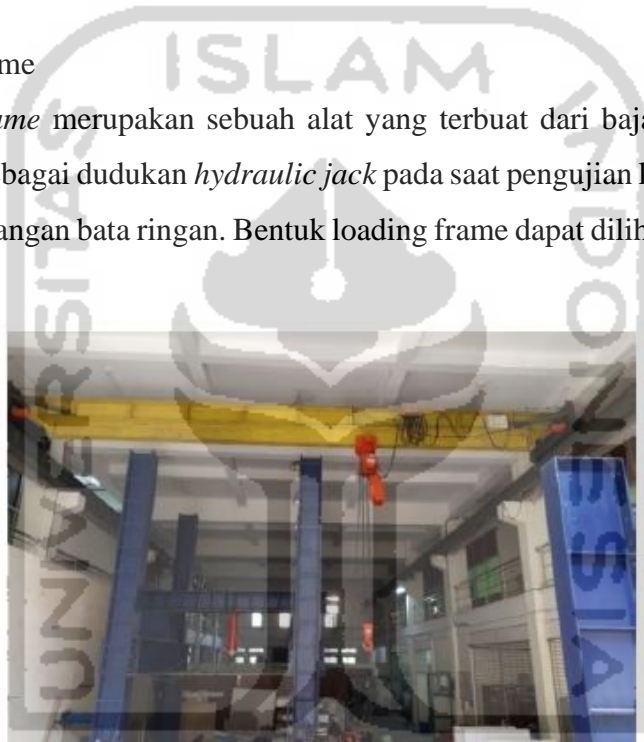
Gambar 4.5 Alat *Universal Testing Machine (UTM)*

2. Crane

Crane merupakan alat yang berfungsi untuk mengangkat benda uji yang memiliki beban yang berat yang tidak bisa dipindahkan manual menggunakan tenaga manusia. Dalam penelitian ini, *crane* digunakan untuk megangkat benda uji dinding susunan bata ringan yang berdimensi 120 cm x 120 cm dari tempat pembuatan benda uji ke tempat pengujian benda uji tersebut. Bentuk mesin *crane* dapat dilihat pada Gambar 4.6.

3. Loading frame

Loading frame merupakan sebuah alat yang terbuat dari baja WF 200 yang berfungsi sebagai dudukan *hydraulic jack* pada saat pengujian kuat geser lentur dinding pasangan bata ringan. Bentuk loading frame dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Crane dan Loading Frame

4. Hidraulik jack

Hydraulik jack adalah sebuah alat pompa hidrolis yang berfungsi untuk memberikan beban pada dinding saat pengujian kuat lentur dinding. Cara kerja alat ini adalah dengan cara memompa sel beban *hydraulik jack* sehingga as pada alat ini keluar secara perlahan kemudian menekan *load cell* secara tegak lurus. Bentuk *hydraulik jack* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hydraulic Jack

5. Load cell

Load cell merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya gaya yang ditimbulkan *hydraulic jack*. Bentuk *load cell* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Load Cell

6. LVDT (Linear Variabel Differential Transformer)

LVDT (*Linear Variabel Differential Transformer*) adalah alat sensor yang membaca tekanan dengan pergeseran inti magnet. Pada laboratorium teknik

sipil, alat ini digunakan untuk mengukur defleksi atau penurunan pada pengujian laboratorium. LVDT dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 LVDT (*Linear Variabel Differential Transformer*)

7. Portable data logger

Portable data logger adalah sebuah alat yang berfungsi merekam data secara otomatis dari pembacaan *load cell*. *Data logger* yang digunakan untuk pengujian lentur dinding susunan bata ringan yaitu bermerek IWM. Bentuk *data logger* dapat dilihat pada Gambar 4.10



Gambar 4.10 Portable Data Logger

8. Laptop atau PC

Laptop atau PC digunakan untuk mengolah data berupa angka yang dihasilkan atau terekam oleh data logger. Output pengolahan data menggunakan komputer ini dapat berupa grafik maupun diagram.

4.4 Pelaksanaan Penelitian

Secara garis besar pelaksanaan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu dimulai dari tahap persiapan, pembuatan dan perawatan benda uji, dan pelaksanaan pengujian.

4.4.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini berupa pengadaan dan pengujian kualitas bahan penyusun benda uji berupa bata ringan, bata merah, pasir, semen portland, semen instan atau semen mortar untuk spesi dan kawat galvanis.

1. Pemeriksaan agregat halus
Pemeriksaan agregat halus dalam penelitian ini meliputi.
 - a. Pengujian berat jenis
 - b. Pengujian berat isi gembur dan berat isi padat
 - c. Pengujian analisis saringan
 - d. Pengujian kadar lumpur
2. Pemeriksaan material bata ringan dan bata merah
Pemeriksaan material bata ringan dan bata merah meliputi
 - a. Pengujian kuat tekan
 - b. Pengujian kuat lentur
 - c. Pengujian kuat geser
3. Pemeriksaan kuat tekan mortar
4. Pemeriksaan kuat Tarik kawat galvanis

4.4.2 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Pembuatan dan perawatan benda uji terbagi dalam 2 kolompok yaitu benda uji bahan penyusun dinding dan benda uji berupa dinding. Kode dan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Benda Uji Penyusun Dinding

| Kode | Item | Jumlah | Keterangan |
|------|--------------------------|--------|------------|
| KBR | Kubus Bata Ringan | 5 | Uji Desak |
| KBM | Kubus Bata Merah | 5 | |
| MBR | Mortar Bata Ringan | 5 | |
| MBM | Mortar Bata Merah | 5 | |
| GBR | Geser Bata Ringan | 5 | Uji Geser |
| GBM | Geser Bata Merah | 5 | |
| GMBR | Geser Mortar Bata Ringan | 5 | |
| GMBM | Geser Mortar Bata Merah | 5 | |
| LBR | Lentur Bata Ringan | 5 | Uji Lentur |
| LBM | Lentur Bata Merah | 5 | |
| K | Kawat | 3 | Uji Tarik |

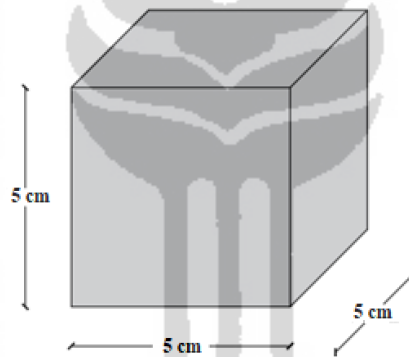
Tabel 4.3 Benda Uji Berupa Dinding

| Kode | Item | Jumlah | Keterangan |
|-------|---------------------------------------|--------|------------|
| DBM | Dinding Bata Merah | 3 | Uji Lentur |
| DBRTP | Dinding Bata Ringan Tanpa Perkuatan | 3 | Uji Lentur |
| DBR1K | Dinding Bata Ringan perkuatan 1 Kawat | 3 | Uji Lentur |
| DBR3K | Dinding Bata Ringan perkuatan 3 Kawat | 3 | Uji Lentur |
| DBR5K | Dinding Bata Ringan perkuata 5 Kawat | 3 | Uji Lentur |

Pembuatan benda uji penyusun dinding dan benda uji berupa dinding yaitu sebagai berikut.

1. Benda uji kuat tekan kubus material bata ringan dan bata merah
Benda uji kubus material bata ringan dan kubus material bata merah dibuat dengan jumlah masing-masing sebanyak 5 buah dengan ukuran dimensi 50 mm x 50 mm x 50 mm. Pembuatan kubus bata ringan dan bata merah yaitu sebagai berikut.

- a. Siapkan bata ringan dan bata merah yang memiliki kualitas yang baik sesuai SNI.
- b. Buat garis kotak dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm pada permukaan bata ringan dan bata merah.
- c. Potong bata ringan dan bata merah yang sudah diberi tanda garis menggunakan gergaji atau alat potong lainnya.
- d. Ukur Kembali kubus bata ringan dan bata merah yang telah di potong.
- e. Kemudian ratakan permukaan yang akan menjadi peletakan alat uji tekan.
- f. Buat benda uji tekan kubus bata ringan dan bata merah masing-masing sebanyak lima buah.
- g. Setelah benda uji siap, pengujian dapat langsung dilakukan.



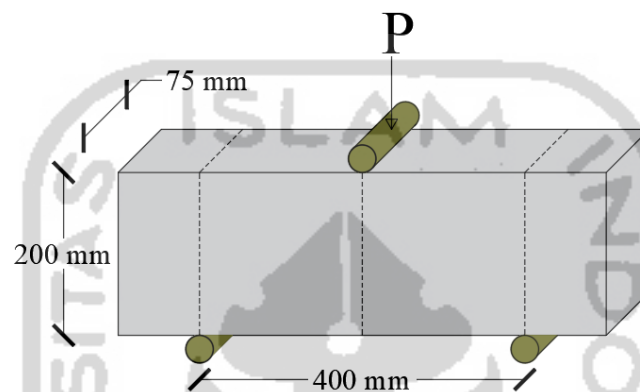
Gambar 4.11 Model Benda Uji Kuat Tekan Kubus Bata Ringan

2. Benda uji kuat lentur material bata ringan dan bata merah

Benda uji kuat lentur material bata ringan dan bata merah dibuat masing-masing sebanyak 5 buah. Pembuatan benda uji lentur bata ringan dan bata merah yaitu sebagai berikut.

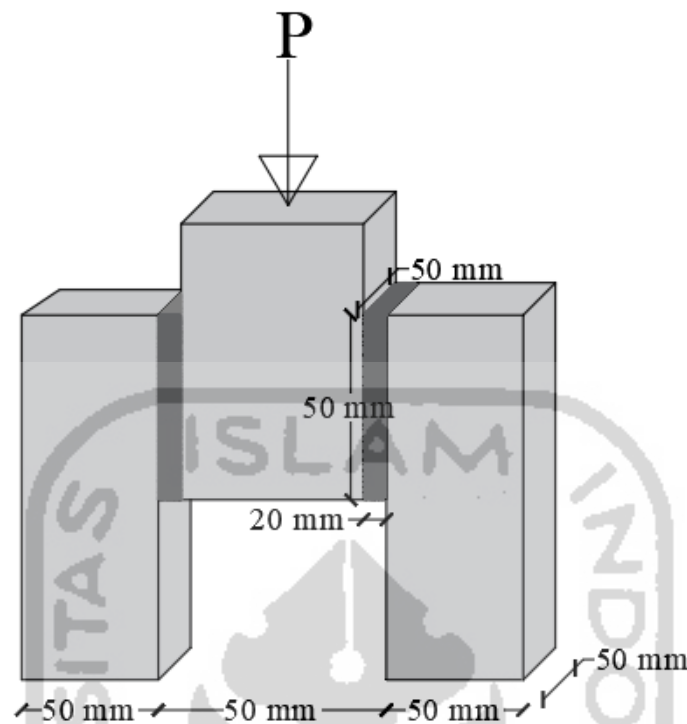
- a. Siapkan bata ringan dan bata merah yang memiliki kualitas yang baik.
- b. Buat garis yang berjarak 10 cm dari setiap tepi bata ringan sebagai penanda tempat perletakan bata ringan ditumpuan.

- c. Membuat garis pada tengah bentang bata ringan sebagai penanda tempat perletakan beban.
- d. Buat benda uji kuat lentur bata ringan dan bata merah masing-masing sebanyak lima buah.
- e. Setelah benda uji siap, pengujian dapat langsung dilakukan.



Gambar 4.12 Model Benda Uji Kuat Lentur Material Bata Ringan

3. Benda uji kuat lekat dan kuat geser bata ringan dan bata merah
Benda uji kuat lekat dan kuat geser bata ringan dan bata merah masing-masing dibuat sebanyak lima buah. Pembuatan benda uji kuat lekat dan kuat geser bata ringa yaitu sebagai berikut.
 - a. Siapkan tiga buah bata ringan maupun bata merah yang memiliki kualitas yang baik.
 - b. Susun bata merah maupun bata ringan seperti pada Gambar 4.13.
 - c. Buat benda uji kuat lekat dan kuat geser bata ringan dan bata merah masing-masing sebanyak 5 buah.
 - d. Setelah benda uji siap, pengujian dapat langsung dilakukan.



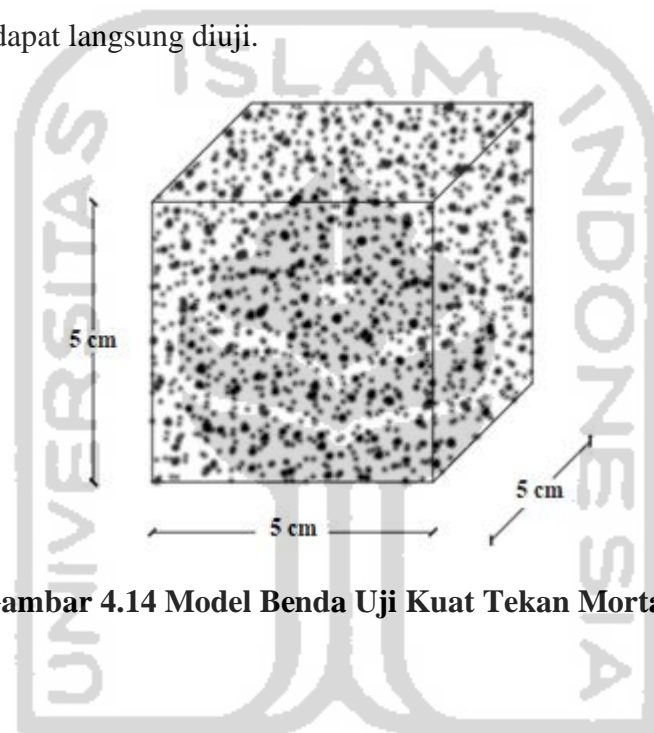
Gambar 4.13 Model Benda Uji Kuat Lekat Material Bata Ringan

4. Benda uji kuat tekan mortar

Benda uji mortar terdiri dari mortar untuk spesi dinding bata ringan dan mortar untuk spesi bata merah. Masing-masing mortar dibuat sebanyak 5 buah dengan ukuran dimensi 5 m x 5 cm x 5 cm. Pembuatan mortar untuk spesi dinding bata ringan yaitu dengan perbandingan massa 1 semen instan : 0,25 air. Sedangkan mortar spesi dinding bata merah menggunakan perbandingan 1 PC : 5 Ps : 0,5 air. Pembuatan mortar spesi dinding bata ringan dan spesi dinding bata merah yaitu sebagai berikut.

- a. Siapkan bahan penyusun mortar berupa semen, pasir dan air.
- b. Timbang masing-masing bahan dengan perbandingan yang telah ditentukan.
- c. Campurkan semen dan pasir kemudian diaduk sampai tercampur merata dan ditambah air secara bertahap.
- d. Campuran diaduk hingga encer dan siap digunakan.

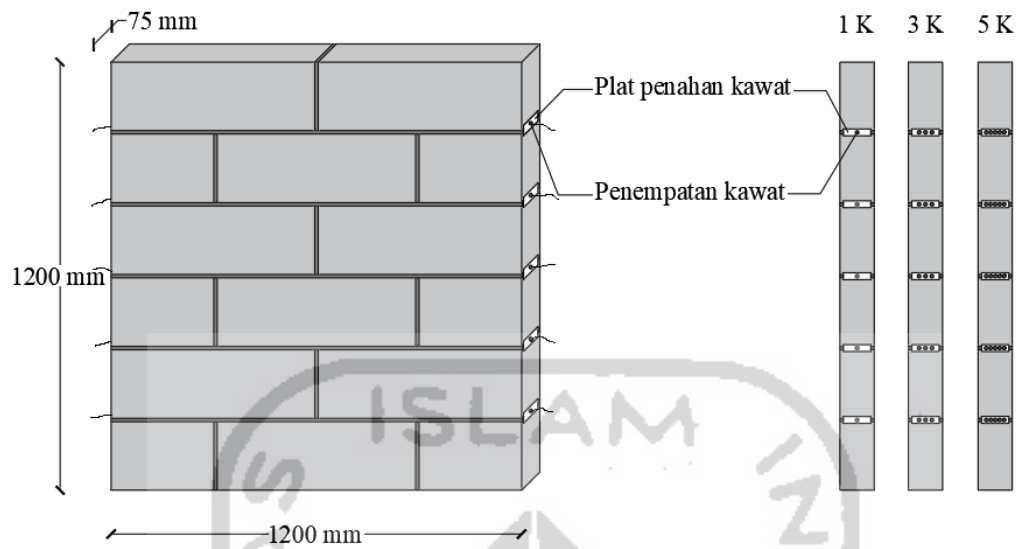
- e. Masukkan campuran ke dalam cetakan mortar yang berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.
- f. Tunggu sampai mortar mengering selama 24 jam.
- g. Setelah mortar mengering, mortar dapat dikeluarkan dari cetakan dan di rendam dalam air.
- h. Pengujian kuat tekan mortar dapat dilakukan setelah mortar berusia 28 hari.
- i. Setelah mortar mencapai usia 28 hari, mortar spesi bata ringan dan bata merah dapat langsung diuji.



Gambar 4.14 Model Benda Uji Kuat Tekan Mortar

5. Benda uji kuat lentur dinding

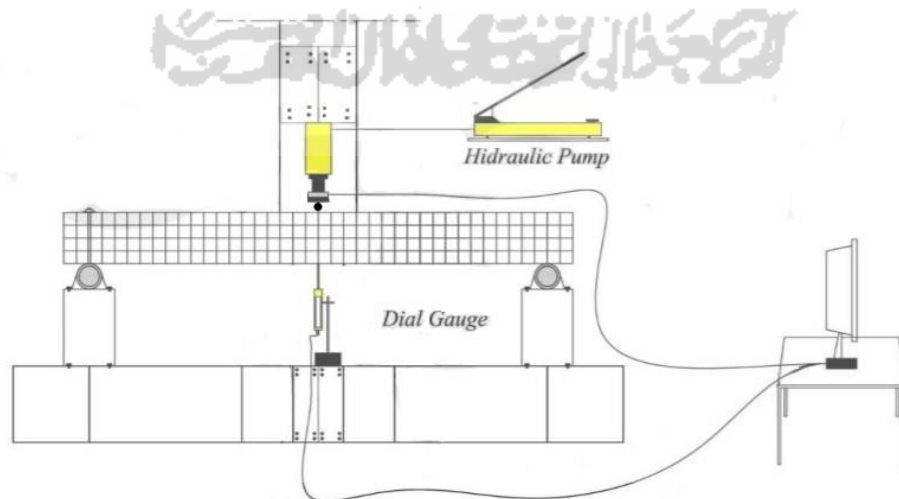
Benda uji kuat lentur dinding terdiri dari 5 kelompok yaitu dinding bata merah tanpa perkuatan (DBM), dinding bata ringan tanpa perkuatan (DBRTP), dinding bata ringan dengan perkuatan 1 kawat (DBR1K), dinding bata ringan dengan perkuatan 3 kawat (DBR3K) dan dinding bata ringan dengan perkuatan 5 kawat (DBR5K). Pembuatan benda uji kuat lentur dinding berdimensi 1200x1200x75 masing-masing berjumlah tiga buah. Pembuatan benda uji kuat lentur dinding dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Model Benda Uji Kuat Lentur Dinding

4.4.3 Pelaksanaan Pengujian

Pengujian lentur dinding terdiri dari *set up* alat pembaca, pengaturan tumpuan, pemindahan benda uji pada *frame* uji, pengaturan alat pembebanan dan penyaluran beban, pemasanga alat defleksi (LVDT) dan pengujian lentur dinding serta pembongkaran. *Set up* alat uji lentur dinding dengan dua titik pembeban dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 4.16 Set Up Alat Uji

Penjelasan terkait langkah-langkah *set up* alat uji pada pengujian lentur dinding adalah sebagai berikut.

a. Set up data logger

Sebelum pengujian dilakukan, *data logger* harus di *set up* agar data dari *load cell* dan LVDT dapat terbaca secara akurat dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Kabel *load cell* dan LVDT dihubungkan ke *data logger*.
- 2) *Set up* pemrograman pada *data logger* sehingga angka hasil penelitian memiliki satuan kN untuk gaya dan mm untuk defleksi.
- 3) Pemasangan kertas pencatatan pada printer *data logger* untukantisipasi jika sewaktu-waktu data tidak terekam.

b. Pengaturan tumpuan

Tumpuan menggunakan silinder besi *hollow* dengan diameter 5 cm sepanjang 150 cm. Jenis tumpuan yang digunakan adalah tumpuan rol menggunakan besi *hollow* yang ditambahkan dengan busa hati.

c. Pengaturan alat pembebana dan penyaluran beban

Pengaturan pembebanan dan alat pendukung lainnya dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

- 1) Benda uji dipindahkan ke *frame* uji dengan bantuan *crane* dan sling baja.
- 2) Benda uji diatur pada posisi yang simetris terhadap tumpuan dan *loadcell* sehingga beban yang ditahan sama besar pada kedua sisi. Jarak dari kedua ujung dinding ke posisi dinding sebesar 5 cm.
- 3) *Hydarulic jack* diposisikan pada tinggi yang direncanakan, yakni mencapai setengah dari bentang bersih dinding uji.
- 4) *Stroke hydarulic jack* diposisikan pada panjang setengah dari *stroke* maksimal atau lebih.
- 5) Beban titik dari *loadcell* diteruskan menjadi beban garis menggunakan silinder besi.

d. Pemasangan LVDT

LVDT dipasang pada 2 titik yang diletakkan di dekat tumpuan. Bagian pembaca defleksi (lidi pembaca) dipastikan pada kondisi tertahan seluruhnya, artinya kondisi nol berada pada pembacaan LVDT.

e. Pelaksanaan pengujian lentur dinding

Setelah semua peralatan pengujian terpasang pada benda uji, maka pengujian dinding siap dilaksanakan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Pencatatan data pada *data logger* dikondisikan pada posisi nol seluruhnya.
- 2) *Hydraulic jack* dipompa menggunakan mesin pompa dengan kecepatan konstan, kemudian klik *start* pada *data logger* untuk mencetak data (nilai gaya dan defleksi). Defleksi yang menjadi acuan adalah pada LVDT yang berada ditengah.
- 3) Pada saat terjadi retakan pertama, pembebanan dihentikan sebentar untuk mengamati retakan yang terjadi, kemudian beban dan defleksi dicatat dan pola retak digambar (difoto).
- 4) Langkah ini dilakukan untuk setiap benda uji.

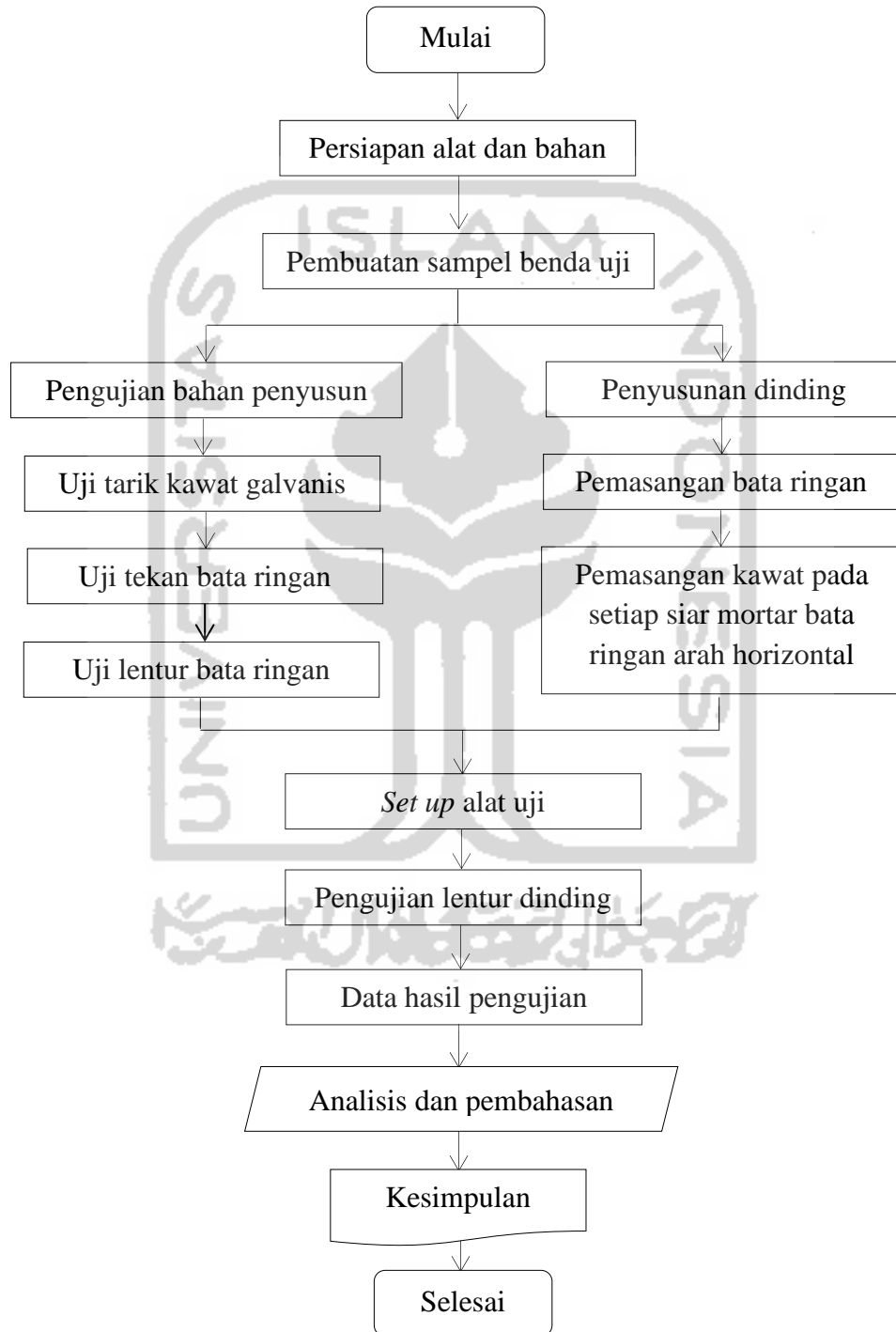
f. Pembongkaran

Berikut merupakan langkah-langkah setelah selesai pembebanan.

- 1) Pastikan *stroke hydraulic jack* berada pada kondisi normal (titik 0).
- 2) LVDT dilepas terlebih dahulu, kemudian diikuti tumpuan penyaluran beban yang berada pada sisi dipasang LVDT.
- 3) Dinding yang telah rusak diangkat dan dibuang ke tempat pembuangan limbah.

4.5 Bagan Alir Penelitian.

Bagan alir yang menunjukkan proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil penelitian berupa data yang telah dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Pengujian-pengujian yang telah dilakukan dimaksudkan untuk mendapatkan hasil berupa kualitas bahan material bata merah, bata ringan dan mortar yang didapat dari uji tekan kubus, uji lentur, uji geser serta uji lentur berbentuk dinding.

5.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus meliputi uji berat jenis, uji berat isi gembur, uji berat isi padat, uji modulus halus butir dan uji kadar lumpur agregat halus.

5.1.1 Hasil Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan relatif pada massa jenis suatu zat dengan massa jenis air murni. Sedangkan pemeriksaan penyerapan air bertujuan untuk mengetahui kemampuan agregat dalam menyerap air. Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air disajikan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

| No | Uraian | Berat | Satuan |
|----|---|-------|--------------------|
| 1 | Berat pair kering muka (Bk) | 479 | gr |
| 2 | Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD) | 500 | gr |
| 3 | Berat piknometer berisi air dan pasir (Bt) | 981 | gr |
| 4 | Berat piknometer berisi air (B) | 675 | gr |
| 5 | Berat jenis curah | 2,469 | gr/cm ³ |
| | $Bk/(B+500-Bt)$ | | |
| 6 | Berat jenis jenuh kering muka | 2,578 | gr/cm ³ |
| | $500/(B+500-Bt)$ | | |
| 7 | Berat jenis semu | 2,769 | gr/cm ³ |
| | $Bk/(B+Bk-Bt)$ | | |
| 8 | Penyerapan air (%) | 4,385 | % |
| | $((500-Bk)/Bk) \times 100\%$ | | |

Hasil pengujian berat jenis agregat halus pada Tabel 5.1 menunjukkan bahwa berat jenis pada agregat halus gunung merapi berkisar antara 2,469-2,769 yang berarti masuk dalam jenis agregat normal. Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7. Sedangkan hasil pemeriksaan penyerapan air yaitu sebesar 4,385 %. Persyaratan pada agregat normal kemampuan penyerapan air hanya sekitar 1-2 % saja (Tjokrodimulyo, 1992). Hasil pengujian diatas menunjukkan agregat halus yang berasal dari lereng gunung merapi memenuhi syarat dalam pembuatan beton, tetapi untuk daya serap air cukup besar, sehingga memerlukan penambahan air ketika proses *mixing* atau pencampuran beton.

5.1.2 Hasil Uji Berat Isi Gembur

Pengujian berat isi gembur dilakukan bertujuan untuk mengetahui perbandingan berat antara agregat dengan volumenya pada kondisi gembur. Data hasil pengujian berat isi gembur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus

| No | Uraian | Berat | Satuan |
|----|---|-----------|--------------------|
| 1 | Berat tabung (W1) | 10800 | gr |
| 2 | Berat tabung + agregat kondisi jenuh (W2) | 18333,333 | gr |
| 3 | Berat agregat pasir (W3) | 7466,667 | gr |
| 4 | Diameter silinder (d) | 15 | cm |
| 5 | Tinggi silinder (t) | 30 | cm |
| 6 | Volume (V) = $1/4 * \pi * d^2 * t$ | 5301,438 | cm ³ |
| 7 | Berat isi gembur (W3/V) | 1,408 | gr/cm ³ |

Hasil perhitungan pada Tabel 5.2 menunjukkan nilai berat isi gembur sebesar 1,408 gr/cm³. Syarat untuk berat satuan agregat adalah 1,20 – 1,60 (Tjokrodimuljo, 1992). Hal ini menunjukkan agregat halus yang berasal dari lereng gunung merapi masuk dalam spesifikasi persyaratan agregat.

5.1.3 Hasil Uji Berat Isi Padat

Pengujian berat isi padat dilakukan untuk mengetahui perbandingan berat antara agregat dengan volumenya dalam kondisi padat. Hasil pengujian berat isi padat agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

| No. | Uraian | Berat | Satuan |
|-----|---|-----------|--------------------|
| 1 | Berat tabung (W1) | 10800 | gr |
| 2 | Berat tabung + agregat kondisi jenuh (W2) | 19933,333 | gr |
| 3 | Berat agregat pasir (W3) | 9466.667 | gr |
| 4 | Diameter silinder (d) | 15 | cm |
| 5 | Tinggi silinder (t) | 30 | cm |
| 6 | Volume (V) = $1/4 * \pi * d^2 * t$ | 5301,438 | cm ³ |
| 7 | Berat isi gembur (W3/V) | 1,786 | gr/cm ³ |

Hasil pengujian berat isi padat agregat halus lereng gunung merapi yaitu sebesar 1,78 gr/cm³

5.1.4 Hasil Uji Modulus Halus Butir

Modulus halus butir adalah sebuah nilai yang dipakai untuk mengetahui ukuran kekasaran atau kehalusan butiran agregat. Semakin besar nilai modulus halus butir sebuah agregat menunjukkan semakin besar ukuran butir-butir agregat tersebut. Hasil pengujian Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

| Lubang Ayakan | Berat Tertinggal | Berat Tertinggal | Berat Tertinggal Kumulatif | Persen Lolos Kumulatif |
|---------------|------------------|------------------|----------------------------|------------------------|
| (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) |
| 40,00 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 20,00 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 10,00 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 4,80 | 2.667 | 0,133 | 0,133 | 99,867 |
| 2,40 | 127 | 6,337 | 6,470 | 93,530 |
| 1,20 | 325,667 | 16,251 | 22,721 | 77,279 |
| 0,60 | 425,667 | 21,241 | 43,962 | 56,038 |

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus (Lanjutan)

| Lubang Ayakan | Berat Tertinggal | Berat Tertinggal | Berat Tertinggal Kumulatif | Persen Lolos Kumulatif |
|---------------|------------------|------------------|----------------------------|------------------------|
| 0,30 | 365,000 | 18,214 | 62,176 | 37,824 |
| 0,15 | 342,000 | 17,066 | 79,242 | 20,758 |
| Sisa | 414,000 | 20,659 | 99,900 | 0,100 |
| Jumlah | 2002,000 | 99,900 | 314,604 | 0 |

Data hasil pengujian pada tabel diatas dapat digunakan untuk menghitung nilai modulus halus butir (MHB) agregat halus. Berikut perhitungan nilai modulus halus butir.

$$\begin{aligned} \text{Modulus halus butir} &= \frac{\text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{314,604}{100} = 3,146 \% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diperoleh nilai modulus halus butir agregat halus sebesar 3,146 %. Hasil tersebut dapat dijadikan acuan dalam menentukan daerah gradasi agregat halus dan diklasifikasikan ke dalam kategori jenis agregat halus. Nilai modulus halus butir yang diperoleh dari pengujian laboratorium memenuhi syarat sebagai pasir beton Menurut PUBI 1982 yang berada diantara nilai 2,2-3,2.

Ketentuan daerah gardasi agregat halus berdasarkan persentase berat butir yang lolos ayakan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Gradasi Pasir Menurut *British Standard*

| Lubang Ayakan (mm) | Presentase Berat Butir Lewat Ayakan | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|------|-----------|------|------------|------|-----------|------|
| | Daerah I | | Daerah II | | Daerah III | | Daerah IV | |
| | Bawah | Atas | Bawah | Atas | Bawah | Atas | Bawah | Atas |
| 10 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4.8 | 90 | 100 | 90 | 100 | 90 | 100 | 95 | 100 |
| 2.4 | 60 | 95 | 75 | 100 | 85 | 100 | 95 | 100 |
| 1.2 | 30 | 70 | 55 | 100 | 75 | 100 | 90 | 100 |
| 0.6 | 15 | 34 | 35 | 59 | 60 | 79 | 80 | 100 |
| 0.3 | 5 | 20 | 8 | 30 | 12 | 40 | 15 | 50 |
| 0.15 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 | 15 |

Keterangan :

Daerah I = pasir kasar,

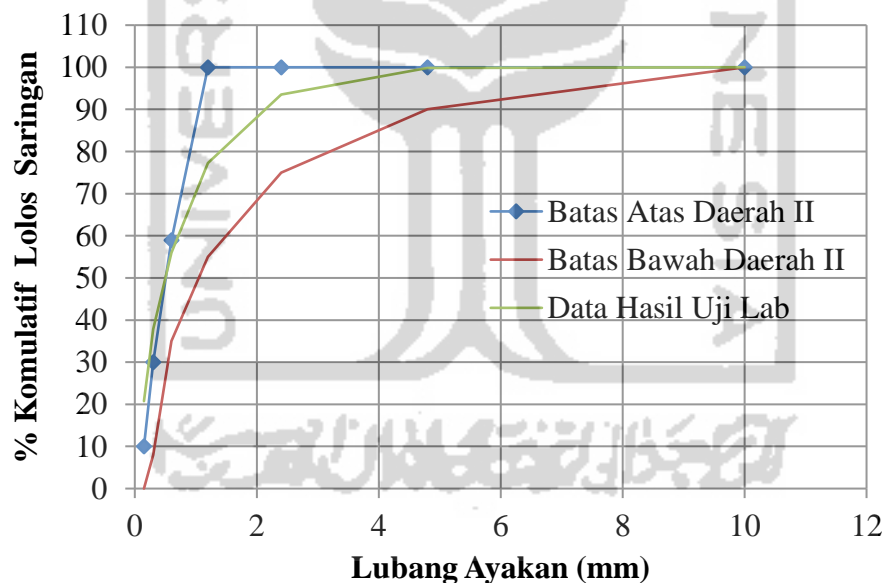
Daerah II = pasir agak kasar,

Daerah III = pasir halus,

Daerah IV = pasir agak halus.

Hasil pemeriksaan modulus halus butir agregat halus untuk menentukan pasir yang telah diperiksa masuk pada daerah gradasi tertentu. Gradasi pasir dapat mempresentasikan jenis pasir yang digunakan.

Hasil pemeriksaan pada modulus halus butir kemudian diplot pada daerah gradasi pasir pada Tabel 5.5. Berdasarkan cara tersebut diperoleh bahwa pasir yang digunakan tergolong ke dalam gradasi daerah II. Pasir yang masuk dalam gradasi daerah II merupakan kategori pasir agak kasar. Grafik gradasi pasir dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus

5.1.5 Hasil Uji Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur bertujuan untuk menentukan persentase kandungan lumpur dalam agregat halus sebagai syarat untuk bahan konstruksi. Hasil pemeriksaan kadar lumpur pasir dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kadar Lumpur

| No | Uraian | Berat | Satuan |
|----|---|---------|--------|
| 1 | Berat agregat halus kering oven (W1) | 500 | gr |
| 2 | Berat agregat halus kering oven setelah dicuci (W2) | 451,333 | gr |
| 3 | Kadar lumpur | 9,733 | % |

Menurut buku Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982), berat kadar lumpur maksimal untuk agregat yaitu:

- a. Untuk pasir maksimum 5% dan
- b. Untuk kerikil maksimum 1%.

Hasil pemeriksaan kadar lumpur pada Tabel 5.6 menunjukkan kandungan kadar lumpur yang ada dalam agregat halus lereng gunung merapi cukup tinggi dari syarat PUBI-1928 sebesar 9,733%, sehingga agregat halus tersebut harus dicuci dlu sebelum digunakan untuk pembuatan beton.

5.2 Hasil Pengujian Material Bata Ringan dan Bata Merah

Pengujian material bata ringan dan bata merah meliputi pengujian tekan, pengujian lentur dan pengujian geser.

5.2.1 Hasil Uji Tekan

Pengujian tekan material bata ringan dan bata merah bertujuan untuk mengetahui kemampuan material bata dalam menahan beban tekan maksimum sebelum runtuh. Benda uji material bata ringan dan bata merah dibuat berbentuk kubus.



a) Material Bata Merah

b) Material Bata Ringan

Gambar 5.2 Pengujian Kuat Tekan Material

Benda uji ditekan menggunakan alat yang disebut *Universal Testing Machine* (UTM) hingga mengalami keruntuhan. Dari hasil pengujian kuat tekan material bata merah dan bata ringan dapat diketahui kuat tekannya melalui perbandingan lurus antara beban maksimum dengan luas bidang tekan yang dinyatakan dalam N/mm^2 atau MPa. Perhitungan kuat tekan material bata ringan dan bata merah dapat dilihat pada contoh berikut.

$$\text{Panjang benda uji } (p) = 41 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar benda uji } (l) = 41 \text{ mm}$$

$$\text{Beban maksimum} = 2059,470 \text{ N}$$

Dari data di atas dapat dihitung kuat tekan material bata ringan dan bata merah sebagai berikut.

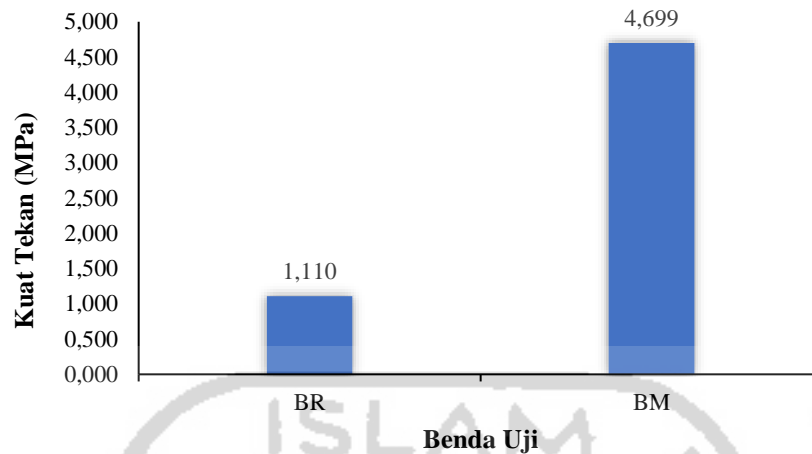
$$\begin{aligned} \text{Luas bidang tekan } (A) &= p \times l \\ &= 41 \times 41 \\ &= 1681 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan} &= \frac{P_{maks}}{A} \\ &= \frac{2059,470}{1681} = 1,225 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Hasil pengujian kuat tekan material bata ringan dan bata merah dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Material Bata Merah dan Bata Ringan

| No. | Kode Benda uji | Dimensi | | | Luas Permukaan (mm^2) | Beban Maks N | Kuat Tekan | |
|-----|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| | | p (mm) | l (mm) | t (mm) | | | Maks (Mpa) | Rerata (MPa) |
| 1 | BR01 | 41 | 41 | 41 | 1681 | 2059,470 | 1,225 | 1,110 |
| 2 | BR02 | 41 | 41 | 41 | 1681 | 1176,840 | 0,700 | |
| 3 | BR03 | 42 | 42 | 42 | 1764 | 1765,260 | 1,001 | |
| 4 | BR04 | 41 | 41 | 41 | 1681 | 2353,680 | 1,400 | |
| 5 | BR05 | 41 | 41 | 41 | 1681 | 2059,470 | 1,225 | |
| 6 | BM01 | 42 | 42 | 42 | 1764 | 9807,000 | 5,560 | 4,699 |
| 7 | BM02 | 41 | 41 | 41 | 1681 | 8532,090 | 5,076 | |
| 8 | BM03 | 41 | 41 | 41 | 1681 | 6570,690 | 3,909 | |
| 9 | BM04 | 40 | 41 | 41 | 1640 | 7747,530 | 4,724 | |
| 10 | BM05 | 42 | 42 | 42 | 1764 | 7453,320 | 4,225 | |



Gambar 5.3 Kuat Tekan Material Bata Merah dan Bata Ringan

Hasil Pengujian kuat tekan pada Tabel 5.7 dan Gambar 5.2 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan Material bata merah lebih tinggi yaitu sebesar 4,699 MPa dibandingkan dengan kuat tekan material bata ringan yang hanya sebesar 1,110 MPa. Hal ini disebabkan karena bata merah memiliki kepadatan yang cukup baik, sedangkan bata ringan memiliki porositas yang cukup besar sehingga kepadatannya kurang baik.

5.2.2 Hasil Uji Lentur

Pengujian lentur material bata ringan bertujuan untuk mengetahui kuat lentur dan defleksi maksimum yang terjadi sebelum material bata ringan mengalami keruntuhan. Metode pembebanan uji lentur ini menggunakan pembebanan 1 titik dimana jarak antara titik pembebanan ke tumpuan yaitu setengah dari panjang material bata ringan.



Gambar 5.4 Pengujian Kuat Lentur Bata Ringan

Perhitungan kuat lentur material bata ringan dan bata merah dapat dilihat pada contoh berikut.

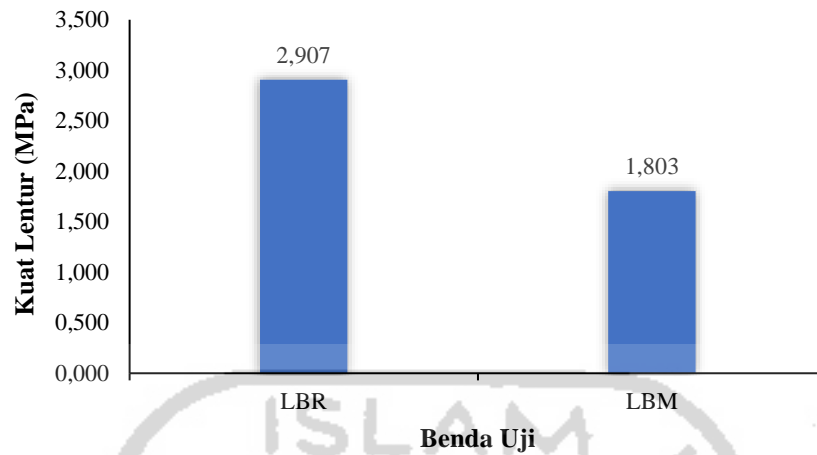
$$\begin{aligned} \text{Panjang benda uji } (p) &= 600 \text{ mm} \\ \text{Lebar benda uji } (l) &= 75 \text{ mm} \\ \text{Tinggi benda uji } (t) &= 200 \text{ mm} \\ \text{Beban maksimum} &= 6481,319 \text{ N} \\ \text{Jarak anatar tumpuan } (L) &= 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari data di atas dapat dihitung kuat lentur material bata ringan dan bata merah sebagai berikut.

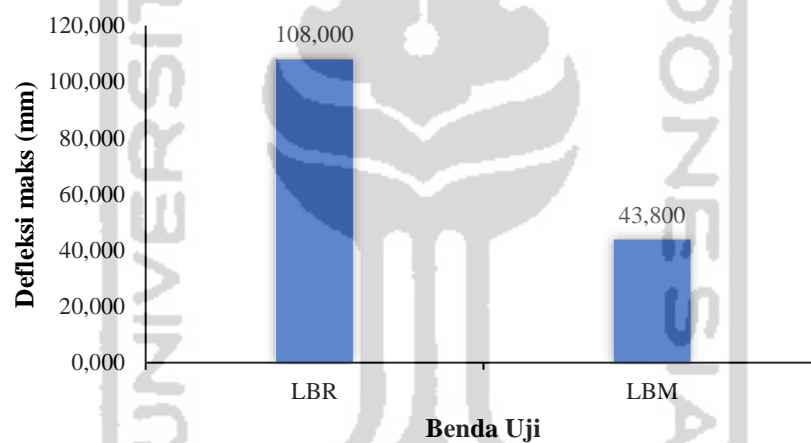
$$\begin{aligned} \text{Kuat Lentur } (f_{lt}) &= \frac{3PL}{2lt^2} \\ &= \frac{3 \times 6481,319 \times 400}{2 \times 75 \times 200^2} \\ &= 3,457 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kuat Lentur Material Bata Merah dan Bata Ringan

| No | Kode Benda Uji | Dimensi | | | L | Beban maks (N) | Devleksi | | Kuat Lentur | |
|----|----------------|---------|--------|--------|-----|----------------|-----------|-------------|-------------|--------------|
| | | p (mm) | l (mm) | t (mm) | | | Maks (mm) | Rerata (mm) | maks (MPa) | Rerata (MPa) |
| 1 | LBR1 | 600 | 200 | 75 | 400 | 6481,319 | 80 | 108,0 | 3,457 | 2,907 |
| 2 | LBR2 | 600 | 200 | 75 | 400 | 5990,969 | 130 | | 3,195 | |
| 3 | LBR3 | 600 | 200 | 75 | 400 | 6481,319 | 120 | | 3,457 | |
| 4 | LBR4 | 600 | 200 | 75 | 400 | 6285,179 | 130 | | 3,352 | |
| 5 | LBR5 | 600 | 200 | 75 | 400 | 2010,435 | 80 | | 1,072 | |
| 6 | LBM1 | 228 | 109 | 130 | 42 | 2975,316 | 42 | 43,8 | 1,163 | 1,803 |
| 7 | LBM2 | 217 | 100 | 130 | 40 | 5059,304 | 55 | | 2,466 | |
| 8 | LBM3 | 219 | 101 | 130 | 40 | 3833,429 | 42 | | 1,832 | |
| 9 | LBM4 | 218 | 101 | 130 | 40 | 5010,269 | 49 | | 2,394 | |
| 10 | LBM5 | 229 | 108 | 130 | 33 | 2288,826 | 31 | | 1,160 | |



Gambar 5.5 Kuat Lentur Material Bata Merah dan Bata Ringan



Gambar 5.6 Defleksi Material Bata Merah dan Bata Ringan

Hasil pengujian kuat lentur pada Tabel 5.8 menunjukkan bahwa kuat lentur material bata merah (LBR) rerata yaitu 2,907 MPa lebih tinggi dibandingkan dengan kuat lentur rerata bata merah (BR) yaitu 1,083 MPa. Demikian juga dengan defleksi rerata yang terjadi pada material bata ringan lebih tinggi yaitu sebesar 108 mm dibandingkan dengan defleksi yang terjadi pada material bata merah sebesar 43,8 mm.

5.2.3 Hasil Uji Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik material bata ringan dan bata merah bertujuan untuk mengetahui kuat tarik yang mampu di tahan oleh material bata ringan dan bata merah



a. Material bata ringan

b. Material bata merah

Gambar 5.7 Pengujian Kuat Tarik Material

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kuat Tarik Material

| No | Kode Benda Uji | Dimensi | | | Luas (mm ²) | Beban Maks (N) | Kuat Tarik | |
|----|----------------|---------|--------|--------|----------------------------|-------------------|------------|--------|
| | | P | L | T | | | Maks | Rerata |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | | | (MPa) | (MPa) |
| 1 | TMBM1 | 75,850 | 29,000 | 29,750 | 862,750 | 32,000 | 0,037 | 0,027 |
| 2 | TMBM2 | 76,850 | 31,200 | 29,750 | 928,200 | 18,700 | 0,020 | |
| 3 | TMBM3 | 76,000 | 30,000 | 29,200 | 876,000 | 19,500 | 0,022 | |
| 4 | TMBM4 | 77,000 | 31,700 | 29,200 | 925,640 | 29,000 | 0,031 | |
| 5 | TMBM5 | 76,250 | 30,250 | 28,150 | 851,538 | 18,500 | 0,022 | |
| 6 | TMBR1 | 74,550 | 29,350 | 27,200 | 798,320 | 35,500 | 0,044 | 0,030 |
| 7 | TMBR2 | 75,650 | 30,950 | 26,800 | 829,460 | 25,000 | 0,030 | |
| 8 | TMBR3 | 75,400 | 31,200 | 27,200 | 848,640 | 20,000 | 0,024 | |
| 9 | TMBR4 | 76,300 | 31,650 | 28,300 | 895,695 | 24,000 | 0,027 | |
| 10 | TMBR5 | 75,800 | 31,900 | 27,200 | 867,680 | 23,000 | 0,027 | |
| 11 | TBM1 | 82,550 | 29,000 | 43,300 | 1255,700 | 10,000 | 0,008 | 0,007 |
| 12 | TBM2 | 79,250 | 31,200 | 32,700 | 1020,240 | 8,000 | 0,008 | |
| 13 | TBM3 | 84,600 | 30,000 | 44,000 | 1320,000 | 6,500 | 0,005 | |
| 14 | TBM4 | 81,350 | 31,700 | 43,650 | 1383,705 | 8,500 | 0,006 | |
| 15 | TBM5 | 82,150 | 30,250 | 43,900 | 1327,975 | 7,500 | 0,006 | |
| 16 | TBR1 | 81,600 | 29,350 | 24,600 | 722,010 | 4,413 | 0,006 | 0,005 |
| 17 | TBR2 | 79,400 | 30,950 | 26,000 | 804,700 | 4,315 | 0,005 | |
| 18 | TBR3 | 79,650 | 31,200 | 26,750 | 834,600 | 4,609 | 0,006 | |
| 19 | TBR4 | 80,400 | 31,650 | 24,250 | 767,513 | 3,923 | 0,005 | |
| 20 | TBR5 | 84,000 | 31,900 | 25,500 | 813,450 | 3,236 | 0,004 | |

5.2.4 Hasil Uji Kuat Lekatan

Pengujian kuat lekatan materil bata ringan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kuat lekat yang terjadi antara mortar dengan material bata ringan.



a) Bata Ringan

b) Bata Merah

Gambar 5.8 Pengujian Kuat Lekatan Material

Perhitungan kuat lekatan material bata ringan dan bata merah dapat dilihat pada contoh berikut.

| | |
|--------------------------|-------------|
| Lebar benda uji (l) | = 41,9 mm |
| Tinggi benda uji (t) | = 41,9 mm |
| Beban maksimum | = 196,133 N |

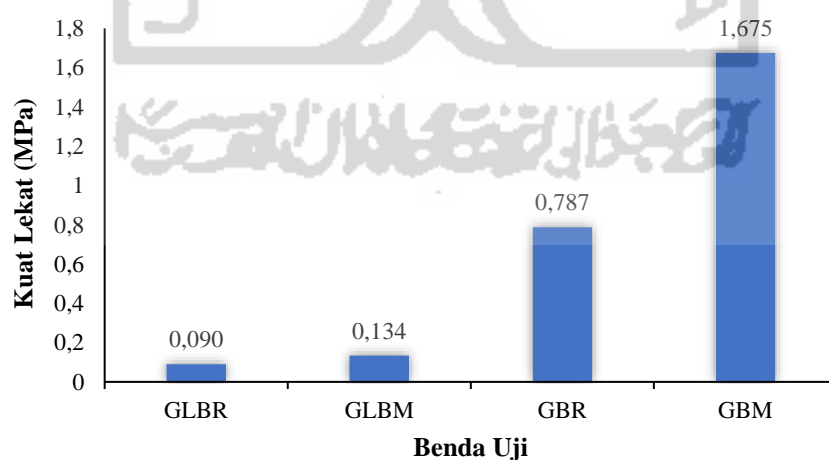
Dari data di atas dapat dihitung kuat lentur material bata ringan dan bata merah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Lekat } (f_{yh}) &= \frac{P}{2lt} \\
 &= \frac{196,133s}{2 \times 41,9 \times 41,9} \\
 &= 0,056 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian kuat lekat material bata ringan dan bata merah dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kuat Geser Lekatan dan Kuat Geser Material

| No | Kode benda uji | Lebar | Tinggi | Beban maksimal | | Kuat lekat (<i>fvh</i>) | |
|----|----------------|----------|----------|----------------|----------|---------------------------|--------|
| | | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>Pu</i> | | Maks | Rerata |
| | | (mm) | (mm) | (Kgf) | (N) | (MPa) | (MPa) |
| 1 | GLBR1 | 41,9 | 41,9 | 20 | 196,133 | 0,056 | 0,090 |
| 2 | GLBR2 | 42 | 42 | 35 | 343,233 | 0,097 | |
| 3 | GLBR3 | 39 | 40,5 | 22,5 | 220,650 | 0,070 | |
| 4 | GLBR4 | 42 | 43 | 27,5 | 269,683 | 0,075 | |
| 5 | GLBR5 | 39 | 41,5 | 50 | 490,333 | 0,151 | |
| 6 | GLBM1 | 51,2 | 50,1 | 10 | 98,067 | 0,019 | 0,134 |
| 7 | GLBM2 | 40,1 | 47,1 | 145 | 1421,964 | 0,376 | |
| 8 | GLBM3 | 46,7 | 50 | 47,5 | 465,816 | 0,100 | |
| 9 | GLBM4 | 50,1 | 48,2 | 42 | 411,879 | 0,085 | |
| 10 | GLBM5 | 49,4 | 50,3 | 45 | 441,299 | 0,089 | |
| 11 | GBR01 | 42 | 42 | 310 | 3040,062 | 0,862 | 0,787 |
| 12 | GBR02 | 39 | 41 | 362,5 | 3554,911 | 1,112 | |
| 13 | GBR03 | 40,7 | 42,4 | 180 | 1765,197 | 0,511 | |
| 14 | GBR04 | 41,3 | 42,3 | 112,5 | 1103,248 | 0,316 | |
| 15 | GBR05 | 41,8 | 43,5 | 420 | 4118,793 | 1,133 | |
| 16 | GBM01 | 42 | 45 | 645 | 6325,289 | 1,673 | 1,675 |
| 17 | GBM02 | 41 | 46,1 | 900 | 8825,985 | 2,335 | |
| 18 | GBM03 | 43,5 | 51,9 | 645 | 6325,289 | 1,401 | |
| 19 | GBM04 | 43 | 46,7 | 647,5 | 6349,806 | 1,581 | |
| 20 | GBM05 | 41,5 | 45 | 527,5 | 5173,008 | 1,385 | |



Gambar 5.9 Kuat Geser Lekatan Material Bata Ringan dan Bata Merah

Hasil pengujian kuat geser lekatan dan kuat geser material bata ringan dan bata merah pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.8 menunjukkan bahwa kuat geser rerata

lekatan bata merah yaitu 0.134 MPa, nilai ini lebih tinggi dibandingkan kuat geser lekatan bata ringan yang hanya 0.090 MPa. Demikian juga dengan kuat geser material bata merah lebih tinggi dibandingkan kuat geser material bata ringan. Dari keseluruhan pengujian kuat geser diatas ternyata kuat geser material bata merah lebih tinggi dibandingkan dengan kuat geser material atupun lekatan yang lain.

5.3 Hasil Pengujian Mortar

Pengujian mortar yang dilakukan berupa pengujian kuat tekan mortar. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan setelah berusia 28 hari. Jenis mortar yang diuji terdiri dari dua jenis yaitu mortar yang digunakan untuk perekat dinding bata ringan (MBR) dan mortar yang digunakan untuk perekat bata merah (MBM). Komposisi mortar bata ringan hanya terdiri dari semen khusus yang sudah ditambahkan agregat halus saat diproduksi di pabrik. Jadi saat proses pembuatan mortar tidak perlu penambahan agregat halus lagi. Untuk komposisi pembuatan mortar bata merah yaitu terdiri 1 semen : 5 pasir : 0,5 air. Setiap jenis mortar terdiri dari 5 buah benda uji yang dibuat berbentuk kubus dengan ukuran dimensi 5 cm x 5 cm x 5 cm.



Gambar 5.10 Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan mortar dari jenis bahan yang digunakan. Pengujian kuat tekan mortar menggunakan alat yang disebut *Universal Testing Machine* (UTM). Benda uji berupa kubus diberi beban menggunakan alat UTM hingga terjadi keruntuhan. Dari hasil pengujian kuat tekan mortar dapat diketahui melalui perbandingan lurus antara beban maksimum

dengan luasan bidang tekan yang dinyatakan dalam N/mm^2 atau MPa. Berikut ini adalah contoh perhitungan kuat tekan mortar.

$$\text{Panjang benda uji } (p) = 52 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar benda uji } (l) = 51 \text{ mm}$$

$$\text{Beban maksimum} = 37364,670 \text{ N}$$

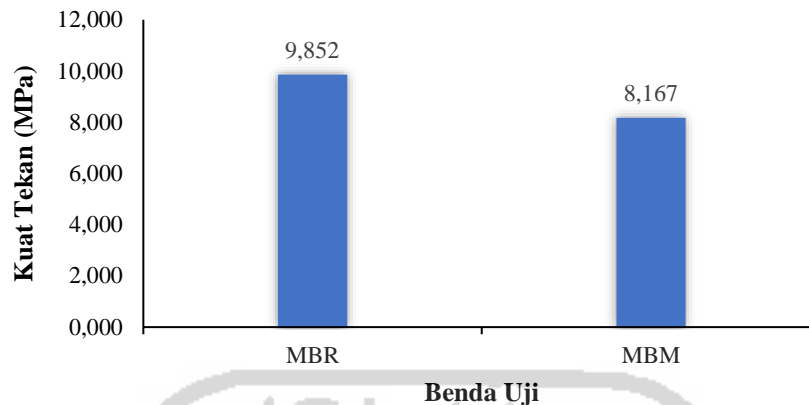
Dari data di atas dapat dihitung kuat tekan mortar sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang tekan } (A) &= p \times l \\ &= 52 \times 51 \\ &= 2652 \text{ mm}^2 \\ \text{Kuat tekan} &= \frac{P_{maks}}{A} \\ &= \frac{37364,670}{2652} \\ &= 14,089 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Hasil pengujian kuat tekan mortar secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 5.10

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Bata Merah dan Bata Ringan

| No. | Kode Benda uji | Dimensi | | | Luas Permukaan (mm^2) | Beban Maks (N) | Kuat Tekan | |
|-----|----------------|---------|------|------|----------------------------------|----------------|------------|--------------|
| | | p | l | t | | | Maks (MPa) | Rerata (MPa) |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | | | | |
| 1 | MBR01 | 52 | 51 | 50 | 2652 | 37364,670 | 14,089 | 9,852 |
| 2 | MBR02 | 53 | 52 | 51 | 2756 | 41189,400 | 14,945 | |
| 3 | MBR03 | 52 | 51 | 51 | 2652 | 32853,450 | 12,388 | |
| 4 | MBR04 | 50 | 50 | 50 | 2500 | 11229,015 | 4,492 | |
| 5 | MBR05 | 50 | 51 | 50 | 2550 | 8532,090 | 3,346 | |
| 6 | MBM01 | 52 | 51 | 50 | 2652 | 11179,980 | 4,216 | 8,167 |
| 7 | MBM02 | 52 | 51 | 51 | 2652 | 28538,370 | 10,761 | |
| 8 | MBM03 | 51 | 50 | 50 | 2550 | 23634,870 | 9,269 | |
| 9 | MBM04 | 51 | 51 | 50 | 2601 | 18633,300 | 7,164 | |
| 10 | MBM05 | 51 | 51 | 50 | 2601 | 24517,500 | 9,426 | |



Gambar 5.11 Kuat Tekan Mortar

5.4 Hasil Pengujian Kawat Galvanis

Pengujian kuat tarik kawat galvanis bertujuan untuk mengetahui seberapa besar gaya yang dapat ditahan oleh kawat sebelum putus. Hasil pengujian tarik kawat galvanis dapat dilihat pada Tabel 5.12.



Gambar 5.12 Pengujian Tarik Kawat Galvanis

Berikut ini adalah contoh perhitungan kuat tarik kawat galvanis.

Diameter benda uji = 1 mm

Beban maksimum = 32,5 N

Dari data di atas dapat dihitung kuat tekan mortar sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang kawat (A)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 1^2 \\
 &= 0,785 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tarik kawat} &= \frac{P_{maks}}{A} \\
 &= \frac{32,5}{0,785} \\
 &= 41,380 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tarik Kawat Galvanis

| No. | Benda Uji | Diameter | Luas | Beban Maks | Kuat Tarik Ultimate (fu) | | Kuat Tarik Leleh (fy) |
|-----|-----------|----------|--------------------|------------|--------------------------|--------|-----------------------|
| | | | | | Maks | Rerata | Rerata |
| | | (mm) | (mm ²) | (N) | (MPa) | (MPa) | (MPa) |
| 1 | TKG1 | 1 | 0,785 | 32,5 | 41,380 | 38,834 | 31,067 |
| 2 | TKG2 | 1 | 0,785 | 30 | 38,197 | | |
| 3 | TKG3 | 1 | 0,785 | 30 | 38,197 | | |
| 4 | TKG4 | 1 | 0,785 | 30 | 38,197 | | |
| 5 | TKG5 | 1 | 0,785 | 30 | 38,197 | | |

Hasil pengujian tarik kawat galvanis pada Tabel 5.11 menunjukkan bahwa gawat galvanis dengan diameter 1 mm hanya mampu menahan gaya tarik ultimate rerata 38,834 MPa sedangkan untuk kuat lelehnya sebesar 31,067 MPa. Dengan adanya penambahan kawat galvanis pada siar horizontal dinding bata ringan, diharapkan dapat menambah kekuatan lentur dinding tersebut.

5.5 Hasil Pengujian Kuat Lentur Dinding

Pengujian kuat lentur dinding dilakukan ketika benda uji berumur 28 hari atau lebih. Jumlah benda uji yaitu sebanyak 15 buah berukuran 1200 mm x 1200 mm x 75 mm. Benda uji terdiri dari 3 buah sampel dinding bata merah tanpa perkuatan (DBMP), 3 buah sampel dinding bata ringa tanpa perkuatan (DBRP), 3 buah sampel dinding bata ringan dengan perkuatan 1 kawat (DBR1K), 3 buah sampel dinding bata ringan dengan perkuatan 3 kawat (DBR3K), dan 3 buah sampel dinding bata ringan dengan perkuatan 5 kawat (DBR5K). Perkuatan yang dilakukan yaitu penambahan kawat pada setiap siar arah horizontal. Variasi benda uji untuk pengujian lentur dapat dilihat pada Tabel 5.12

Tabel 5.12 Kode Benda Uji Lentur Dinding

| No. | Kode | Keterangan | Jumlah | Jenis pengujian |
|-----|-------|--|--------|-----------------|
| 1 | DBM | Dinding Bata Merah | 3 | Uji kuat lentur |
| 2 | DBRTP | Dinding Bata Ringan Tanpa Perkuatan | 3 | Uji kuat lentur |
| 3 | DBR1K | Dinding Bata Ringan dengan perkuatan 1 Kawat | 3 | Uji kuat lentur |
| 4 | DBR3K | Dinding Bata Ringan dengan perkuatan 3 Kawat | 3 | Uji kuat lentur |
| 5 | DBR5K | Dinding Bata Ringan dengan perkuatan 5 Kawat | 3 | Uji kuat lentur |

Perbandingan campuran mortar pasangan dinding bata merah pada penelitian ini adalah 1Pc : 5Psr : 0,5Air, sedangkan untuk campuran mortar pasangan dinding bata ringan menggunakan semen khusus yang diproduksi oleh pabrik tanpa harus menambahkan pasir lagi. Semen khusus ini biasa disebut juga perekat bata ringan (*Thinder Mortar*). Perbandingan campuran mortar pasangan dinding bata ringan yaitu 1Pc : 0,25Air. Pengujian kuat lentur ini dilakukan untuk mengetahui kuat lentur dinding bata ringan tanpa perkuatan, kuat lentur dinding bata ringan dengan perkuatan yang kemudian dibandingkan dengan kuat lentur dinding bata merah. Pengujian dilakukan dengan metode satu titik pembebanan yang mengacu pada SNI 03-2823-1992. Data yang diperoleh dari pengujian yaitu berupa beban maksimum, defleksi yang terjadi pada saat beban maksimum dan juga keretakan yang terjadi. Perhitungan kuat lentur ini dilakukan berdasarkan rumus yang terdapat pada SNI 03-2823-1992.

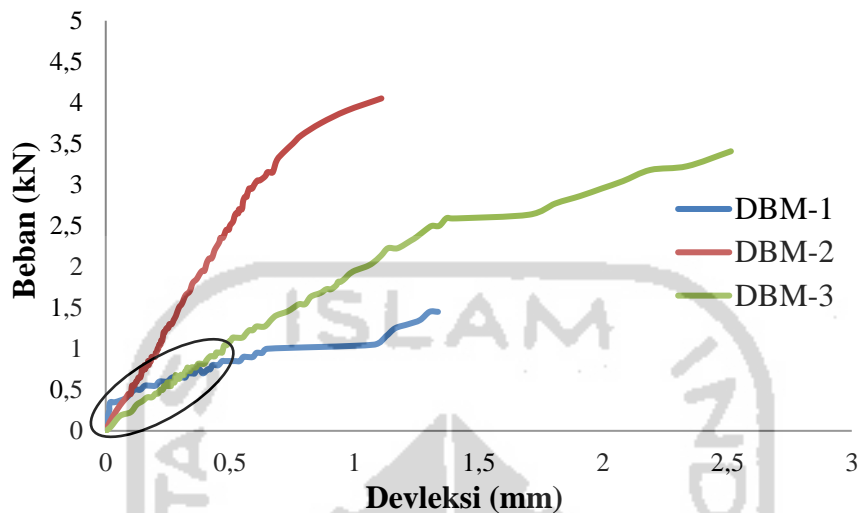
5.5.1 Hasil Pengujian Dinding DBM

Pengujian lentur dinding bata merah terdiri dari 3 buah sampel dinding dengan kode DMB1, DBM2 dan DBM3. Ukuran dimensi masing-masing benda uji yaitu 1200 mm x 1200 mm x 100 mm.

1. Data awal

Data yang didapat dari hasil pengujian lentur dinding bata merah yaitu berupa grafik hubungan antara beban dan deformasi yang perlu dikoreksi dari

data awal. Data awal hasil pengujian lentur dinding bata merah dapat dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Grafik Uji Lentur Dinding Bata Merah Sebelum Dikoreksi

Pada Gambar 5.2 bagian yang dilingkari adalah bagian yang diperlukan proses koreksi, hal ini dikarenakan pada bagian tersebut grafik belum menunjukkan perilaku linear.

2. Proses koreksi

Proses koreksi dilakukan untuk menentukan pada zona mana terjadi perilaku linear benda uji yang dikoreksi dari grafik hubungannya. Persamaan umum kurva linear yang digunakan yaitu.

$$y = ax + b \quad (5.1)$$

dengan :

y = gaya (kN),

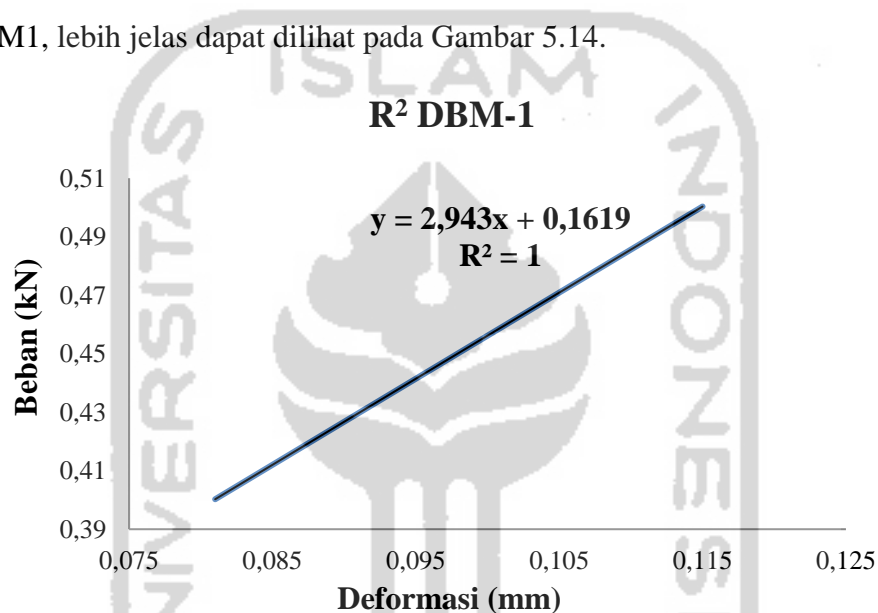
x = defleksi (mm),

a = angka kemiringan garis (N/mm), dan

b = Konstanta (N)

Garis pada data mentah dicari dengan melalui *trial* dan *error* secara observasi visual dan dilanjutkan secara numeris menggunakan nilai koreksi R^2 antara

deformasi (sumbu x) dan gaya (sumbu y). Menurut Algifari (2007) besarnya koefisien korelasi antara dua macam variabel adalah 0 sampai dengan ± 1 . Apabila dua buah variabel mempunyai nilai $r = 0$, berarti antara dua variabel tersebut tidak ada hubungan, sedangkan apabila dua variabel mempunyai nilai $r = \pm 1$, maka dua buah variabel tersebut mempunyai hubungan yang sempurna. Proses koreksi dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel* untuk benda uji lentur dinding bata merah dan dinding bata ringan. Untuk benda uji DBM1, lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Proses Koreksi

Proses pencarian garis dihentikan apabila garis pendekatan disusun beberapa titik mempunyai nilai R^2 paling tinggi atau kesesuaian yang paling sempurna (*best fit*). Dari gambar 5.3 diperoleh nilai $R^2 = 1$ dan mendapatkan garis sempurna dengan $a = 2,943$ dan $b = 0,1619$ atau dalam bentuk Persamaan (5.1) dapat ditulis.

$$y = 2,943x + 0,1619 \quad (5.2)$$

dengan :

$$R^2 = 1 \quad (5.3)$$

Dari hasil deteksi zona perilaku linearitas benda uji yang menggunakan bentuk dasar persamaan (5.1), nilai b dan a diolah untuk menentukan nilai pergeseran simpangan. Sebagai contoh pada Gambar 5.2 percobaan pengujian mengalami perpanjangan mekanis yang dikarenakan ketidak mantapan pemasangan benda uji sebelum menahan beban sepenuhnya sebesar d . Dengan demikian, bentuk umum persamaan (5.1) menjadi.

$$0 = ad + b \quad (5.4)$$

Sehingga ada pergeseran perpanjangan sebesar d , yaitu.

$$d = -b/a \quad (5.5)$$

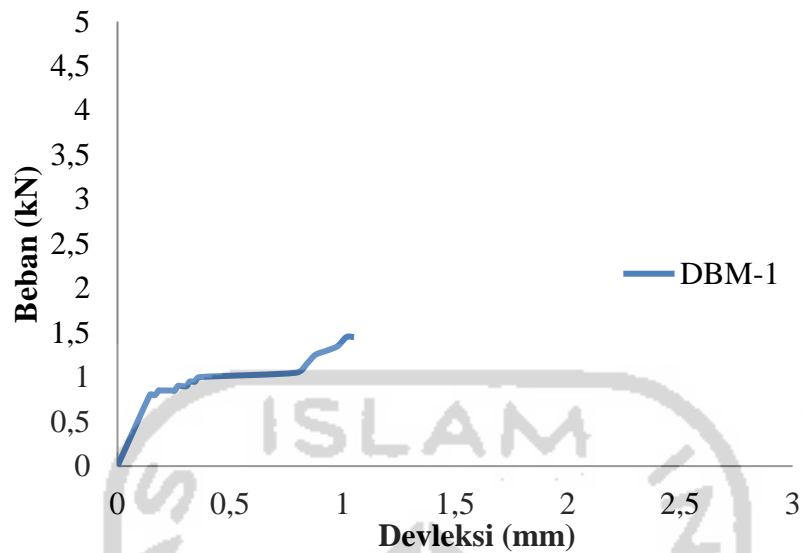
Untuk contoh benda uji yang mempunyai bentuk khusus pada persamaan (5.2), maka pergeseran perpanjangan d dapat dihitung, yaitu.

$$\begin{aligned} d &= 0,1619/2,943 \\ &= 0,0350 \end{aligned}$$

Untuk itulah, data mentah deformasi seluruh benda uji perlu dikoreksi menggunakan pergeseran balik sebesar d .

3. Hasil kurva terkoreksi

Setelah dilakukan pergeseran balik simpangan atau deformasi dengan menerapkan prinsip linieritas pada bagian awal kurva, maka hasil pengolahan data yang merupakan hasil penelitian berupa grafik hubungan antara beban dan deformasi dapat dibuat lebih realistis, untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Hasil Koreksi

1. Perhitungan kuat lentur dinding bata merah

Perhitungan kuat lentur dinding bata merah dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut.

| | |
|-----------------------------|---------------------|
| Jarak antar tumpuan (L) | = 1100 mm |
| Lebar benda uji (l) | = 1200 mm |
| Tinggi benda uji (t) | = 100 mm |
| Beban maksimum (P) | = 1,451 kN = 1451 N |

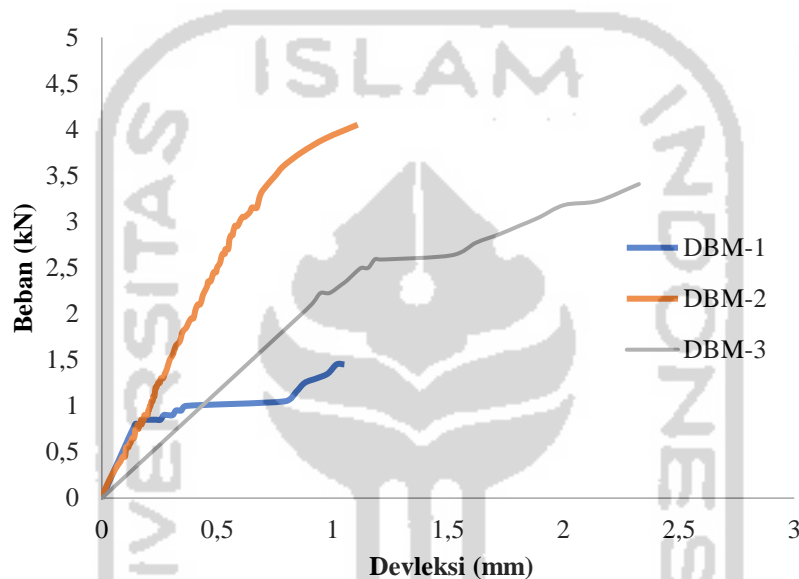
Dari data di atas dapat dihitung kuat lentur dinding bata merah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Lentur } (f_i) &= \frac{3PL}{2lt^2} \\
 &= \frac{3 \times 1451 \times 1100}{2 \times 1200 \times 100^2} \\
 &= 0,199 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian dan perhitungan dinding bata merah dapat dilihat pada Tabel 5.13

Tabel 5.13 Kuat Lentur Dinding Bata Merah

| No. | Benda Uji | Dimensi | | | L (mm) | Beban (P) | | Defleksi (Δ) | | Kuat Lentur (ft) | | Keterangan |
|-----|-----------|---------|------|------|-------------|---------------|--------|-----------------------|--------|------------------|--------|-------------|
| | | p | l | t | | Maks | Rerata | Maks | Rerata | Maks | Rerata | |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | | (kN) | (kN) | (mm) | (mm) | (MPa) | (MPa) | |
| 1 | DBM-1 | 1200 | 1200 | 100 | 1100 | 1,451 | | 1,336 | | 0,199 | | Retak pusat |
| 2 | DBM-2 | 1200 | 1200 | 100 | 1100 | 4,053 | 2,970 | 1,109 | 1,653 | 0,557 | 0,408 | Retak pusat |
| 3 | DBM-3 | 1200 | 1200 | 100 | 1100 | 3,408 | | 2,514 | | 0,469 | | Retak pusat |



Gambar 5.16 Grafik Uji Lentur Dinding Bata Merah

Pada Tabel 5.13 menunjukkan bahwa kuat beban maksimum rata-rata yang dapat ditahan oleh dinding sebelum runtuh yaitu sebesar 2,970 kN dan defleksi rerata sebesar 1,653 mm. Untuk kuat lentur rerata dinding bata merah sebesar 0,408 MPa dengan tipe kerusakan yaitu retak pada tengah bentang.

2. Perhitungan kapasitas momen dinding bata merah

Pehitungan kapasitas momen dinding bata merah dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut.

$$\text{Jarak antar tumpuan } (L) = 1100 \text{ mm}$$

$$\text{Beban maksimum } (P) = 1,451 \text{ kN} = 1451 \text{ N}$$

Dari data di atas dapat dihitung kuat lentur material bata ringan dan bata merah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kuat Lentur } (f_{it}) &= \frac{PL}{4} \\ &= \frac{1451 \times 1100}{4} \\ &= 398997,225 \text{ Nmm} \\ &= 0,399 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kapasitas momen dinding bata merah dapat dilihat pada Tabel 5.14

Tabel 5.14 Kapasitas Momen Dinding Bata Merah

| No. | Benda Uji | Dimensi | | | L (mm) | Beban | | Kapasitas momen | | |
|-----|-----------|---------|------|------|-----------|-------|--------|-----------------|------------|-------|
| | | p | l | t | | Maks | Rerata | Maks | Rerata | |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | | (kN) | (kN) | Nmm | Nmm | kNm |
| 1 | DBM-1 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 1,451 | 2,970 | 398997,225 | 816886,125 | 0,817 |
| 2 | DBM-2 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 4,053 | | 1114440,525 | | |
| 3 | DBM-3 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 3,408 | | 937220,625 | | |

3. Pola keruntuhan dinding bata merah

Pola kerusakan dinding bata ringan perkuatan 1 kawat dapat dilihat pada Gambar 5.17.



a. DBM-1

b. DBM-2

c. DBM-3

Gambar 5.17 Pola Keruntuhan Dinding Bata Merah

5.5.2 Hasil Pengujian Dinding DBRTP

Pengujian dinding bata ringan tanpa perkuatan (DBRTP) berjumlah 3 buah dengan kode DBRTP-1, DBRTP-2 dan DBRTP-3. Ukuran dimensi masing-masing benda uji yaitu 1200 mm x 1200 mm x 75 mm.

1. Perhitungan kuat lentur dinding bata ringan tanpa perkuatan

Perhitungan kuat lentur dinding bata ringan tanpa perkuatan dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar tumpuan } (L) &= 1100 \text{ mm} \\ \text{Lebar benda uji } (l) &= 1200 \text{ mm} \\ \text{Tinggi benda uji } (t) &= 75 \text{ mm} \\ \text{Beban maksimum } (P) &= 1,551 \text{ kN} = 1,551 \text{ N} \end{aligned}$$

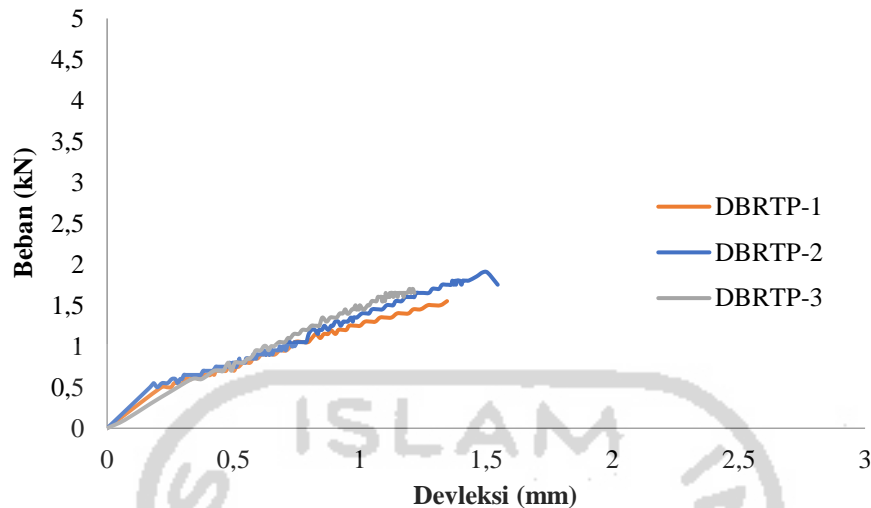
Dari data di atas dapat dihitung kuat lentur dinding bata merah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kuat Lentur } (f_{it}) &= \frac{3PL}{2lt^2} \\ &= \frac{3 \times 1,551 \times 1100}{2 \times 1200 \times 75^2} \\ &= 0,379 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Hasil pengujian dan perhitungan kuat lentur dinding bata ringan tanpa perkuatan dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Kuat Lentur Dinding Bata Ringan Tanpa Perkuatan

| No. | Benda Uji | Dimensi | | | L | Beban | | Defleksi | | Kuat Lentur | | Keterangan |
|-----|-----------|---------|------|------|------|-------|--------|----------|--------|-------------|--------|-------------|
| | | p | l | t | | Maks | Rerata | Maks | Rerata | Maks | Rerata | |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | | (kN) | (kN) | (mm) | (mm) | (MPa) | (MPa) | |
| 1 | DBRTP-1 | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 1,551 | | 1,346 | | 0,379 | | Retak pusat |
| 2 | DBRTP-2 | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 1,901 | 1,718 | 1,546 | 1,369 | 0,465 | 0,420 | Retak pusat |
| 3 | DBRTP-3 | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 1,701 | | 1,217 | | 0,416 | | Retak pusat |



Gambar 5.18 Grafik Uji Lentur Dinding Bata Ringan Tanpa Perkuatan

Pada Tabel 5.15 menunjukkan bahwa kuat beban maksimum rata-rata yang dapat ditahan oleh dinding sebelum runtuh yaitu sebesar 1,718 kN dan defleksi rerata sebesar 1,369 mm. Untuk kuat lentur rerata dinding bata ringan tanpa perkuatan sebesar 0,420 Mpa dengan tipe kerusakan yaitu retak pada tengah bentang.

2. Perhitungan kapasitas momen dinding bata ringan tanpa perkuatan

Pehitungan kapasitas momen dinding bata ringan dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut.

$$\text{Jarak antar tumpuan } (L) = 1100 \text{ mm}$$

$$\text{Beban maksimum } (P) = 1,551 \text{ kN} = 1551 \text{ N}$$

Dari data di atas dapat dihitung kapasitas momen dinding bata ringan tanpa perkuatan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas momen} &= \frac{PL}{4} \\ &= \frac{1551 \times 1100}{4} \\ &= 426514,275 \text{ Nmm} \\ &= 0,427 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kapasitas momen dinding bata ringan tanpa perkuatan dapat dilihat pada Tabel 5.16

Tabel 5.16 Kapasitas Momen Dinding Bata Ringan Tanpa Perkuatan

| No. | Benda Uji | Dimensi | | | L | Beban | | Kapasitas momen | | |
|-----|-----------|---------|------|------|------|-------|--------|-----------------|------------|-------|
| | | p | l | t | | Maks | Rerata | Maks | Rerata | |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | | (mm) | (kN) | (kN) | Nmm | Nmm |
| 1 | DBRTP-1 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 1,551 | 1,718 | 426514,275 | 472376,025 | 0,472 |
| 2 | DBRTP-2 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 1,901 | | 522823,950 | | |
| 3 | DBRTP-3 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 1,701 | | 467789,850 | | |

3. Pola kerusakan

Pola kerusakan dinding bata ringan perkuatan 1 kawat dapat dilihat pada Gambar 5.19.



a. DBRTP-1

b. DBRTP-2

c. DBRTP-3

Gambar 5.19 Pola Keruntuhan Dinding Bata Ringan Tanpa Perkuatan

5.5.3 Hasil Pengujian Dinding DBR1K

Pengujian dinding bata ringan dengan perkuatan 1 kawat (DBR1K) berjumlah 3 buah dengan kode DBR1K-1, DBR1K-2 dan DBR1K-3. Ukuran dimensi masing-masing benda uji yaitu 1200 mm x 1200 mm x 75 mm.

1. Perhitungan kuat lentur dinding bata ringan perkuatan 1 kawat

Perhitungan kuat lentur dinding bata ringan perkuatan 1 kawat dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut.

| | |
|-----------------------------|---------------------|
| Jarak antar tumpuan (L) | = 1100 mm |
| Lebar benda uji (l) | = 1200 mm |
| Tinggi benda uji (t) | = 75 mm |
| Beban maksimum (P) | = 1,451 kN = 1451 N |

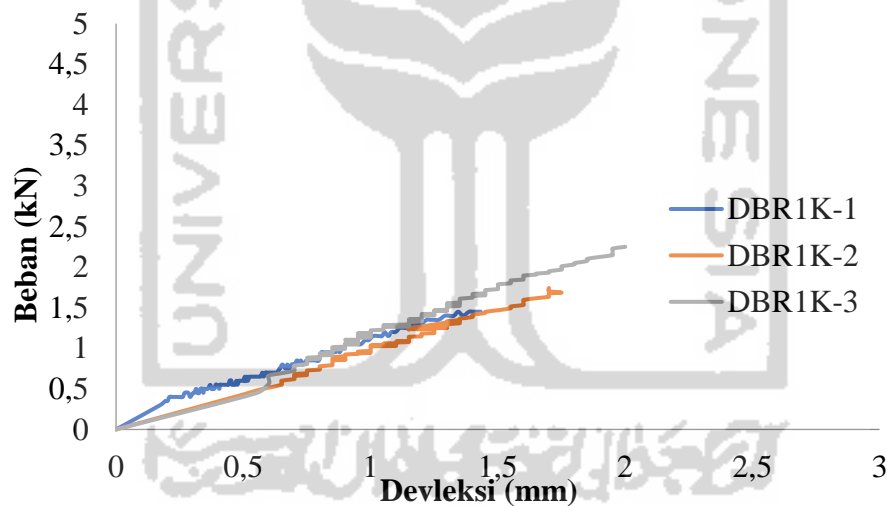
Dari data di atas dapat dihitung kuat lentur dinding bata merah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kuat Lentur } (f_{it}) &= \frac{3PL}{2lt^2} \\ &= \frac{3 \times 1451 \times 1100}{2 \times 1200 \times 75^2} \\ &= 0,355 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Hasil pengujian dan perhitungan kuat lentur dinding bata ringan perkuatan 1 kawat dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Kuat Lentur Dinding Bata Ringan Perkuatan 1 Kawat

| No. | Benda Uji | Dimensi | | | L | Beban | | Defleksi | | Kuat Lentur | | Keterangan |
|-----|-----------|---------|------|------|------|-------|--------|----------|--------|-------------|--------|-------------|
| | | p | l | t | | Maks | Rerata | Maks | Rerata | Maks | Rerata | |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | | (kN) | (kN) | (mm) | (mm) | (MPa) | (MPa) | |
| 1 | DBR1K-1 | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 1,451 | 1,734 | 1,495 | 1,811 | 0,355 | 0,424 | Retak pusat |
| 2 | DBR1K-2 | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 1,751 | | 1,687 | | 0,428 | | Retak pusat |
| 3 | DBR1K-3 | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 2,001 | | 2,250 | | 0,489 | | Retak pusat |



Gambar 5.20 Grafik Uji Lentur Dinding Bata Ringan Perkuatan 1 Kawat

Pada Tabel 5.17 menunjukkan bahwa kuat beban maksimum rata-rata yang dapat ditahan oleh dinding sebelum runtuh yaitu sebesar 1,734 kN dan defleksi rerata sebesar 1,811 mm. Untuk kuat lentur rerata dinding bata ringan tanpa perkuatan sebesar 0,424 Mpa dengan tipe kerusakan yaitu retak pada tengah bentang.

2. Perhitungan kapasitas momen dinding bata ringan perkuatan 1 kawat

Perhitungan kapasitas momen dinding bata ringan perkuatan 1 kawat dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut.

$$\text{Jarak antar tumpuan } (L) = 1100 \text{ mm}$$

$$\text{Beban maksimum } (P) = 1,451 \text{ kN} = 1451 \text{ N}$$

Dari data di atas dapat dihitung kapasitas momen dinding bata ringan perkuatan 1 kawat sebagai berikut

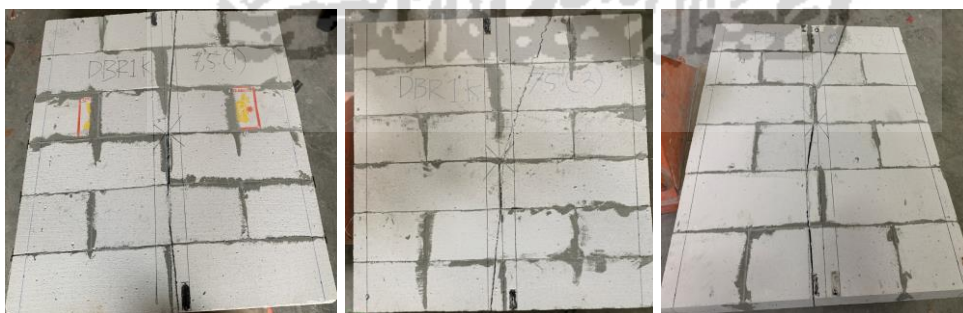
$$\begin{aligned} \text{Kapasitas momen} &= \frac{PL}{4} \\ &= \frac{1451 \times 1100}{4} \\ &= 398997,225 \text{ Nmm} \\ &= 0,399 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tabel 5.18 Kapasitas Momen Dinding Bata Ringan Perkuatan 1 kawat

| No. | Benda Uji | Dimensi | | | L (mm) | Beban | | Kapasitas momen | | |
|-----|-----------|---------|------|------|-------------|-------|--------|-----------------|------------|-------|
| | | p | l | t | | Maks | Rerata | Maks | Rerata | |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | | (kN) | (kN) | Nmm | Nmm | kNm |
| 1 | DBR1K-1 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 1,451 | 1,734 | 398997,225 | 476962,200 | 0,477 |
| 2 | DBR1K-2 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 1,751 | | 481548,375 | | |
| 3 | DBR1K-3 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 2,001 | | 550341,000 | | |

3. Pola keruntuhan dinding bata ringan perkuatan 1 kawat

Pola kerusakan dinding bata ringan perkuatan 1 kawat dapat dilihat pada Gambar 5.21.



a. DBR1K-1

b. DBR1K-2

c. DBR1K-3

Gambar 5.21 Pola Keruntuhan Dinding Bata Ringan Perkuatan 1 kawat

5.5.4 Hasil Pengujian Dinding DBR3K

Pengujian dinding bata ringan dengan perkuatan 3 kawat (DBR3K) berjumlah 3 buah dengan kode DBR3K-1, DBR3K-2 dan DBR3K-3. Ukuran dimensi masing-masing benda uji yaitu 1200 mm x 1200 mm x 75 mm.

1. Perhitungan kuat lentur dinding bata ringan perkuatan 3 kawat

Perhitungan kuat lentur dinding bata ringan perkuatan 1 kawat dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar tumpuan } (L) &= 1100 \text{ mm} \\ \text{Lebar benda uji } (l) &= 1200 \text{ mm} \\ \text{Tinggi benda uji } (t) &= 75 \text{ mm} \\ \text{Beban maksimum } (P) &= 1,951 \text{ kN} = 1951 \text{ N} \end{aligned}$$

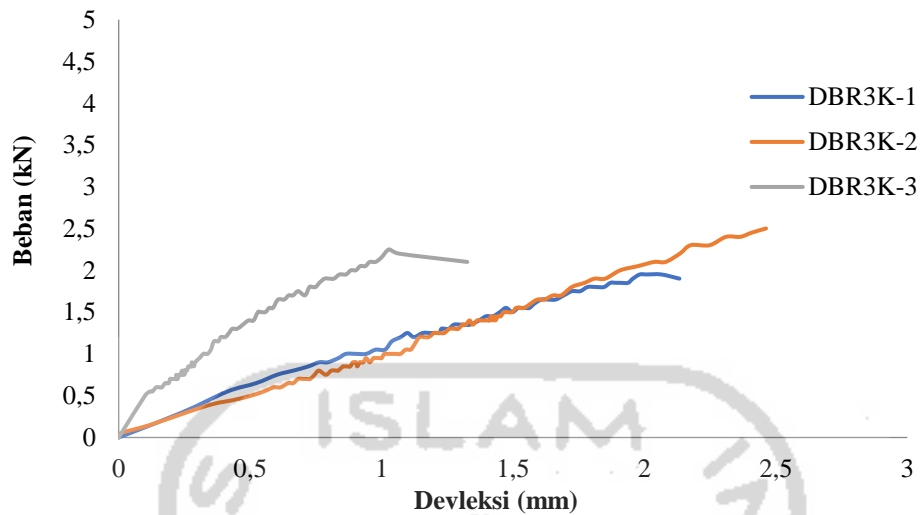
Dari data di atas dapat dihitung kuat lentur dinding bata merah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kuat Lentur } (f_{lt}) &= \frac{3PL}{2lt^2} \\ &= \frac{3 \times 1951 \times 1100}{2 \times 1200 \times 75^2} \\ &= 0,477 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Hasil pengujian dan perhitungan dinding bata ringan perkuatan 3 kawat dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Kuat Lentur Dinding Bata Ringan Perkuatan 3 Kawat

| No. | Benda Uji | Dimensi | | | L | Beban | | Defleksi | | Kuat Lentur | | Keterangan |
|-----|-----------|---------|------|------|------|-------|--------|----------|--------|-------------|--------|-------------|
| | | p | l | t | | Maks | Rerata | Maks | Rerata | Maks | Rerata | |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (kN) | (kN) | (mm) | (mm) | (MPa) | (MPa) | |
| 1 | DBR3K-1 | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 1,951 | | 2,133 | | 0,477 | | Retak pusat |
| 2 | DBR3K-2 | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 2,502 | 2,235 | 2,463 | 1,875 | 0,611 | 0,546 | Retak pusat |
| 3 | DBR3K-3 | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 2,251 | | 1,029 | | 0,550 | | Retak pusat |



Gambar 5.22 Grafik Uji Lentur Dinding Bata Ringan Perkuatan 3 Kawat

Pada Tabel 5.19 menunjukkan bahwa kuat beban maksimum rata-rata yang dapat ditahan oleh dinding sebelum runtuh yaitu sebesar 2,235 kN dan defleksi rerata sebesar 1,875 mm. Untuk kuat lentur dinding bata ringan tanpa perkuatan sebesar 0,546 Mpa dengan tipe kerusakan yaitu retak pada tengah bentang.

2. Perhitungan kapasitas momen dinding bata ringan perkuatan 3 kawat

Perhitungan kapasitas momen dinding bata ringan perkuatan 3 kawat dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut.

$$\text{Jarak antar tumpuan } (L) = 1100 \text{ mm}$$

$$\text{Beban maksimum } (P) = 1,951 \text{ kN} = 1951 \text{ N}$$

Dari data di atas dapat dihitung kapasitas momen dinding bata ringan perkuatan 3 kawat sebagai berikut

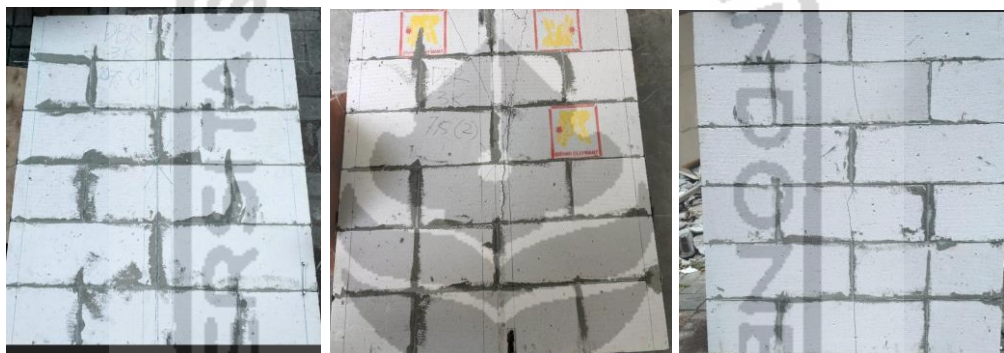
$$\begin{aligned} \text{Kapasitas momen} &= \frac{PL}{4} \\ &= \frac{1951 \times 1100}{4} \\ &= 398997,225 \text{ Nmm} \\ &= 0,399 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tabel 5.20 Kapasitas Momen Dinding Bata Ringan Perkuatan 3 kawat

| No. | Benda Uji | Dimensi | | | L | Beban | | Kapasitas momen | | |
|-----|-----------|---------|------|------|------|-------|--------|-----------------|------------|-------|
| | | p | l | t | | Maks | Rerata | Maks | Rerata | |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | | (kN) | (kN) | Nmm | Nmm | kNm |
| 1 | DBR3K-1 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 1,951 | 2,235 | 536582,475 | 614547,450 | 0,615 |
| 2 | DBR3K-2 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 2,502 | | 687926,250 | | |
| 3 | DBR3K-3 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 2,251 | | 619133,625 | | |

3. Pola keruntuhan dinding bata ringan perkuatan 3 kawat

Pola kerusakan dinding bata ringan perkuatan 3 kawat dapat dilihat pada Gambar 5.23.



a. DBR3K-1

b. DBR3K-2

c. DBR3K-3

Gambar 5.23 Pola Keruntuhan Dinding Bata Ringan Perkuatan 3 kawat

5.5.5 Hasil Pengujian Dinding DBR5K

Pengujian dinding bata ringan dengan perkuatan 5 kawat (DBR5K) berjumlah 3 buah dengan kode DBR5K-1, DBR5K-2 dan DBR5K-3. Ukuran dimensi masing-masing benda uji yaitu 1200 mm x 1200 mm x 75 mm.

1. Perhitungan kuat lentur dinding bata ringan perkuatan 5 kawat

Perhitungan kuat lentur dinding bata ringan perkuatan 5 kawat dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut.

$$\text{Jarak antar tumpuan } (L) = 1100 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar benda uji } (l) = 1200 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi benda uji } (t) = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Beban maksimum } (P) = 2,101 \text{ kN} = 2101 \text{ N}$$

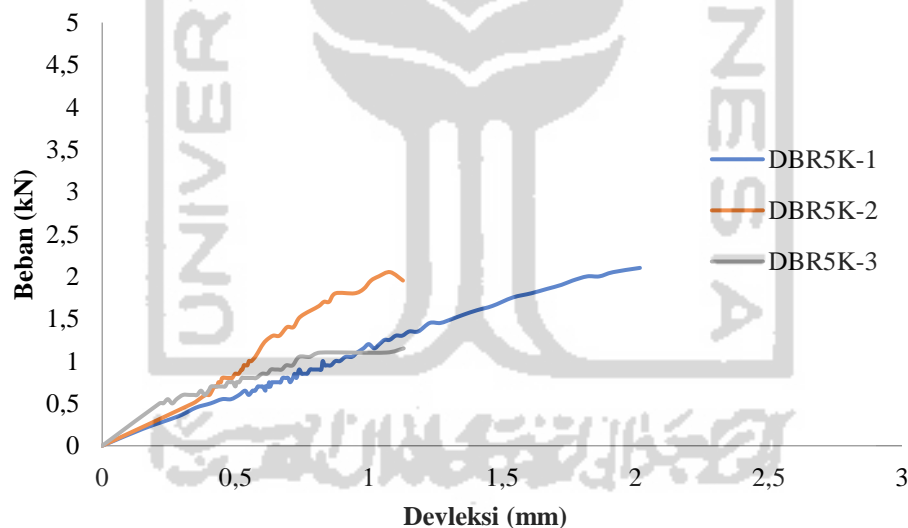
Dari data di atas dapat dihitung kuat lentur dinding bata merah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Lentur } (f_{lt}) &= \frac{3PL}{2lt^2} \\
 &= \frac{3 \times 2101 \times 1100}{2 \times 1200 \times 75^2} \\
 &= 0,514 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian dan perhitungan dinding bata ringan perkuatan 5 kawat dapat dilihat pada Tabel 5.21

Tabel 5.21 Kuat Lentur Dinding Bata Ringan Perkuatan 5 Kawat

| No. | Benda Uji | Dimensi | | | L (mm) | Beban | | Defleksi | | Kuat Lentur | | Keterangan |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|-------------|
| | | p (mm) | l (mm) | t (mm) | | Maks (kN) | Rerata (kN) | Maks (mm) | Rerata (mm) | Maks (MPa) | Rerata (MPa) | |
| | | 1 | DBR5K-1 | 1200 | | 1200 | 75 | 1100 | 2,101 | 1,768 | 2,017 | |
| 2 | DBR5K-2 | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 2,051 | 1,768 | 1,080 | 1,409 | 0,501 | 0,432 | Retak pusat |
| 3 | DBR5K-3 | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 1,151 | 1,768 | 1,131 | 1,409 | 0,281 | 0,432 | Retak pusat |



Gambar 5.24 Grafik Uji Lentur Dinding Bata Ringan Perkuatan 5 Kawat

Pada Tabel 5.21 menunjukkan bahwa kuat beban maksimum rata-rata yang dapat ditahan oleh dinding sebelum runtuh yaitu sebesar 1,768 kN dan defleksi rerata sebesar 1,409 mm. Untuk kuat lentur dinding bata ringan tanpa perkuatan sebesar 0,432 Mpa dengan tipe kerusakan yaitu retak pada tengah bentang.

2. Perhitungan kapasitas momen dinding bata ringan perkuatan 5 kawat

Perhitungan kapasitas momen dinding bata ringan perkuatan 5 kawat dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut.

$$\text{Jarak antar tumpuan } (L) = 1100 \text{ mm}$$

$$\text{Beban maksimum } (P) = 1,951 \text{ kN} = 1951 \text{ N}$$

Dari data di atas dapat dihitung kapasitas momen dinding bata ringan perkuatan 5 kawat sebagai berikut

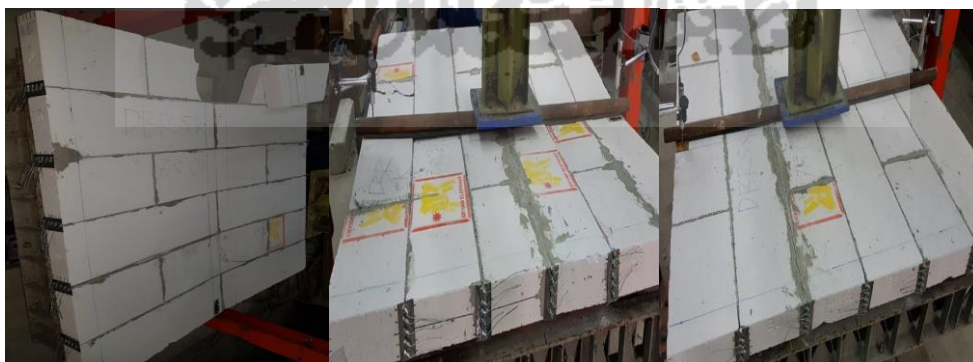
$$\begin{aligned} \text{Kapasitas momen} &= \frac{PL}{4} \\ &= \frac{2101 \times 1100}{4} \\ &= 577858,050 \text{ Nmm} \\ &= 0,578 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tabel 5.22 Kapasitas Momen Dinding Bata Ringan Perkuatan 5 kawat

| No. | Benda Uji | Dimensi | | | L (mm) | Beban | | Kapasitas momen | | |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------------|-----------------|---------------|-------|
| | | p (mm) | l (mm) | t (mm) | | Maks (kN) | Rerata (kN) | Maks Nmm | Rerata Nmm | kNm |
| | | 1 | DBR5K-1 | 1200 | | 1200 | 45 | 1100 | 2,101 | |
| 2 | DBR5K-2 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 2,051 | 1,768 | 564099,525 | 486134,550 | 0,486 |
| 3 | DBR5K-3 | 1200 | 1200 | 45 | 1100 | 1,151 | | 316446,075 | | |

3. Pola keruntuhan dinding bata ringan perkuatan 5 kawat

Pola kerusakan dinding bata ringan perkuatan 5 kawat dapat dilihat pada Gambar 5.25.



a. DBR5K-1

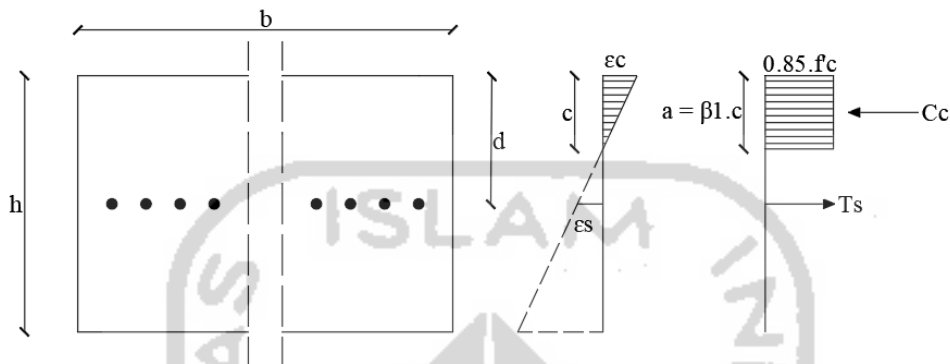
b. DBR5K-2

c. DBR5K-3

Gambar 5.25 Pola Keruntuhan Dinding Bata Ringan Perkuatan 5 Kawat

5.5.6 Perhitungan Beban Maksimum Secara Analisis

Perhitungan beban maksimum secara analisis untuk tulangan kawat tunggal menggunakan rumus persamaan 3.17 sampai persamaan 3.25



Gambar 5.26 Perhitungan Beban Maksimum Tulangan Kawat Tunggal

| | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Tebal dinding (T) | = 75 mm |
| Lebar dinding (B) | = 1200 |
| Panjang bentang (L) | = 1100 mm |
| Kuat tekan bata ringan ($f'c$) | = 1,11 MPa |
| Kuat tarik bata ringan (ft) | = 0,005MPa |
| Kuat tarik leleh kawat (fy) | = 31,067 MPa |
| Diameter kawat (d) | = 1 mm |
| Jarak antar kawat | = 200 mm |
| Jumlah tulangan (n) | = $\frac{1200}{200} = 6$ buah |

dikarenakan jarak kawat ke tepi dinding sebesar 200 mm maka jumlah kawat (n) yg digunakan sebanyak 5 buah diameter 1 mm

$$\begin{aligned}
 A_s &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= 5 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 1^2 \\
 &= 3,927 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Desak} = \text{Tarik}$$

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f'c \times a \times b = A_s \times f_y$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\
 &= \frac{3,927 \times 31,067}{0,85 \times 1,11 \times 1200} \\
 &= 0,108 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Letak garis netral (C)} &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{0,108}{0,85} \\
 &= 0,127 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol tegangan tarik } (\varepsilon_s) &= \varepsilon_c \times \frac{d-c}{c} \\
 &= 0,003 \times \frac{37,5-0,127}{0,127} \\
 &= 0,883 \\
 \text{Tegangan tarik kawat} &= \varepsilon_s \times E_s \\
 &= 0,883 \times 200000 \\
 &= 176600 \text{ MPa, } f_s > f_y \text{ (tulangan tarik sudah leleh)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen lentur maksimum (Mn)} &= A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= 3,927 \times 31,067 \times \left(37,5 - \frac{0,108}{2}\right) \\
 &= 4568,420 \text{ Nmm} \\
 &= 0,004568 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Momen lentur maksimum (Mn)} = \frac{1}{4} \times P \times L$$

$$0,0045664 = \frac{1}{4} \times P \times 1,1$$

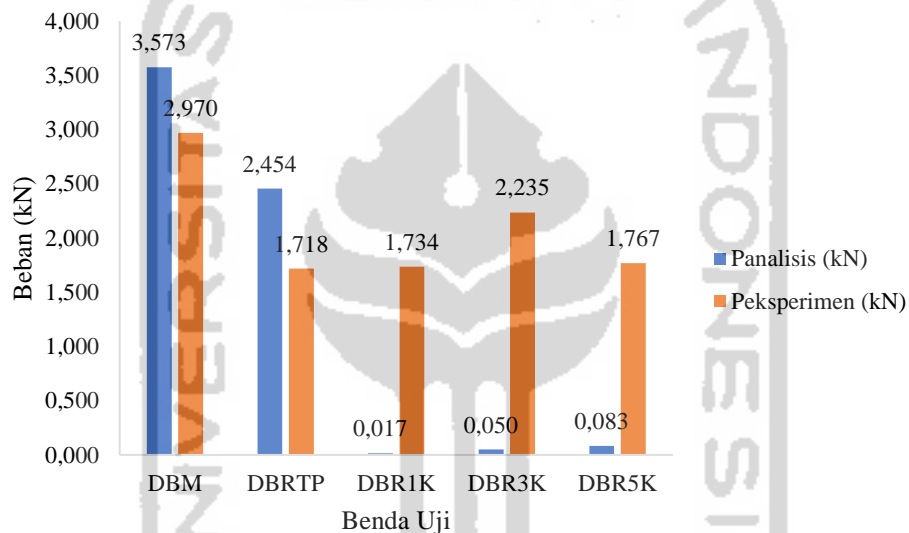
$$\begin{aligned}
 P &= \frac{4 \times 0,004568}{1,1} \\
 &= 0,0166 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$P_{\text{analisis}} < P_{\text{eksperimen}}$$

$$0,0166 \text{ kN} < 1,734 \text{ kN}$$

Tabel 5. 23 Perbandingan P_{analisis} dan $P_{\text{eksperimen}}$ pengujian lentur dinding

| No | Benda Uji | P_{analisis} (kN) | $P_{\text{eksperimen}}$ (kN) |
|----|-----------|----------------------------|------------------------------|
| 1 | DBM | 3,573 | 2,970 |
| 2 | DBRTP | 2,454 | 1,717 |
| 3 | DBR1K | 0,017 | 1,734 |
| 4 | DBR3K | 0,050 | 2,234 |
| 5 | DBR5K | 0,083 | 1,767 |

**Gambar 5.27 Grafik Perbandingan P_{analisis} dan $P_{\text{eksperimen}}$**

Dari Tabel 5.21 dan Gambar 5.27 menunjukkan perbandingan antara beban yang terjadi secara analisis dan secara eksperimen pada pengujian lentur dinding. Pada pengujian lentur dinding secara eksperimen, dinding pasangan bata merah (DBM) mampu menahan beban maksimal sebesar 2,970 kN. Penambahan perkuatan kawat pada dinding bata ringan, tidak memberikan penambahan perkuatan yang begitu besar. Pada dinding DBRTP hanya mampu menahan beban maksimal sebesar 1,718 kN. Nilai ini lebih kecil jika dibandingkan dengan beban maksimum dinding DBM. Pada dinding DBR1K terdapat kenaikan beban maksimal sebesar 1,734 kN atau 0,009 % kenaikan dari beban maksimal DBRTP. Untuk DBR3K beban maksimal yang dapat ditahan oleh dinding sebesar 2,235 kN

atau 0,3 % kenaikan dari beban maksimal DBRTP. Pada dinding DBR5K beban maksimal sebesar 1,768 kN atau 0,029 % kenaikan dari beban maksimal DBRTP. Hasil pengujian lentur dinding secara keseluruhan didapat nilai beban maksimum tertinggi yaitu pada dinding DBR. Hal ini terjadi karena pada dinding DBR, mortar yang terdapat pada siar dinding lebih dominan bekerja dibandingkan dengan material bata merah. Pada dinding bata ringan, material bata ringan lebih dominan bekerja dibandingkan mortar siar anatar bata.

Hasil perhitungan beban maksimal secara analisis menunjukkan bahwa dinding bata merah memiliki beban maksimal tertinggi dari semua variasi dinding yang diuji sebesar 3,537 kN, sedangkan dinding bata ringan dengan perkuatan yang memiliki beban tertinggi yaitu pada DBR5K mampu menahan beban maksimal tertinggi dibandingkan dinding yang lain yaitu sebesar 0,083 kN. Pada kenyatannya secara eksperimen, beban maksimal DBR5K lebih kecil dibandingkan DBR3K, hal ini disebabkan karena semakin banyak kawat yang digunakan mengakibatkan luas lekatan anatar bata menjadi semakin kecil, sehingga berdampak pada penurunan kekuatan dinding DBR5K dalam menerima beban.

5.6 Perbandingan Biaya dan Waktu Pembuatan Dinding

Perbandingan biaya dan waktu dalam pembuatan dinding dihitung luas setiap satu benda uji $1,44 \text{ m}^2$ sesuai dengan ukuran benda uji $1,20 \text{ m} \times 1,20 \text{ m}$. setelah didapat nilai biaya dan waktu sesuai luasan dinding, kemudian dikonfersikan ke luasan 1 m^2 .

5.6.1 Perbandingan Waktu Pembuatan Dinding

Perbandingan waktu pembuatan dinding adalah selisih waktu yang dibutuhkan dalam pembuatan dinding antara dinding bata merah (DBR), dinding bata ringan tanpa perkuwatan (DBRTP), dinding bata ringan perkuatan 1 kawat (DBR1K), dinding bata ringan perkuatan 3 kawat (DBR3K), dan dinding bata ringan perkuatan 5 kawat. (DBR5K) Perbandingan waktu dalam pembuatan dinding yaitu perbedaan waktu yang diambil dari selisih pembuatan tiga benda uji

yang waktunya dijumlahkan dan dicari nilai reratanya sebagaimana dilihat pada Tabel 5.24 dan Tabel 5.25.

Tabel 5.24 Kebutuhan Waktu Pembuatan Dinding Bata Merah

| No. | Benda Uji | Dimensi (mm) | Bahan | | | | Waktu | |
|---|-----------|-----------------|--------------|------------|---------------|-------------|---------------------|-------------------|
| | | | BM (Buah) | PC (kg) | Pasir (kg) | Air (kg) | Tk. Batu (menit) | Tenaga (menit) |
| 1 | DBM (1) | 1200x1200 | 90 | 15 | 75 | 12 | 83 | 93 |
| 2 | DBM (2) | 1200x1200 | 90 | 15 | 75 | 13 | 74 | 74 |
| 3 | DBM (3) | 1200x1200 | 90 | 15 | 75 | 13 | 72 | 72 |
| Rerata kebutuhan luas 1,44 m ² | | | 90 | 15 | 75 | 13 | 76 | 80 |
| Rerata kebutuhan luas 1 m ² | | | 62,50 | 10,42 | 52,08 | 8,68 | 53,01 | 55,32 |

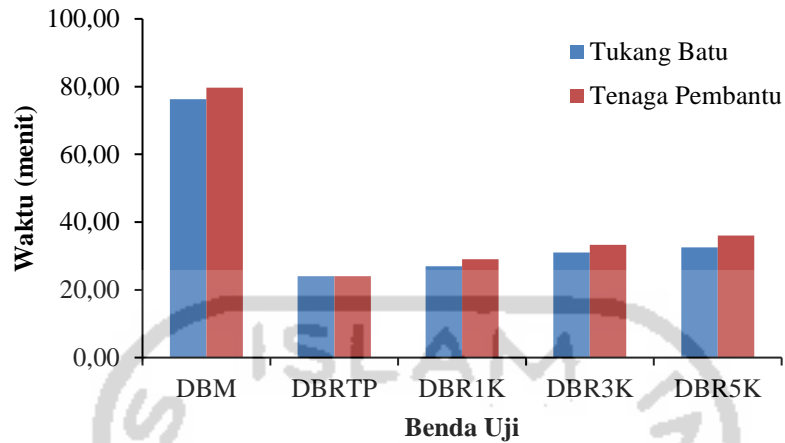
Tabel 5.25 Kebutuhan Waktu Pembuatan Dinding Bata Ringan

| No. | Benda Uji | Dimensi (mm) | Bahan | | | Waktu | |
|---|-----------|-----------------|--------------|------------|-------------|---------------------|-------------------|
| | | | BR (Buah) | PC (kg) | Air (kg) | Tk. Batu (menit) | Tenaga (menit) |
| A Dinding Bata Ringan Tanpa Perkuatan | | | | | | | |
| 1 | DBRTP-1 | 1200x1200 | 12 | 6,0 | 1,4 | 24,0 | 24,0 |
| 2 | DBRTP-2 | 1200x1200 | 12 | 5,5 | 1,4 | 23,0 | 23,0 |
| 3 | DBRTP-3 | 1200x1200 | 12 | 5,5 | 1,4 | 25,0 | 25,0 |
| Rerata kebutuhan luas 1,44 m ² | | | 12 | 5,7 | 1,4 | 24,0 | 24,0 |
| Rerata kebutuhan luas 1 m ² | | | 8,33 | 3,94 | 0,95 | 16,67 | 16,67 |
| B Dinding Bata Ringan dengan Perkuatan 1 Kawat | | | | | | | |
| 1 | DBR1K-1 | 1200x1200 | 12 | 6,0 | 1,4 | 26,0 | 30,0 |
| 2 | DBR1K-2 | 1200x1200 | 12 | 5,5 | 1,4 | 28,0 | 29,0 |
| 3 | DBR1K-3 | 1200x1200 | 12 | 5,5 | 1,4 | 27,0 | 28,0 |
| Rerata kebutuhan luas 1,44 m ² | | | 12 | 5,7 | 1,4 | 27,0 | 29,0 |
| Rerata kebutuhan luas 1 m ² | | | 8,33 | 3,94 | 0,95 | 18,75 | 20,14 |
| C Dinding Bata Ringan dengan Perkuatan 3 Kawat | | | | | | | |
| 1 | DBR3K-1 | 1200x1200 | 12 | 6,0 | 1,4 | 29,0 | 32,0 |
| 2 | DBR3K-2 | 1200x1200 | 12 | 5,5 | 1,4 | 31,0 | 33,0 |
| 3 | DBR3K-3 | 1200x1200 | 12 | 5,5 | 1,4 | 33,0 | 35,0 |
| Rerata kebutuhan luas 1,44 m ² | | | 12 | 5,7 | 1,4 | 31,0 | 33,3 |
| Rerata kebutuhan luas 1 m ² | | | 8,33 | 3,94 | 0,95 | 21,53 | 23,15 |
| D Dinding Bata Ringan dengan Perkuatan 5 Kawat | | | | | | | |
| 1 | DBR5K-1 | 1200x1200 | 12 | 6,0 | 1,4 | 33,0 | 35,0 |
| 2 | DBR5K-2 | 1200x1200 | 12 | 5,5 | 1,4 | 32,0 | 37,0 |
| 3 | DBR5K-3 | 1200x1200 | 12 | 5,5 | 1,4 | 32,5 | 36,0 |
| Rerata kebutuhan luas 1,44 m ² | | | 12 | 5,7 | 1,4 | 32,5 | 36,0 |
| Rerata kebutuhan luas 1 m ² | | | 8,33 | 3,94 | 0,95 | 22,57 | 25,00 |

Pada Tabel 5.24 dan Tabel 5.25 menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk membuat dinding bata merah sangatlah lama dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan untuk membuat dinding bata ringan. Untuk membuat dinding bata merah luas 1,44 m² memerlukan waktu 76 menit untuk tukang batu dan 80 menit untuk tenaga pembantu, untuk pembuatan dinding bata ringan tanpa perkuatan memerlukan waktu 24 menit untuk tukang batu dan 24 menit untuk tenaga pembantu, untuk membuat dinding bata ringan dengan perkuatan 1 kawat membutuhkan waktu 27 menit untuk tukang batu dan 29 menit untuk tenaga pembantu, untuk membuat dinding bata ringan dengan perkuatan 3 kawat membutuhkan waktu 31 menit untuk tukang batu dan 33 menit untuk tenaga pembantu, sedangkan untuk membuat dinding bata ringan dengan perkuatan 5 kawat dibutuhkan waktu 32,5 menit untuk tukang batu dan 36 menit untuk tenaga pembantu. Hal ini menunjukkan bahwa pembuatan dinding bata merah lebih lama walaupun dibandingkan dengan pembuatan dinding bata ringan dengan perkuatan 5 kawat. Selisih waktu tersebut disebabkan oleh ukuran dimensi bata ringan lebih besar dibandingkan dengan dimensi bata merah, dimana dalam satu dinding bata ringan hanya membutuhkan 12 bata ringan sedangkan dalam pembuatan dinding bata merah membutuhkan 90 buah bata merah.

Tabel 5.26 Selisih Waktu Pembuatan Dinding luas 1,44 m²

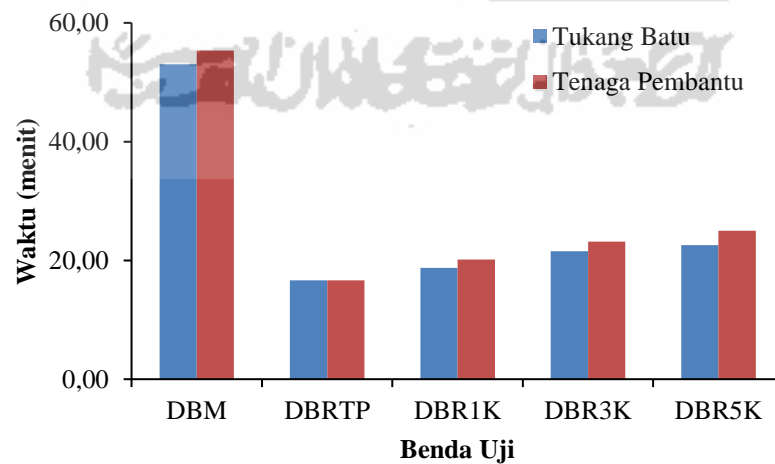
| No. | Benda Uji | Selisih Waktu Pelaksanaan (menit) | |
|-----|-----------|-----------------------------------|-----------------|
| | | Tukang Batu | Tenaga Pembantu |
| 1 | DBM | 79,67 | 76,33 |
| 3 | DBRTP | 24,00 | 24,00 |
| 4 | DBR1K | 29,00 | 27,00 |
| 5 | DBR3K | 33,33 | 31,00 |
| 6 | DBR5K | 36,00 | 32,50 |



Gambar 5.28 Grafik Selisih Waktu Pembuatan Dinding luas 1,44 m²

Tabel 5.27 Selisih Waktu Pembuatan Benda Uji Dinding 1 m²

| No. | Benda Uji | Selisih Waktu Pelaksanaan (menit) | |
|-----|-----------|-----------------------------------|-----------------|
| | | Tukang Batu | Tenaga Pembantu |
| 1 | DBM | 53,01 | 55,32 |
| 3 | DBRTP | 16,67 | 16,67 |
| 4 | DBR1K | 18,75 | 20,14 |
| 5 | DBR3K | 21,53 | 23,15 |
| 6 | DBR5K | 22,57 | 25,00 |



Gambar 5.29 Grafik Selisih Waktu Pembuatan Dinding 1 m²

5.6.2 Perbandingan Biaya Pembuatan Dinding

Dari perbedaan waktu pembuatan benda uji dinding pasangan bata merah dan pembuatan benda uji dinding bata ringan diatas juga digunakan untuk menghitung perbedaan biaya pembuatan benda uji dinding pasangan bata merah dan pembuatan benda uji dinding bata ringan, selain faktor waktu juga unsur lain yang tidak kalah penting adalah volume kebutuhan bahan dan upah tenaga setiap pembuatan satu buah benda uji. Adapun uraian penghitungan biaya pembuatan benda uji adalah volume kebutuhan material dikalikan harga satuan bahan ditambah biaya upah berdasarkan tabel waktu pelaksanaan dikalikan upah tenaga ditambah biaya peralatan kemudian dijumlahkan sehingga akan diketahui biaya pembuatan benda uji dengan variabel masing-masing.

Untuk menganalisis perbandingan biaya pembuatan benda uji dinding pasangan bata merah dan pembuatan benda uji dinding bata ringan, data-data yang dibutuhkan yaitu data kebutuhan bahan dan harga serta upah tenaga dalam membuat dinding tersebut.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menganalisis biaya adalah sebagai berikut :

1. Mencari daftar harga satuan bahan dan upah tenaga

Harga satuan bahan dapat diperoleh melalui survey harga pasaran atau dapat mengacu Standart Harga Barang dan Jasa (SHBJ) yang dikeluarkan oleh Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta melalui Gubernur atau Standart Harga Satuan Barang dan Jasa (SHBJ) yang di keluarkan Pemerintah Daerah Kabupaten Kota melalui Bupati atau Wali Kota Yogyakarta. Harga satuan bahan dan upah yang saya gunakan untuk menganalisis biaya dalam penelitian ini adalah harga hasil survei dipasaran pada bulan Desember 2019. Data harga satuan bahan dan upah dapat dilihat pada Tabel 5.28 dan Tabel 5.29.

Tabel 5.28 Harga Satuan Bahan

| No. | Uraian | Volume | Satuan | Harga satuan | Harga | Satuan per | Harga survey |
|-----|------------------------------|--------|----------------|---------------|--------------|------------|-------------------------|
| 1 | Pasir Gunung Merapi | 1 | m ³ | Rp 180.000,00 | Rp 180,00 | kg | Harga survey tahun 2019 |
| 2 | Bata merah AT Magelang | 1000 | bh | Rp 900.000,00 | Rp 900,00 | bh | |
| 3 | Semen Portlan Dynamix 1 zak | 40 | kg | Rp 40.000,00 | Rp 1.000,00 | kg | |
| 4 | Bata ringan 7,5 x 20 x 60 cm | 1 | m ³ | Rp 770.000,00 | Rp 6.936,94 | bh | |
| 5 | Air | 1 | m ³ | Rp 10.000,00 | Rp 10,00 | lt | |
| 6 | Mortar perekat Pasang 1 zak | 40 | kg | Rp 75.000,00 | Rp 1.875,00 | kg | |
| 7 | Kawat putih | 1 | kg | Rp 22.000,00 | Rp 22.000,00 | kg | |

(sumber : Survei Desember 2019)

Tabel 5.29 Harga Upah Tenaga

| No. | Uraian | Harga satuan | | | Sumber |
|-----|--------------------------|----------------|--------------|---------------|-------------------------|
| | | 1 Hari (8 jam) | 1 Jam | 1 menit kerja | |
| 1 | Tukang Batu (Sleman) | Rp 80.000,00 | Rp 10.000,00 | Rp 166,67 | Harga survey tahun 2019 |
| 2 | Tenaga/Pembantu (Sleman) | Rp 60.000,00 | Rp 7.500,00 | Rp 125,00 | |

(sumber : Survei Desember 2019)

2. Menganalisis harga satuan pekerjaan

Analisa Harga Satuan Pekerjaan adalah Analisis harga item pekerjaan tertentu yang terdiri dari jumlah rincian biaya material, peralatan dan upah tenaga dalam satuan pekerjaan tertentu yang dibuat berdasarkan fakta yang dilaksanakan. Analisa harga satuan pekerjaan yang dimaksud dalam hal ini adalah pembuatan benda uji pasangan bata merah dan bata ringan. Analisis harga satuan biaya pekerjaan tersebut diuraikan secara rinci sesuai dengan jenis benda uji yang dibuat sehingga akan diketahui perbedaan biaya antara jenis benda uji yang satu dengan yang lain.

Jenis benda uji yang akan dianalisis biayanya ada 5 macam yaitu sebagai berikut :

a. Biaya pemasangan dinding bata merah

Analisis harga satuan biaya pekerjaan pemasangan dinding bata merah dapat dilihat pada Tabel 5.30.

Tabel 5.30 Analisis Harga Satuan Biaya Dinding DBM

| No. | Bahan | Volume | Harga Satuan | Jumlah | Jumlah Sub |
|--|----------------|-----------|--------------|--------------|----------------------|
| 1 | Bata Merah | 90,00 bj | Rp 900,00 | Rp 81.000,00 | |
| 1 | Portand Cement | 15,00 kg | Rp 1.000,00 | Rp 15.000,00 | |
| 2 | Pasir | 75,00 kg | Rp 180,00 | Rp 13.500,00 | |
| 3 | Air | 9,375 kg | Rp 10,00 | Rp 93,75 | |
| Jumlah harga material | | | | | Rp 109.593,75 |
| 4 | Tukang batu | 76,333 mn | Rp 166,67 | Rp 12.722,22 | |
| 5 | Tenaga | 79,667 mn | Rp 125,00 | Rp 9.958,33 | |
| 6 | Alat | 1,000 LS | Rp 1.095,94 | Rp 1.095,94 | |
| Jumlah upah tenaga | | | | | Rp 23.776,49 |
| Biaya pemasangan dinding bata merah luas 1,44 m² | | | | | Rp 133.370,24 |
| Biaya pemasangan dinding bata merah luas 1 m² | | | | | Rp 92.618,22 |

Pada Tabel 5.30 menunjukkan bahwa dalam membuat benda uji pasangan dinding bata merah menggunakan campuran 1 pc : 5 ps ukuran benda uji 120 cm x 120 cm adalah dengan luas 1400 cm² atau sama dengan 1,44 m², membutuhkan biaya material sebesar Rp 109.593,75 dan biaya upah sebesar Rp 23.776,49. Total keseluruhan kebutuhan biaya untuk membuat benda uji pasangan dinding bata merah luas 1,44 m² yaitu sebesar Rp 133.370,24. Jadi harga 1 m² dinding bata merah 1 PC : 5 Ps yaitu $1/1,44 = 0,96 \times \text{Rp } 133.370,24 = \text{Rp } 92.618,22$. Sehingga harga per 1 m² dinding pasangan bata merah 1 PC : 5 Ps adalah = Rp 92.618,22.

- b. Biaya pemasangan dinding bata ringan tanpa perkuatan
 Analisis harga satuan biaya pekerjaan pemasangan dinding bata merah dapat dilihat pada Tabel 5.31.

Tabel 5.31 Analisis Harga Satuan Biaya Dinding DBRTP

| No. | Bahan | Volume | Harga Satuan | Jumlah | Jumlah Sub |
|---|---------------|-----------|--------------|--------------|----------------------|
| 1 | Bata Ringan | 12,000 bh | Rp 6.936,94 | Rp 83.243,24 | |
| 1 | Mortar Pasang | 5,667 kg | Rp 1.875,00 | Rp 10.625,00 | |
| 2 | Kawat putih | 0,000 kg | Rp 22.000,00 | Rp - | |
| 3 | Air | 9,375 kg | Rp 10,00 | Rp 93,75 | |
| Jumlah harga material | | | | | Rp 93.961,99 |
| 4 | Tukang batu | 24,000 mn | Rp 166,67 | Rp 4.000,00 | |
| 5 | Tenaga | 24,000 mn | Rp 125,00 | Rp 3.000,00 | |
| 6 | Alat | 1,000 LS | Rp 939,62 | Rp 939,62 | |
| Jumlah upah tenaga | | | | | Rp 7.939,62 |
| Biaya pemasangan dinding bata ringan tanpa perkuatan luas 1,44 m² | | | | | Rp 101.901,61 |
| Biaya pemasangan dinding bata ringan tanpa perkuatan luas 1 m² | | | | | 70.765,01 |

Pada Tabel 5.31 menunjukkan bahwa dalam membuat pasangan dinding bata ringan tanpa perkuatan dengan luas 1,44 m² membutuhkan biaya material sebesar Rp 93.361,99 dan biaya upah sebesar Rp 7.939,62. Total keseluruhan kebutuhan biaya untuk membuat pasangan dinding bata ringan tanpa perkuatan luas 1,44 yaitu m² sebesar Rp 101.901,61, sedangkan untuk luas 1 m² hanya menghabiskan Rp 70.765,01. Total harga ini lebih murah dibandingkan dengan total biaya pada pembuatan dinding bata merah pada Tabel 5.30.

- c. Biaya pasangan dinding bata ringan dengan perkuatan 1 kawat
Analisis harga satuan biaya pekerjaan pasangan dinding bata merah dapat dilihat pada Tabel 5.32.

Tabel 5.32 Analisis Harga Satuan Biaya Dinding DBR1K

| No. | Bahan | Volume | Harga Satuan | Jumlah | Jumlah Sub |
|--|---------------|-----------|--------------|--------------|----------------------|
| 1 | Bata Ringan | 12,000 bj | Rp 6.936,94 | Rp 83.243,24 | |
| 1 | Mortar Pasang | 5,667 kg | Rp 1.875,00 | Rp 10.625,00 | |
| 2 | Kawat putih | 0,150 kg | Rp 22.000,00 | Rp 3.300,00 | |
| 3 | Air | 9,375 kg | Rp 10,00 | Rp 93,75 | |
| Jumlah harga material | | | | | Rp 97.261,99 |
| 4 | Tukang batu | 24,000 mn | Rp 166,67 | Rp 4.000,00 | |
| 5 | Tenaga | 24,000 mn | Rp 125,00 | Rp 3.000,00 | |
| 6 | Alat | 1,000 LS | Rp 972,62 | Rp 972,62 | |
| Jumlah upah tenaga | | | | | Rp 7.972,62 |
| Biaya pemasangan dinding bata ringan dengan perkuatan 1 kawat luas 1,44 m² | | | | | Rp 105.234,61 |
| Biaya pemasangan dinding bata ringan dengan perkuatan 1 kawat luas 1 m² | | | | | Rp 73.079,59 |

Pada Tabel 5.32 menunjukkan bahwa dalam membuat pasangan dinding bata ringan dengan perkuatan 1 kawat dengan luas 1,44 m² membutuhkan biaya material sebesar Rp 97.261,99 dan biaya upah sebesar Rp 7.972,62. Total keseluruhan kebutuhan biaya untuk membuat pasangan dinding bata ringan tanpa perkuatan luas 1,44 yaitu m² sebesar Rp 105.234,61, sedangkan untuk luas 1 m² hanya menghabiskan Rp 73.079,59. Total harga ini sedikit lebih mahal dibandingkan dengan total biaya pada pembuatan dinding bata ringan tanpa perkuatan pada Tabel 5.25.

- d. Biaya pasangan dinding bata ringan dengan perkuatan 3 kawat
Analisis harga satuan biaya pekerjaan pasangan dinding bata merah dapat dilihat pada Tabel 5.33.

Tabel 5.33 Analisis Harga Satuan Biaya Dinding DBR3K

| No. | Bahan | Volume | Harga Satuan | Jumlah | Jumlah Sub |
|--|---------------|-----------|--------------|--------------|----------------------|
| 1 | Bata Ringan | 12,000 bj | Rp 6.936,94 | Rp 83.243,24 | |
| 1 | Mortar Pasang | 5,667 kg | Rp 1.875,00 | Rp 10.625,00 | |
| 2 | Kawat putih | 0,450 kg | Rp 22.000,00 | Rp 9.900,00 | |
| 3 | Air | 9,375 kg | Rp 10,00 | Rp 93,75 | |
| Jumlah harga material | | | | | Rp 103.861,99 |
| 4 | Tukang batu | 24,000 mn | Rp 166,67 | Rp 4.000,00 | |
| 5 | Tenaga | 24,000 mn | Rp 125,00 | Rp 3.000,00 | |
| 6 | Alat | 1,000 LS | Rp 1.038,62 | Rp 1.038,62 | |
| Jumlah upah tenaga | | | | | Rp 8.038,62 |
| Biaya pemasangan dinding bata ringan dengan perkuatan 3 kawat luas 1,44 m² | | | | | Rp 111.900,61 |
| Biaya pemasangan dinding bata ringan dengan perkuatan 3 kawat luas 1 m² | | | | | Rp 77.708,76 |

Pada Tabel 5.33 menunjukkan bahwa dalam membuat pasangan dinding bata ringan dengan perkuatan 3 kawat dengan luas 1,44 m² membutuhkan biaya material sebesar Rp 103.861,99 dan biaya upah sebesar Rp 8.038,62. Total keseluruhan kebutuhan biaya untuk membuat pasangan dinding bata ringan tanpa perkuatan luas 1,44 yaitu m² sebesar Rp 111.900,61, sedangkan untuk luas 1 m² hanya menghabiskan Rp 77.708,79.

- e. Biaya pasangan dinding bata ringan dengan perkuatan 5 kawat
Analisis harga satuan biaya pekerjaan pasangan dinding bata merah dapat dilihat pada Tabel 5.34.

Tabel 5.34 Analisis Harga Satuan Biaya Dinding DBR5K

| No. | Bahan | Volume | Harga Satuan | Jumlah | Jumlah Sub |
|--|---------------|-----------|--------------|--------------|----------------------|
| 1 | Bata Ringan | 12,000 bj | Rp 6.936,94 | Rp 83.243,24 | |
| 1 | Mortar Pasang | 5,667 kg | Rp 1.875,00 | Rp 10.625,00 | |
| 2 | Kawat putih | 0,750 kg | Rp 22.000,00 | Rp 16.500,00 | |
| 3 | Air | 9,375 kg | Rp 10,00 | Rp 93,75 | |
| Jumlah harga material | | | | | Rp 110.461,99 |
| 4 | Tukang batu | 24,000 mn | Rp 166,67 | Rp 4.000,00 | |
| 5 | Tenaga | 24,000 mn | Rp 125,00 | Rp 3.000,00 | |
| 6 | Alat | 1,000 LS | Rp 1.104,62 | Rp 1.104,62 | |
| Jumlah upah tenaga | | | | | Rp 8.104,62 |
| Biaya pemasangan dinding bata ringan dengan perkuatan 5 kawat luas 1,44 m² | | | | | Rp 118.566,61 |
| Biaya pemasangan dinding bata ringan dengan perkuatan 5 kawat luas 1 m² | | | | | Rp 82.337,93 |

Pada Tabel 5.31 menunjukkan bahwa dalam membuat pasangan dinding bata ringan dengan perkuatan 3 kawat dengan luas 1,44 m² membutuhkan biaya material sebesar Rp 110.461,99 dan biaya upah sebesar Rp 8.104,62. Total keseluruhan kebutuhan biaya untuk membuat pasangan dinding bata ringan tanpa perkuatan luas 1,44 yaitu m² sebesar Rp 118.566,61, sedangkan untuk luas 1 m² hanya menghabiskan Rp 82.337,93.

5.7 Pembahasan

5.7.1 Kuat Tekan Material Bata Ringan dan Bata Merah

Hasil pengujian kuat tekan material bata ringan dan bata merah yang dibuat berbentuk kubus dengan ukuran dimensi 5 cm x 5 cm x 5 cm ditunjukkan pada Tabel 5.7. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa nilai kuat tekan material bata merah tertinggi sebesar 5,560 MPa sedangkan kuat tekan terendah sebesar 3,909 MPa. Untuk kuat tekan rata-rata material bata merah yaitu sebesar 4,699 MPa. Dari hasil pengujian kuat tekan material bata merah, Menurut ketentuan SNI 15-2094-2000 termasuk ke dalam kelas 50.

Kuat tekan material bata ringan tertinggi sebesar 1,4 MPa sedangkan nilai kuat tekan terendah sebesar 0,7 MPa. Untuk kuat tekan rata-rata material bata ringan sebesar 1,110 MPa. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa kuat tekan material bata merah lebih besar dibandingkan kuat tekan material bata ringan. Material bata merah memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dikarenakan material bata merah memiliki kepadatan yang lebih baik dibandingkan dengan kepadatan pada material bata ringan. Pada saat pembuatan material bata ringan terdapat proses penggelembungan udara yang disebabkan oleh reaksi kimia. Bahan pembuatannya terdiri dari pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air dan aluminium pasta sebagai bahan pengembang (pengisi udara secara kimiawi). Proses penggelembungan udara tersebut membuat bata jenis ini menjadi ringan, namun disisi lain membuat bata jenis ini memiliki pori-pori udara yang cukup banyak sehingga mengakibatkan kuat tekan menjadi rendah.

5.7.2 Kuat Lentur Material Bata Ringan dan Bata Merah

Hasil pengujian kuat lentur material bata ringan dan bata merah yang ditunjukkan pada Tabel 5.8 memperlihatkan bahwa nilai kuat lentur tertinggi material bata ringan yaitu sebesar 3,457 MPa, sedangkan nilai kuat lentur terendahnya yaitu sebesar 1,072 MPa. Untuk nilai kuat lentur reratanya sebesar 2,907 MPa. Nilai kuat lentur material bata merah tertinggi sebesar 2,466 MPa, sedangkan nilai kuat lentur terendahnya yaitu sebesar 1,160 MPa. Untuk nilai kuat lentur reratanya sebesar 1,803 MPa.

Nilai devleksi yang terjadi pada pengujian kuat lentur material bata ringan tertinggi sebesar 130 mm, untuk nilai devleksi terendah sebesar 80 mm, sedangkan nilai devleksi reratanya sebesar 108 mm. Pada material bata merah, nilai devleksi tertinggi sebesar 55 mm,

5.7.3 Kuat Geser Lekatan Material Bata Ringan dan Bata Merah

Pengujian kuat geser lekatan material bata ringan dan bata merah yang ditunjukkan pada Tabel 5.9 memperlihatkan bahwa kuat geser pada lekatan material bata ringan tertinggi sebesar 0,151 MPa, untuk kuat geser lekatan terendahnya sebesar 0,070 MPa, sedangkan kuat geser lekatan reratanya sebesar 0,090 MPa. Pada pengujian kuat geser lekatan pada material bata merah diperoleh nilai tertinggi sebesar 0,376, kuat geser lekatan terendah sebesar 0,019 MPa, sedangkan kuat geser lekatan rerata sebesar 0,134 MPa. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk nilai kuat geser lekatan material bata merah lebih tinggi dibandingkan kuat geser lekatan pada material bata ringan.

5.7.4 Kuat Tekan Mortar

Pada pengujian kuat tekan mortar yang ditunjukkan pada Tabel 5.10 memperlihatkan bahwa kuat tekan mortar yang digunakan untuk dinding bata merah dan dinding bata ringan memiliki perbedaan yang tidak begitu signifikan. Hasil pengujian memperlihatkan kuat uji tekan mortar bata ringan sebesar 9,852 MPa. Angka ini lebih besar dibandingkan mortar bata merah yang bernilai 8,167 MPa. Hal ini terjadi karena mortar bata ringan hanya terdiri dari semen dan air tanpa ada tambahan agregat halus berupa pasir.

Perbedaan nilai kuat tekan mortar dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pertama yaitu perbandingan antara semen dengan pasir. Semakin banyak perbandingan pasir dalam satu semen, maka semakin rendah kuat tekan yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena semakin banyak pasir yang digunakan, maka pasta semen akan semakin sulit untuk melapisi permukaan pasir secara sempurna. Oleh karena itu ikatan antara pasir dengan semen menjadi lemah. Lemahnya ikatan antara dua komponen ini mengakibatkan nilai kuat mortar berkurang.

Faktor yang kedua adalah *properties* atau karakteristik dari pasir itu sendiri. Diantara faktor yang mempengaruhi adalah gradasi dan kadar lumpur yang terdapat pada pasir. Semakin bervariasi ukuran butir pasir, maka semakin baik pula partikel-partikel pasir saling mengisi rongga dalam suatu campuran mortar. Hal ini mengakibatkan kuat tekan mortar semakin tinggi. Sebaliknya jika pasir yang digunakan memiliki gradasi yang seragam, menyebabkan rongga dalam campuran mortar menjadi lebih banyak, sehingga kuat tekan mortar menurun. Kemudian faktor kadar lumpur dalam pasir juga mempengaruhi kuat tekan mortar. Semakin tinggi kadar lumpur, maka semakin rendah kuat tekan mortar. Hal ini terjadi karena lumpur yang terdapat pada pasir menghalangi ikatan antara pasta semen dengan pasir.

Faktor yang terakhir adalah proses pencampuran dan pemadatan. Homogenitas campuran dalam mortar juga berpengaruh. Jika pasir, semen dan air dalam adukan mortar tercampur secara merata, maka kuat tekan mortar yang dihasilkan semakin tinggi.

5.7.5 Kuat Lentur Dinding

Hasil pengujian kuat lentur dinding dengan dimensi 1200 x 1200 dapat dilihat pada Tabel 5.13 sampai dengan Tabel 5.21. Kuat lentur dinding bata merah (DBM) yang ditunjukkan pada Tabel 5.13 memperlihatkan bahwa DBM mampu menahan beban merata sebesar 2,970 kN, devleksi merata yang terjadi sebesar 1,653 mm dan kuat lentur merata sebesar 2,017 MPa. Untuk dinding bata ringan tanpa perkuatan yang diperlihatkan pada tabel 5.15 menunjukkan bahwa DBRTP mampu menahan beban maksimum merata sebelum runtuh sebesar 1,718 kN, devleksi maksimum merata yang terjadi sebesar 1,369 mm, sedangkan kuat lentur

rerata sebesar 0,420 MPa. Pengujian kuat lentur dinding bata ringan dengan perkuwatan 1 kawat yang ditunjukkan pada Tabel 5.17 memperlihatkan bahwa dinding DBR1K mampu menahan beban maksimum rerata sebesar 1,734 kN, devleksi rerata yang terjadi sebesar 1,811 mm, sedangkan kuat lentur rerata sebesar 0,424 MPa. Pada pengujian kuat lentur dinding bata ringan dengan perkuwatan 3 kawat yang ditunjukkan pada Tabel 5.19 memperlihatkan bahwa dinding DBR3K mampu menahan beban maksimum rerata sebesar 2,235 kN, devleksi maksimum rerata yang terjadi sebesar 1,875 mm sedangkan kuat lentur rerata sebesar 0,546 MPa. Hasil pengujian kuat lentur dinding bata ringan dengan perkuwatan 5 kawat yang ditunjukkan pada Tabel 5.21 memperlihatkan bahwa dinding DBR5K mampu menahan beban maksimum rerata sebesar 1,768 kN, devleksi maksimum rerata yang terjadi sebesar 1,409 mm, sedangkan kuat lentur rerata sebesar 0,432 Mpa.

Tabel 5.35 Rekap Hasil Pengujian Lentur Dinding

| No | Benda Uji | Beban | Devleksi | Kuat Lentur |
|----|-----------|-------|----------|-------------|
| | | (kN) | (mm) | (Mpa) |
| 1 | DBM | 2,970 | 1,653 | 0,408 |
| 2 | DBRTP | 1,718 | 1,369 | 0,420 |
| 3 | DBR1K | 1,734 | 1,811 | 0,424 |
| 4 | DBR3K | 2,235 | 1,875 | 0,546 |
| 5 | DBR5K | 1,768 | 1,409 | 0,432 |

Rekap hasil pengujian lentur dinding yang ditunjukkan pada Tabel 5.35 memperlihatkan bahwa dinding DBM memiliki kekuatan untuk menahan beban maksimum tertinggi dibandingkan benda uji dinding yang lain yaitu sebesar 2,970 kN. Dinding DBRTP hanya mampu menahan beban 1,718 kN. Hal ini menunjukkan bahwa dinding DBRTP lebih lemah menahan beban maksimum dibandingkan dinding DBM. Penambahan 1 kawat Pada dinding DBR1K mengalami peningkatan kekuatan menahan beban maksimum sebesar 1,734 kN atau 0,009% lebih tinggi dari dinding DBRTP. Penambahan kawat Pada dinding DBR3K mengalami peningkatan kekuatan menahan beban maksimum sebesar 0,3% lebih tinggi dari dinding DBRTP. Sedangkan pada dinding DBR5K juga

mengalami peningkatan kekuatan menahan beban maksimum sebesar 0,029%, namun jika dibandingkan dengan dinding DBR3K, dinding DBR5K ini mengalami penurunan kekuatan.

Devleksi yang terjadi pada pengujian lentur dinding DBM sebesar 1,653 mm, devleksi yang terjadi pada dinding DBRTP hanya 1,369 mm, nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan devleksi yang terjadi pada dinding DBM. Penambahan kekuatan 1 kawat pada dinding DBR1K mengakibatkan pada penambahan nilai devleksi sebesar 1,811 mm. Penambahan kekuatan 3 kawat pada dinding DBR3K juga menambah nilai devleksi sebesar 1,75 mm. sedangkan penambahan 5 kawat pada dinding DBR5K juga mengalami peningkatan nilai devleksi sebesar 1,409 mm.

Kapasitas momen yang terjadi pada pengujian dinding dapat dilihat pada Tabel 5.36.

Tabel 5.36 Rekap Perhitungan Kapasitas Momen Pengujian Lentur Dinding

| No. | Benda Uji | Dimensi | | | L (mm) | Beban rerata (kN) | Kapasitas momen rerata | |
|-----|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|------------------------|-------|
| | | p (mm) | l (mm) | t (mm) | | | Nmm | kNm |
| | | 1 | DBM | 1200 | | | 1200 | 100 |
| 2 | DBRTP | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 1,718 | 472376,025 | 0,472 |
| 3 | DBR1K | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 1,734 | 476962,200 | 0,477 |
| 4 | DBR3K | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 2,235 | 614547,450 | 0,615 |
| 5 | DBR5K | 1200 | 1200 | 75 | 1100 | 1,768 | 486134,550 | 0,486 |

Rekap hasil perhitungan kapasitas momen yang ditunjukkan pada Tabel 5.36 memperlihatkan bahwa kapasitas momen terbesar dari pengujian lentur dinding yaitu pada dinding DBM sebesar 0,817 kNm, momen kapasitas terbesar berikutnya yaitu pada dinding DBR3K sebesar 0,615kNm, kemudian dinding DBR5K sebesar 0,486 kNm, kemudian dinding DBR1K sebesar 0,477 kNm dan terakhir dinding DBRTP sebesar 0,472 kNm. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan kekuatan kawat pada dinding bata ringan ternyata dapat meningkatkan kapasitas momen pada dinding, namun penambahan kekuatan kawat yang semakin banyak ternyata akan mengakibatkan penurunan kapasitas

momen pada dinding tersebut. Hal ini terjadi karena penambahan perkuatan kawat yang semakin banyak akan memperkecil luas lekatan antar bata pada dinding yang akibatnya memperlemah kuat lekatan anatar pada dinding tersebut. Penambahan perkuatan kaat pada dinding bata ringan yang memiliki kapasitas optimum yaitu pada dinding DBR3K.

Pola keruntuhan yang terjadi pada pengujian lentur dinding yang dapat dilihat pada Gambar 5.17 sampai Gambar 5.25 menunjukkan bahwa pola keruntuhan yang terjadi pada dinding DBR berupa keruntuhan yang terjadi pada tengah bentang, namun jika diamati kerusakan dinding DBR awal kerusakan berupa kegagalan pada kuat lekat dinding pada arah siar mendatar. Dari hasil pola keruntuhan dinding DBM menunjukkan bahwa kuat material lebih kuat terhadap kinerja kuat lekatan anatar bata merah. Pada dinding bata ringan baik yang diperkuat maupun tidak, pola kerusakan terjadi berawal dari patahnya material bata ringan yang kemudian disusul dengan lepasnya lekatan pada bata ringan. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan material lebih lemah dibandingkan dengan kekuatan kinerja lekatan antar bata ringan.

BAB VI

KESIMPULAN DA SARAN

6.1 Kesimpulan

Sesuai dengan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan berikut.

1. Kurva beban-defleksi pada dinding bata merah sebesar 1,653 mm, pada dinding bata ringan tanpa perkuatan sebesar 1,369 mm, pada dinding bata ringan dengan perkuatan 1 kawat meningkat menjadi 1,811 mm, pada dinding bata ringan dengan perkuatan 3 kawat meningkat menjadi 1,875 mm, sedangkan pada dinding bata ringa dengan perkuatan 5 kawat menurun menjadi 1,409 mm.
2. Dampak penambahan perkuatan kawat pada dinding bata ringan mengakibatkan penambahan kapasitas momen dan kuat lentur. Pada dinding bata ringan dengan perkuatan 1 kawat menambah kapasitas momen dan kuat lentur masing-masing sebesar 0,477 kNm dan 0,424 MPa. Pada dinding bata ringan dengan perkuatan 3 kawat menambah kapasitas momen dan kuat lentur masing-masing sebesar 0,615 kNm dan 0,546 MPa. Pada dinding bata ringan dengan perkuatan 5 buah kawat menambah kapasitas momen dan kuat lentur masing-masing sebesar 0,486 kNm dan 0,432 MPa. Nilai kapasitas momen dan kuat lentur yang optimum yaitu pada dinding bata ringan dengan perkuatan 3 kawat.
3. Pola keruntuhan yang terjadi pada pengujian cenderung sama yaitu retak pada tengah bentang, namun dinding dengan perkuatan keruntuhan yang terjadi tidak secara tiba-tiba. Hal ini sangat baik untuk mengurangi resiko gempa yang terjadi pada dinding rumah sederhana.
4. Perbedaan selisih waktu dan biaya pada pengerjaan dinding bata merah dengan bata ringan masing-masing yaitu 55,32 menit pada dinding bata merah dan 16,67 menit pada dinding bata ringan tanpa perkuatan, selisih biaya yaitu Rp 92.618,22 pada dinding bata merah dan Rp 70,765,01 pada dinding bata ringan tanpa perkuatan.

6.2 Saran

Menurut kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini, terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian lanjutan berikut.

1. Pemeriksaan terhadap bahan-bahan penyusun dinding harus lebih teliti lagi.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait variasi perkuatan dinding selain menggunakan kawat galvanis.
3. Perlu dilakukan pengujian-pengujian pendukung lainnya seperti pengujian kuat geser diagonal dan uji tekan dinding bata ringan.
4. Perlu adanya pembanding dinding menggunakan bahan material lain seperti dinding dari batako, batu kumpang dan lain-lain.



DAFTAR PUSTAKA

- Ardian, J., 2014. *Tinjauan Lentur Dinding Bata Merah dengan Perkuatan Strapping band Arah retak Horizontal*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan
- ASIS. 2007. *Monotonic and Cyclic Test of Long Steel-Frame Shear Walls with Openings*. Virginia : Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Badan Standar Nasional, SNI 03-1970-1990.1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*, Bandung.
- Badan Standar Nasional, SNI 15-2094-2000. 2000. *Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding*, Bandung.
- Badan Standar Nasional, SNI 03-6820-2002. 2002. *Spesifikasi Agregat Halus untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*, Bandung.
- Badan Standar Nasional, SNI 03-2823-1992. 1992. *Metode Pengujian Kuat Lentur Batu Pemakai Gelagar Sederhana dengan Sistem Beban Titik di Tengah*, Bandung.
- Badan Standar Nasional, SNI 03-6825-2002. 2002. *Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*, Bandung.
- Mayorca, P., Navaratnaraj, S., & Meguro, K. (2006). *Report on the state of the art in The Seismic Retrofitting Of Unreinforced Masonry Houses By PP-Band Meshes*. Institute of Industrial Science. The University of Tokyo, Tokyo.
- Popov, E. P., 1978. *Mechanics of Materials*. Prentice Hall. Unites States of America

- Pascanawaty, M. S., Sukrawan, M., & Budiwati, I.A M. (2016). *Studi Eksperimental Tentang Kekuatan Dinding Bata Merah dengan Perkuatan*. Denpasar. Program Magister Teknik Sipil, Universitas Udayana.
- Sathiparan, N., Sakurai, K., Numada, M. & Meguro, K., 2013. *Experimental Investigation on The Seismic Performance of PP-Band Strengthening Store Masonry house*. Springer Science Business Media Dordrecht.
- Umair, S, M., Numada, M., Amin, M, N., & Meguro, K., 2015. *Fiber Reinforced Polymer and Polypropylene Composite Retrofitting Technique for Masonry Structures*. Saudi Arabia. Departement of Civil and Environmental Engineering, King Faisal University.



LAMPIRAN



Lampiran 1 Hasil Uji Berat Jenis Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL UJI BERAT JENIS AGREGAT HALUS (BERDASARKAN SNI 03-1970-1990)

Nama Peneliti : Adi Sulistio
NIM : 13511299
Tanggal Pembuatan : -
Tanggal Pengujian : 04 Februari 2020

| No | Uraian | Berat | Satuan |
|----|--|-------|--------------------|
| 1 | Berat pair kering muka (Bk) | 479 | gr |
| 2 | Berat pasir kondisi jrnuh kering muka (SSD) | 500 | gr |
| 3 | Berat piknometer berisi air dan pasir (Bt) | 981 | gr |
| 4 | Berat piknometer berisi air (B) | 675 | gr |
| 5 | Berat jenis curah $Bk/(B+500-Bt)$ | 2,469 | gr/cm ³ |
| 6 | Berat jenis jenuh kering muka $500/(B+500-Bt)$ | 2,578 | gr/cm ³ |
| 7 | Berat jenis semu $Bk/(B+Bk-Bt)$ | 2,769 | gr/cm ³ |
| 8 | Penyerapan air (%) $((500-Bk)/Bk) \times 100\%$ | 4,385 | % |

Yogyakarta, 22 Januari 2020

Kepala Laboran BKT,



Novi Rahmayanti, S.T.,M.Eng.

Lampiran 2 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS

(BERDASARKAN SNI 03-4804-1998)

Nama Peneliti : Adi Sulistio
NIM : 13511299
Tanggal Pembuatan : -
Tanggal Pengujian : 04 Februari 2020

| No | Uraian | Berat | Satuan |
|----|---|-----------|--------------------|
| 1 | Berat tabung (W1) | 10800 | gr |
| 2 | Berat tabung + agregat kondisi jenuh (W2) | 18333,333 | gr |
| 3 | Berat agregat pasir (W3) | 7466,667 | gr |
| 4 | Diameter silinder (d) | 15 | cm |
| 5 | Tinggi silinder (t) | 30 | cm |
| 6 | Volume (V) = $1/4 * \pi * d^2 * t$ | 5301,438 | cm ³ |
| 7 | Berat isi gembur (W3/V) | 1,408 | gr/cm ³ |

Yogyakarta, 22 Januari 2020

Kepala Laboran BKT,



Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.

Lampiran 3 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS

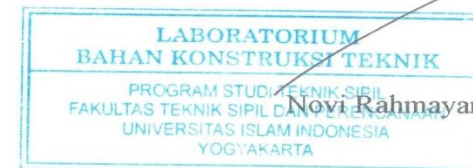
(BERDASARKAN SNI 03-4804-1998)

Nama Peneliti : Adi Sulistio
NIM : 13511299
Tanggal Pembuatan : -
Tanggal Pengujian : 04 Februari 2020

| No. | Uraian | Berat | Satuan |
|-----|---|-----------|--------------------|
| 1 | Berat tabung (W1) | 10800 | gr |
| 2 | Berat tabung + agregat kondisi jenuh (W2) | 19933,333 | gr |
| 3 | Berat agregat pasir (W3) | 9466,667 | gr |
| 4 | Diameter silinder (d) | 15 | cm |
| 5 | Tinggi silinder (t) | 30 | cm |
| 6 | Volume (V) = $1/4 * \pi * d^2 * t$ | 5301,438 | cm ³ |
| 7 | Berat isi gembur (W3/V) | 1,786 | gr/cm ³ |

Yogyakarta, 22 Januari 2020

Kepala Laboran BKT,



Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.

Lampiran 4 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS

(BERDASARKAN SNI 03-1968-1990)

Nama Peneliti : Adi Sulistio
NIM : 13511299
Tanggal Pembuatan : -
Tanggal Pengujian : 04 Februari 2020

| Lubang Ayakan | Berat Tertinggal | Berat Tertinggal | Berat Tertinggal Komulatif | Persen Lolos Komulatif |
|---------------|------------------|------------------|----------------------------|------------------------|
| (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) |
| 40,00 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 20,00 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 10,00 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 4,80 | 2,667 | 0,133 | 0,133 | 99,867 |
| 2,40 | 127 | 6,337 | 6,470 | 93,530 |
| 1,20 | 325,667 | 16,251 | 22,721 | 77,279 |
| 0,60 | 425,667 | 21,241 | 43,962 | 56,038 |
| 0,30 | 365,000 | 18,214 | 62,176 | 37,824 |
| 0,15 | 342,000 | 17,066 | 79,242 | 20,758 |
| Sisa | 414,000 | 20,659 | 99,900 | 0,100 |
| Jumlah | 2002,000 | 99,900 | 120,559 | 0 |

Yogyakarta, 22 Januari 2020

Kepala Laboran-BKT,



Lampiran 5 Grafik Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus



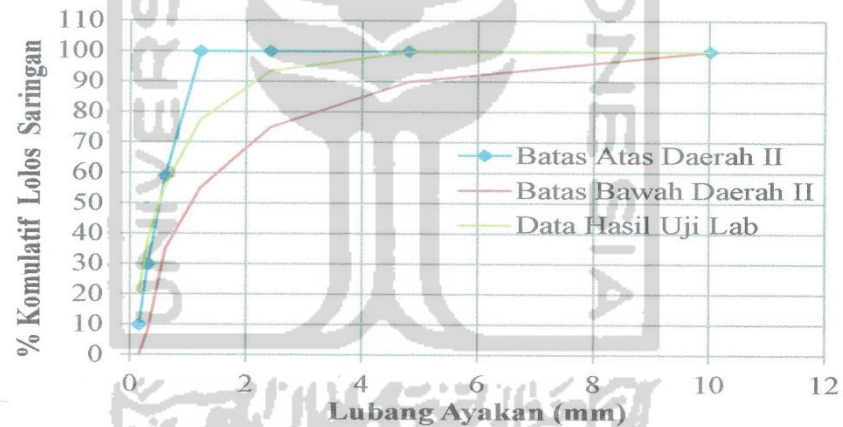
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

GRAFIK HASIL PENGUJIAN ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS

(BERDASARKAN SNI 03-1968-1990)

Nama Peneliti : Adi Sulistio
NIM : 13511299
Tanggal Pembuatan : -
Tanggal Pengujian : 04 Februari 2020



Yogyakarta, 22 Januari 2020

Kepala Laboran BKT,



Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.

Lampiran 6 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS

(BERDASARKAN SNI 03-1970-1990)

Nama Peneliti : Adi Sulistio
NIM : 13511299
Tanggal Pembuatan : -
Tanggal Pengujian : 04 Februari 2020

| No | Uraian | Berat | Satuan |
|----|---|---------|--------|
| 1 | Berat agregat halus kering oven (W1) | 500 | gr |
| 2 | Berat agregat halus kering oven setelah dicuci (W2) | 451,333 | gr |
| 3 | Kadar lumpur | 9,733 | % |

Yogyakarta, 22 Januari 2020

Kepala Laboran BKT,



Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.

Lampiran 7 Hasil Pengujian Uji Tekan Bata dan Mortar



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL UJI KUAT TEKAN BATA DAN MORTAR (BERDASARKAN SNI 03-6825-20020)

Nama Peneliti : Adi Sulistio
 NIM : 13511299
 Tanggal Pembuatan : -
 Tanggal Pengujian : 22 Januari 2020

| No. | Kode Benda Uji | Dimensi | | | Berat (g) | Berat Isi (g/cm ³) | Luas Permukaan (mm ²) | Beban | | Kuat Tekan Mpa | Kuat Tekan Rata-rata Mpa |
|-----|----------------|---------|--------|--------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------|----------------|--------------------------|
| | | P (mm) | L (mm) | T (mm) | | | | Kgf | N | | |
| 1 | BM01 | 42 | 42 | 42 | 131 | 1,768 | 1764 | 1000 | 9807 | 5,560 | 4,699 |
| 2 | BM02 | 41 | 41 | 41 | 122 | 1,770 | 1681 | 870 | 8532,090 | 5,076 | |
| 3 | BM03 | 41 | 41 | 41 | 125 | 1,814 | 1681 | 670 | 6570,690 | 3,909 | |
| 4 | BM04 | 40 | 41 | 41 | 118 | 1,755 | 1640 | 790 | 7747,530 | 4,724 | |
| 5 | BM05 | 42 | 42 | 42 | 125 | 1,687 | 1764 | 760 | 7453,320 | 4,225 | |
| 6 | BR01 | 41 | 41 | 41 | 46 | 0,667 | 1681 | 210 | 2059,470 | 1,225 | 1,110 |
| 7 | BR02 | 41 | 41 | 41 | 40 | 0,580 | 1681 | 120 | 1176,840 | 0,700 | |
| 8 | BR03 | 42 | 42 | 42 | 40 | 0,540 | 1764 | 180 | 1765,260 | 1,001 | |
| 9 | BR04 | 41 | 41 | 41 | 41 | 0,595 | 1681 | 240 | 2353,680 | 1,400 | |
| 10 | BR05 | 41 | 41 | 41 | 44 | 0,638 | 1681 | 210 | 2059,470 | 1,225 | |
| 11 | MBM01 | 52 | 51 | 50 | 268 | 2,0211 | 2652 | 1140 | 11179,980 | 4,216 | 8,082 |
| 12 | MBM02 | 52 | 51 | 51 | 274 | 2,0258 | 2652 | 2910 | 28538,370 | 10,761 | |
| 13 | MBM03 | 51 | 50 | 50 | 271 | 2,1255 | 2550 | 2410 | 23634,870 | 9,269 | |
| 14 | MBM04 | 51 | 51 | 50 | 264 | 2,030 | 2601 | 1900 | 18633,300 | 7,164 | |
| 15 | MBM05 | 51 | 51 | 50 | 265 | 2,038 | 2601 | 2500 | 24517,500 | 9,426 | |
| 16 | MBR01 | 52 | 51 | 50 | 243 | 1,8326 | 2652 | 3810 | 37364,670 | 14,089 | 9,852 |
| 17 | MBR02 | 53 | 52 | 51 | 245 | 1,7431 | 2756 | 4200 | 41189,400 | 14,945 | |

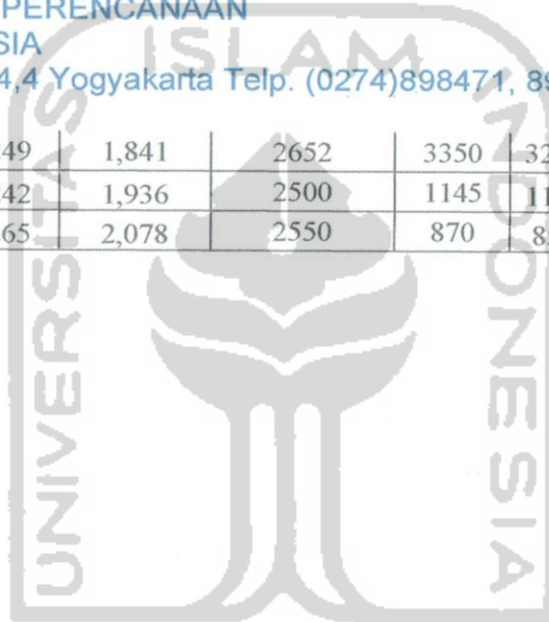
Lampiran 7 Hasil Pengujian Uji Tekan Bata dan Mortar (Lanjutan)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

| | | | | | | | | | | | |
|----|-------|----|----|----|-----|-------|------|------|-----------|--------|--|
| 18 | MBR03 | 52 | 51 | 51 | 249 | 1,841 | 2652 | 3350 | 32853,450 | 12,388 | |
| 19 | MBR04 | 50 | 50 | 50 | 242 | 1,936 | 2500 | 1145 | 11229,015 | 4,492 | |
| 20 | MBR05 | 50 | 51 | 50 | 265 | 2,078 | 2550 | 870 | 8532,090 | 3,346 | |



Yogyakarta, 22 Januari 2020

Kepala Laboran BKT,



Novi Rahmayanti, S.T.,M.Eng.

Lampiran 8 Hasil Uji Kuat Lentur Material Bata



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL UJI KUAT LENTUR MATERIAL BATA

(BERDASARKAN SNI 03-3959-1995)

Nama Peneliti : Adi Sulistio
 NIM : 13511299
 Tanggal Pembuatan : -
 Tanggal Pengujian : 28 Januari 2020

| No | Kode Benda Uji | Dimensi | | | Berat (g) | Lendutan Maks (mm) | Beban Maks | | Kuat Lentur (MPa) | Kuat Lentur Rata-rata (MPa) |
|----|----------------|---------|--------|--------|-----------|--------------------|------------|---------|-------------------|-----------------------------|
| | | P (mm) | L (mm) | T (mm) | | | (Kgf) | (N) | | |
| 1 | BM01 | 228 | 109 | 42 | 1690 | 42 | 303,39 | 2975,32 | 12,673 | 18,509 |
| 2 | BM02 | 217 | 100 | 40 | 1481 | 55 | 515,89 | 5059,30 | 24,664 | |
| 3 | BM03 | 219 | 101 | 40 | 1518 | 42 | 390,89 | 3833,43 | 18,503 | |
| 4 | BM04 | 218 | 101 | 40 | 1457 | 49 | 510,89 | 5010,27 | 24,183 | |
| 5 | BM05 | 229 | 108 | 33 | 1676 | 31 | 233,39 | 2288,83 | 12,523 | |
| 6 | BR01 | 600 | 75 | 200 | 5627 | 80 | 660,89 | 6481,32 | 25,925 | 21,799 |
| 7 | BR02 | 600 | 75 | 200 | 5837 | 130 | 610,89 | 5990,97 | 23,964 | |
| 8 | BR03 | 600 | 75 | 200 | 5664 | 120 | 660,89 | 6481,32 | 25,925 | |
| 9 | BR04 | 600 | 75 | 200 | 5603 | 130 | 640,89 | 6285,18 | 25,141 | |
| 10 | BR05 | 600 | 75 | 200 | 5421 | 85 | 639,89 | 6123,10 | 8,042 | |

Yogyakarta, 28 Januari 2020

Kepala Laboran BKT,



Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.

Lampiran 9 Hasil Uji Kuat Lekat Material Bata



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL UJI KUAT LEKAT MATERIAL BATA (BERDASARKAN SNI-03-4166-1996)

Nama Peneliti : Adi Sulistio
 NIM : 13511299
 Tanggal Pembuatan : -
 Tanggal Pengujian : 28 Januari 2020

| No | Kode benda uji | Lebar | Tinggi | Beban maksimal | | Kuat lekat (f_vh) | |
|----|----------------|-------------|-------------|----------------|--------------|-----------------------|-----------------|
| | | b (mm) | h (mm) | P_u (Kgf) | P_u (N) | Maks (Mpa) | Rerata (Mpa) |
| 1 | GLBR1 | 41.9 | 41.9 | 20 | 196.133 | 0.056 | 0.090 |
| 2 | GLBR2 | 42 | 42 | 35 | 343.233 | 0.097 | |
| 3 | GLBR3 | 39 | 40.5 | 22.5 | 220.650 | 0.070 | |
| 4 | GLBR4 | 42 | 43 | 27.5 | 269.683 | 0.075 | |
| 5 | GLBR5 | 39 | 41.5 | 50 | 490.333 | 0.151 | |
| 6 | GLBM1 | 51.2 | 50.1 | 10 | 98.067 | 0.019 | 0.134 |
| 7 | GLBM2 | 40.1 | 47.1 | 145 | 1421.964 | 0.376 | |
| 8 | GLBM3 | 46.7 | 50 | 47.5 | 465.816 | 0.100 | |
| 9 | GLBM4 | 50.1 | 48.2 | 42 | 411.879 | 0.085 | |
| 10 | GLBM5 | 49.4 | 50.3 | 45 | 441.299 | 0.089 | |
| 11 | GBR01 | 42 | 42 | 310 | 3040.062 | 0.862 | 0.787 |
| 12 | GBR02 | 39 | 41 | 362.5 | 3554.911 | 1.112 | |
| 13 | GBR03 | 40.7 | 42.4 | 180 | 1765.197 | 0.511 | |
| 14 | GBR04 | 41.3 | 42.3 | 112.5 | 1103.248 | 0.316 | |
| 15 | GBR05 | 41.8 | 43.5 | 420 | 4118.793 | 1.133 | |
| 16 | GBM01 | 42 | 45 | 645 | 6325.289 | 1.673 | 1.675 |
| 17 | GBM02 | 41 | 46.1 | 900 | 8825.985 | 2.335 | |
| 18 | GBM03 | 43.5 | 51.9 | 645 | 6325.289 | 1.401 | |
| 19 | GBM04 | 43 | 46.7 | 647.5 | 6349.806 | 1.581 | |
| 20 | GBM05 | 41.5 | 45 | 527.5 | 5173.008 | 1.385 | |

Lampiran 10 Hasil Uji Kuat Tarik Material kawat Galvanis



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL UJI KUAT TARIK MATERIAL KAWAT GALVANIS
 (BERDASARKAN SNI 03-3959-1995)

Nama Peneliti : Adi Sulistio
 NIM : 13511299
 Tanggal Pembuatan : -
 Tanggal Pengujian : 28 Januari 2020

| No. | Kode Benda Uji | Diameter (mm) | Luas (mm ²) | Beban Maks (N) | Kuat Tarik | |
|-----|----------------|------------------|----------------------------|-------------------|---------------|-----------------|
| | | | | | Maks (MPa) | Rerata (MPa) |
| 1 | GLBR1 | 1 | 0,7854 | 32,5 | 41,380 | 38,834 |
| 2 | GLBR2 | 1 | 0,7854 | 30 | 38,197 | |
| 3 | GLBR3 | 1 | 0,7854 | 30 | 38,197 | |
| 4 | GLBR4 | 1 | 0,7854 | 30 | 38,197 | |
| 5 | GLBR5 | 1 | 0,7854 | 30 | 38,197 | |

Yogyakarta, 28 Januari 2020

Kepala Laboran BKT,



Novi Rahmayanti, S.T.,M.Eng.