

TUGAS AKHIR

PENGARUH RENDAMAN AIR LAUT DAN PENGUNAAN MORTAR AIR LAUT PADA DINDING TERHADAP KUAT TEKAN DAN LENTUR (*THE EFFECT OF SEAWATER IMMERSION AND USE OF SEAWATER-MIXED MORTAR ON COMPRESSIVE AND FLEXURAL BOND STRENGTH OF MASONRY*)

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



**Naufal Hafidh Tauhid
18511227**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

TUGAS AKHIR

PENGARUH RENDAMAN AIR LAUT DAN PENGUNAAN MORTAR AIR LAUT PADA DINDING TERHADAP KUAT TEKAN DAN LENTUR (*THE EFFECT OF SEAWATER IMMERSION AND USE OF SEAWATER-MIXED MORTAR ON COMPRESSIVE AND FLEXURAL BOND STRENGTH OF MASONRY*)

Disusun oleh

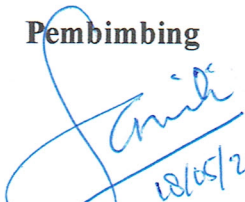
Naufal Hafidh Tauhid
18511227

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

Diuji pada tanggal 11 April 2023

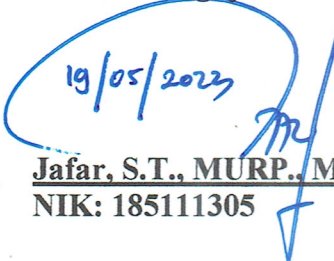
Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing


18/05/2023

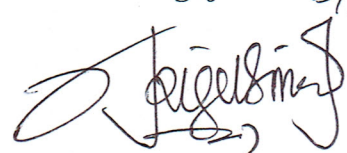
Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D.
NIK: 845110101

Penguji I


19/05/2023

Jafar, S.T., MURP., M.T.
NIK: 185111305

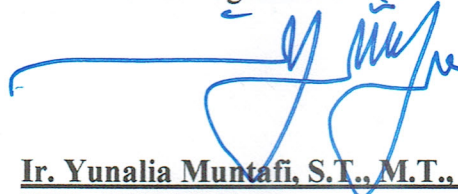
Penguji II 19/5/2023



Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.
NIK: 185111304

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng.)
NIK: 095110101



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, 8 Mei 2023
Yang membuat pernyataan,



Naufal Hafidh Tauhid
(18511227)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji bagi Allah yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Rendaman Air Laut dan Penggunaan Mortar Air Laut pada Dinding Terhadap Kuat Tekan dan Lentur”. Tidak lupa shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad *Shallallahu 'alaihi wasallam* dan keluarganya.

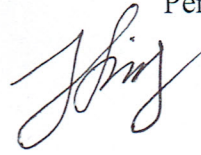
Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan dan dukungan yang diberikan selama pembuatan Tugas Akhir ini serta penulis mendoakan semoga Allah membalas kebaikan kepada:

1. Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng.) selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
2. Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Darussalam, Bapak Suwarno, dan Saudara Zaki selaku Laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik.
4. Bapak Jafar, S.T., MURP., M.T. dan Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T. selaku Penguji 1 dan Penguji 2.
5. Semua dosen pengajar serta staf Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia
6. Bapak, Ibu, Adik, Kakek, serta Nenek selaku keluarga inti penulis.
7. Teman-teman Teknik Sipil utamanya angkatan 2018 serta teman-teman SMA penulis yang menempuh studi di Yogyakarta utamanya “kos marjo squad”.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran sehingga dalam penulisan selanjutnya lebih baik lagi.

Yogyakarta, 8 Mei 2023

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Naufal', written in a cursive style.

Naufal Hafidh Tauhid
(18511227)

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| Halaman Judul | i |
| Halaman Pengesahan | ii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| ABSTRAK | xiv |
| <i>ABSTRACT</i> | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.5 Batasan Penelitian | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Penelitian Terdahulu | 6 |
| 2.1.1 Penggunaan Air Laut sebagai Air Campuran dan Air Rendaman pada Mortar | 6 |
| 2.1.2 Perendaman Dinding Bata Merah Menggunakan Air Laut | 7 |
| 2.1.3 Penggunaan Air Laut sebagai Air Campuran Beton | 8 |
| 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu | 9 |
| 2.3 Keaslian Penelitian | 14 |
| BAB III LANDASAN TEORI | 15 |
| 3.1 Material Penyusun | 15 |
| 3.1.1 Bata Merah | 15 |
| 3.1.2 Mortar | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1.2.1 Semen Portland | 19 |
| 3.1.2.2 Agregat Halus | 21 |
| 3.1.2.3 Air | 23 |
| 3.1.3 Air Laut | 24 |
| 3.2 Pemeriksaan Material | 25 |
| 3.2.1 Dimensi Bata | 25 |
| 3.2.2 Kerapatan Semu Bata | 25 |
| 3.2.3 Penyerapan Air Bata | 26 |
| 3.2.4 Kuat Tekan Bata | 26 |
| 3.2.5 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus | 27 |
| 3.2.6 Kadar Lumpur Agregat Halus | 28 |
| 3.2.7 Analisa Saringan Agregat Halus | 28 |
| 3.3 Pengujian Benda Uji | 29 |
| 3.3.1 Kuat Tekan Mortar | 29 |
| 3.3.2 Kuat Lekat Mortar | 29 |
| 3.3.3 Kuat Tekan Dinding Bata | 29 |
| 3.3.4 Kuat Lentur Dinding Bata | 30 |
| BAB IV METODE PENELITIAN | 31 |
| 4.1 Tinjauan Umum | 31 |
| 4.2 Jenis Data yang Digunakan | 31 |
| 4.3 Variabel Penelitian | 32 |
| 4.4 Benda Uji | 32 |
| 4.5 Bahan yang Digunakan | 33 |
| 4.6 Alat yang Digunakan | 34 |
| 4.7 Tahapan Penelitian | 36 |
| 4.7.1 Persiapan | 36 |
| 4.7.2 Pemeriksaan Material | 36 |
| 4.7.3 Pembuatan Benda Uji | 36 |
| 4.7.4 Perawatan dan Perendaman Benda Uji | 38 |
| 4.7.5 Pengujian Benda Uji | 38 |
| 4.7.6 Analisis Data | 39 |

| | |
|--|-----------|
| 4.7.7 Penyusunan Laporan | 39 |
| 4.8 Tahapan Pemeriksaan Material dan Pengujian Benda Uji | 39 |
| 4.8.1 Pemeriksaan Material | 39 |
| 4.8.2 Pengujian Benda Uji | 42 |
| 4.9 Bagan Alir Penelitian | 45 |
| BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN | 48 |
| 5.1 Hasil Pemeriksaan Material | 48 |
| 5.1.1 Dimensi Bata | 48 |
| 5.1.2 Kerapatan Semu Bata | 49 |
| 5.1.3 Penyerapan Air Bata | 51 |
| 5.1.4 Kuat Tekan Bata | 53 |
| 5.1.5 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus | 56 |
| 5.1.6 Kadar Lumpur Agregat Halus | 58 |
| 5.1.7 Analisa Saringan Agregat Halus | 59 |
| 5.2 Hasil Pengujian Benda Uji | 61 |
| 5.2.1 Kuat Tekan Mortar | 62 |
| 5.2.2 Kuat Lekat Mortar | 66 |
| 5.2.3 Kuat Tekan Dinding Bata | 70 |
| 5.2.4 Kuat Lentur Dinding Bata | 74 |
| 5.3 Pembahasan | 77 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | 80 |
| 6.1 Kesimpulan | 80 |
| 6.2 Saran | 80 |
| DAFTAR PUSTAKA | 82 |
| LAMPIRAN | 85 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Perbedaan Penelitian Terdahulu | 10 |
| Tabel 3.1 | Ukuran dan Toleransi Bata Merah | 16 |
| Tabel 3.2 | Kuat Tekan dan Koefisien Variasi untuk Bata Merah | 17 |
| Tabel 3.3 | Komposisi Senyawa dalam Semen | 20 |
| Tabel 3.4 | Gradasi Agregat Untuk Adukan | 23 |
| Tabel 4.1 | Jumlah Benda Uji Pemeriksaan Material | 32 |
| Tabel 4.2 | Jumlah Benda Uji Pengujian Benda Uji | 33 |
| Tabel 5.1 | Hasil Pengukuran Dimensi Bata | 48 |
| Tabel 5.2 | Data Pengujian Kerapatan Semu Bata | 49 |
| Tabel 5.3 | Hasil Pengujian Kerapatan Semu Bata | 50 |
| Tabel 5.4 | Data Pengujian Penyerapan Air Bata | 51 |
| Tabel 5.5 | Hasil Pengujian Penyerapan Air Bata | 52 |
| Tabel 5.6 | Data Pengujian Kuat Tekan Bata | 53 |
| Tabel 5.7 | Hasil Pengujian Kuat Tekan Bata | 54 |
| Tabel 5.8 | Data Simpangan Baku Kuat Tekan Bata | 55 |
| Tabel 5.9 | Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus | 57 |
| Tabel 5.10 | Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus | 58 |
| Tabel 5.11 | Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus | 58 |
| Tabel 5.12 | Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus | 59 |
| Tabel 5.13 | Data Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus | 59 |
| Tabel 5.14 | Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus | 60 |
| Tabel 5.15 | Perbandingan Hasil Analisa Saringan dengan SNI | 61 |
| Tabel 5.16 | Data Pengujian Kuat Tekan Mortar | 62 |
| Tabel 5.17 | Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar | 63 |
| Tabel 5.18 | Data Pengujian Kuat Lekat Mortar | 66 |
| Tabel 5.19 | Hasil Pengujian Kuat Lekat Mortar | 67 |
| Tabel 5.20 | Data Pengujian Kuat Tekan Dinding Bata | 70 |
| Tabel 5.21 | Hasil Pengujian Kuat Tekan Dinding Bata | 71 |

| | |
|---|----|
| Tabel 5.22 Data Pengujian Kuat Lentur Dinding Bata | 74 |
| Tabel 5.23 Hasil Pengujian Kuat Lentur Dinding Bata | 75 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.1 | Prisma Pasangan Bata | 37 |
| Gambar 4.2 | Susunan Dua Bata Menyilang | 38 |
| Gambar 4.3 | Skema Rencana Sebelum Pelaksanaan Pengujian Kuat Lekat Mortar | 43 |
| Gambar 4.4 | Skema Realisasi Saat Pelaksanaan Pengujian Kuat Lekat Mortar | 43 |
| Gambar 4.5 | Perkuatan Sisi Bata | 44 |
| Gambar 4.6 | Skema Pengujian Kuat Tekan Dinding Bata | 44 |
| Gambar 4.7 | Skema Pengujian Kuat Lentur Dinding Bata | 45 |
| Gambar 4.8 | Bagan Alir Penelitian | 46 |
| Gambar 5.1 | Penyebaran Nilai Kerapatan Semu Bata | 51 |
| Gambar 5.2 | Penyebaran Nilai Penyerapan Air Bata | 53 |
| Gambar 5.3 | Penyebaran Nilai Kuat Tekan Bata | 55 |
| Gambar 5.4 | Grafik Gradasi Agregat Halus | 61 |
| Gambar 5.5 | Diagram Perbandingan Kuat Tekan Mortar Air Tawar dengan Mortar Air Laut | 64 |
| Gambar 5.6 | Diagram Perbandingan Kuat Tekan Mortar Tanpa Perendaman dengan Mortar Disertai Perendaman | 65 |
| Gambar 5.7 | Diagram Perbandingan Kuat Lekat Mortar Air Tawar dengan Mortar Air Laut | 68 |
| Gambar 5.8 | Diagram Perbandingan Kuat Lekat Mortar Tanpa Perendaman dengan Mortar Disertai Perendaman | 69 |
| Gambar 5.9 | Diagram Perbandingan Kuat Tekan Dinding Menggunakan Mortar Air Tawar dengan Dinding Menggunakan Mortar Air Laut | 72 |
| Gambar 5.10 | Diagram Perbandingan Kuat Tekan Dinding Tanpa Perendaman dengan Dinding Disertai Perendaman | 73 |
| Gambar 5.11 | Diagram Perbandingan Kuat Lentur Dinding Menggunakan Mortar Air Tawar dengan Dinding Menggunakan Mortar Air Laut | 76 |

Gambar 5.12 Diagram Perbandingan Kuat Lentur Dinding Tanpa Perendaman
dengan Dinding Disertai Perendaman

77

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---------------------------------------|----|
| Lampiran 1 Hasil Pemeriksaan Material | 86 |
| Lampiran 2 Hasil Pengujian Benda Uji | 90 |
| Lampiran 3 Gambar Pengujian | 94 |

ABSTRAK

Banjir rob yang terjadi di wilayah pesisir akan mempengaruhi rumah yang sudah berdiri maupun yang akan dibangun. Pada rumah yang sudah berdiri, dinding yang terendam banjir akan mempengaruhi kekuatannya. Selain itu, pada proses pembuatan mortar saat pembangunan rumah, tercemarnya air tawar akibat banjir rob juga akan mempengaruhi kekuatannya. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh rendaman air laut serta pengaruh penggunaan air laut sebagai campuran mortar pada dinding bata merah terhadap kuat tekan dan lenturnya. Metode yang digunakan adalah eksperimen di laboratorium yang mengacu pada ASTM. Variabel yang digunakan adalah 2 jenis air pencampur mortar, yaitu air tawar dan laut, serta 2 macam pengkondisian, yaitu kondisi tanpa direndam dan direndam air laut. Terdapat 4 macam benda uji, yaitu mortar kubus 5 cm untuk pengujian kuat tekan mortar, susunan 2 bata menyilang untuk pengujian kuat lekat mortar, dan prisma pasangan bata untuk pengujian kuat tekan dan lentur dinding. Benda uji dengan variasi perendaman dilakukan perendaman dalam air laut selama 14 hari setelah masa perawatan 28 hari. Berdasarkan hasil dari tiap pengujian, dapat diketahui bahwa penggunaan air laut sebagai campuran mortar dapat meningkatkan kekuatan mortar dan dinding bata. Hal tersebut terjadi akibat kandungan Klorida yang mempercepat hidrasi semen. Akan tetapi, apabila mortar air laut tersebut terendam air laut, terjadi penurunan kekuatan yang signifikan. Hal tersebut diperkirakan akibat bertambahnya garam friedel pada saat perendaman benda uji. Sifat garam friedel yang makin lama makin mengembang mengakibatkan mortar terjadi tegangan dalam sehingga kekuatan mortar menurun dan juga kekuatan dinding bata ikut menurun.

Kata kunci: dinding bata merah, kuat tekan, kuat lekat, kuat lentur, mortar

ABSTRACT

Tidal floods that occur in coastal areas will affect houses that have been built or those that will be built. In houses that have been built, flooded walls will affect its strength. In addition, in the process of making mortar during house construction, fresh water contamination due to tidal flooding will also affect its strength. Based on this, a study was conducted to determine the effect of seawater immersion and the effect of using seawater as a mortar mixture on brick masonry on its compressive and flexural bond strength. The method used is laboratory experiments referring to ASTM. The variables used were 2 types of mortar mixing water, namely fresh water and sea water, as well as 2 types of conditioning, namely conditions without immersion and immersion in sea water. There are 4 types of specimens, namely 5 cm cube mortar for testing compressive strength of mortar, an arrangement of 2 crossed bricks for testing bond strength of mortar, and masonry prisms for testing compressive and flexural bond strength of masonry. Specimens with variations of immersion were carried out by immersion in sea water for 14 days after a treatment period of 28 days. Based on the results of each test, it can be seen that the use of sea water as a mortar mixture can increase the strength of the mortar and masonry. This is due to the chloride content which accelerates cement hydration. However, if the seawater mortar is submerged in seawater, a significant decrease in strength occurs. This is thought to be due to the addition of friedel salt during immersion of the test object. The nature of friedel's salt which expands more and more causes internal stress in the mortar so that the strength of mortar and also masonry decreases.

Keywords: *bond strength, brick masonry, compressive strength, flexural bond strength, mortar*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan komponen penting bagi kehidupan manusia. Dikatakan penting karena manfaatnya yang begitu banyak bagi manusia untuk kebutuhan sehari-hari. Selain mempunyai manfaat yang banyak, air juga dapat merugikan manusia apabila dikelola dengan buruk. Salah satu peran air yang merugikan manusia adalah bencana banjir. Terdapat beberapa jenis banjir ditinjau dari penyebabnya. Salah satu jenis banjir yang sering terjadi khususnya di pesisir Pulau Jawa adalah banjir yang disebabkan karena air laut pasang atau biasa disebut banjir rob.

Banjir rob terjadi karena naiknya permukaan air laut sehingga meluap menuju permukiman warga. Permukaan air laut yang naik dapat disebabkan oleh air laut pasang, pemanasan global serta peristiwa alam lainnya (Rasyid, 2022). Daerah pesisir Pulau Jawa merupakan daerah rawan terjadinya banjir rob. Selain permukaan air laut yang naik, banjir rob diperparah dengan turunnya permukaan tanah yang dapat disebabkan oleh eksploitasi air tanah serta eksploitasi lahan di daerah pesisir yang berlebihan (Rasyid, 2022).

Komponen lain yang juga penting bagi kehidupan manusia adalah tempat tinggal. Tempat tinggal merupakan salah satu kebutuhan primer manusia. Sebagai kebutuhan primer, manusia berusaha membangun tempat tinggal yang nyaman dan aman. Usaha manusia untuk mewujudkan kondisi yang nyaman dan aman adalah dengan membangun bangunan yang layak huni serta berada di daerah yang aman dari berbagai bencana termasuk bencana banjir. Akan tetapi, tidak sedikit juga manusia dengan keterbatasannya yang mau tidak mau harus tinggal di daerah rawan banjir.

Tinggal di daerah banjir menimbulkan banyak kerugian bagi manusia. Lamanya banjir rob dari mulai menggenangnya air hingga surut dan tidak ada air yang menggenang umumnya berlangsung sekitar 2 minggu atau 14 hari

(Supriyadi, 2023). Air kotor yang menggenang dalam waktu yang cukup lama dapat menjadi sumber penyakit yang rentan menyerang lansia dan anak-anak. Banjir juga menyebabkan aktivitas manusia terhambat atau bahkan terhenti. Pada kasus banjir rob, banjir mencemari air sumur warga sehingga berubah seperti air laut (Ihsanuddin, 2022). Daerah yang terkena banjir rob sulit mengakses air tawar dari sumur. Hal tersebut selain akan mempengaruhi kehidupan manusia juga akan mempengaruhi bangunan rumah yang akan dibangun di daerah tersebut.

Air merupakan komponen penting dalam proses pembangunan sebuah rumah. Pada pembangunan rumah, air digunakan sebagai campuran dalam membuat mortar yang digunakan untuk melekatkan batu bata. Umumnya air yang digunakan adalah air yang tawar, bersih dan jernih. Dengan tercemarnya air tawar akibat banjir rob, maka akan mempengaruhi kekuatan mortar yang dibuat menggunakan air tersebut.

Selain mempengaruhi bangunan rumah yang akan dibangun, banjir juga mempengaruhi bangunan rumah yang sudah berdiri. Banjir menyebabkan terendamnya salah satu komponen penting bangunan, yaitu dinding. Dinding merupakan komponen penting pada bangunan rumah sederhana karena berperan dalam membantu memikul beban atap serta berperan sebagai pelindung dari ancaman dari luar. Dinding umumnya tersusun dari batu bata yang dilekatkan dengan mortar. Pada saat terjadi banjir, susunan batu bata tersebut akan terendam air. Susunan batu bata yang terendam air dalam jangka waktu tertentu akan mempengaruhi kekuatannya.

Dari dua pernyataan di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh rendaman air laut dan penggunaan mortar campuran air laut pada dinding bata terhadap kuat tekan dan lenturnya. Nantinya hasil dari penelitian tersebut diharapkan dapat digunakan masyarakat sebagai salah satu pertimbangan dalam membangun ataupun membeli rumah di daerah pesisir yang dekat dengan laut serta rawan terjadi banjir rob.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan apa yang telah dipaparkan pada latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahannya sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggunaan air laut sebagai air campuran mortar terhadap kuat tekan dan lekat mortar?
2. Bagaimana pengaruh rendaman air laut pada mortar terhadap kuat tekan dan lekat mortar?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan air laut sebagai air campuran mortar pada pembuatan dinding bata merah terhadap kuat tekan dan lentur dinding bata merah?
4. Bagaimana pengaruh rendaman air laut pada dinding bata merah terhadap kuat tekan dan lentur dinding bata merah?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, maka tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh:

1. penggunaan air laut sebagai air campuran mortar terhadap kuat tekan dan lekat mortar,
2. rendaman air laut pada mortar terhadap kuat tekan dan lekat mortar,
3. penggunaan air laut sebagai air campuran mortar pada pembuatan dinding bata merah terhadap kuat tekan dan lentur dinding bata merah, dan
4. rendaman air laut pada dinding bata merah terhadap kuat tekan dan lentur dinding bata merah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi Peneliti

Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi para peneliti selanjutnya yang akan melanjutkan maupun mengembangkan penelitian terkait.

2. Bagi Masyarakat

Informasi mengenai kekuatan dinding bata merah akibat pengaruh air laut dari penelitian ini dapat digunakan masyarakat sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam membangun ataupun membeli rumah di daerah pesisir yang dekat laut serta rawan terjadi banjir rob.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan-batasan pada penelitian ini.

1. Bata merah yang digunakan adalah bata merah merk AT berasal dari Magelang.
2. Pasir yang digunakan adalah pasir berasal dari Gunung Merapi.
3. Semen yang digunakan adalah *portland cement* merek Tiga Roda.
4. Air tawar yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
5. Air laut yang digunakan berasal dari Dermaga Adikarta yang terletak di Kabupaten Kulon Progo.
6. Tidak meneliti kandungan semen dan air laut.
7. Mortar yang digunakan menggunakan perbandingan volume 1 semen : 4 pasir.
8. Sampel benda uji dinding bata dalam kondisi tidak diplester dengan tebal spesi sebesar $\pm 1,5$ cm.
9. Benda uji direndam air laut setelah umur 28 hari selama 14 hari.
10. Pengujian yang dilakukan serta standar yang digunakan adalah sebagai berikut.
 - a. Pemeriksaan material.
 - 1) Pengukuran Dimensi Bata (SNI 15-2094-2000)
 - 2) Pengujian Kerapatan Semu Bata (SNI 15-2094-2000)
 - 3) Pengujian Penyerapan Air Bata (SNI 15-2094-2000)
 - 4) Pengujian Kuat Tekan Bata (SNI 15-2094-2000)
 - 5) Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 1970:2016)
 - 6) Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus (SNI 4142-1996)
 - 7) Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus (SNI 1968-1990)

b. Pengujian benda uji.

- 1) Kuat Tekan Mortar (ASTM C 109)
- 2) Kuat Lekat Mortar (ASTM C 321)
- 3) Kuat Tekan Dinding Bata (ASTM E 447)
- 4) Kuat Lentur Dinding Bata (ASTM E 518)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi mengenai penelitian-penelitian terdahulu, baik berupa skripsi maupun jurnal yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian-penelitian tersebut digunakan sebagai referensi bagi peneliti. Pada bab ini juga berisi mengenai poin-poin perbedaan masing-masing penelitian terdahulu serta penjelasan perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan.

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan serta menjadi referensi bagi peneliti.

2.1.1 Penggunaan Air Laut sebagai Air Campuran dan Air Rendaman pada Mortar

Penelitian dilakukan oleh Utami dkk. (2016) berkaitan dengan kuat tekan mortar yang menggunakan air laut sebagai campurannya serta dilakukan perendaman air laut. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini berbentuk kubus berukuran 50x50x50 mm dengan komposisi campuran 1 PC : 2,75 Pasir berdasarkan perbandingan berat. Setiap perlakuan menggunakan 30 sampel benda uji yang masing-masing dibuat dan direndam menggunakan tiga jenis air yaitu air tawar, air laut, dan air tawar diberi larutan NaCl. Variasi lama perendaman pada penelitian ini diantaranya 3, 7, 14, 21, 28, dan 60 hari.

Dari penelitian yang dilakukan didapat hasil bahwa terdapat kecenderungan benda uji mengalami kenaikan kuat tekan pada tiga hari pertama perendaman, tetapi akan mengalami penurunan kuat tekan pada perendaman selama 7 sampai 14 hari. Sedangkan pada perendaman selama 21 sampai 60 hari semua benda uji kecuali mortar yang dibuat menggunakan air tawar lalu direndam air laut mengalami peningkatan kuat tekan yang relatif kecil. Pada mortar yang dibuat menggunakan air tawar lalu direndam air laut mengalami kenaikan kuat tekan pada perendaman selama 14 sampai 21 hari, sedangkan pada perendaman selama 28 hari terjadi penurunan kuat tekan. Mortar tersebut cenderung tidak mengalami perubahan kuat tekan pada perendaman selama 28 sampai 60 hari.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Ali dan Datu (2018) berkaitan dengan kuat tekan mortar yang menggunakan air laut sebagai campurannya serta dilakukan perawatan air laut. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini berbentuk kubus (50x50x50) mm dengan pencampur air tawar dan air laut. Setelah 24 jam, benda uji dilakukan perawatan dengan air tawar, air laut, dan udara. Pengujian dilakukan saat benda uji berumur 3, 7, 14, dan 28 hari.

Dari penelitian yang dilakukan didapat hasil bahwa mortar dalam perawatan udara mengalami perkembangan kuat tekan lebih kecil dibandingkan dalam perawatan air tawar dan air laut. Berdasarkan pengaruh jenis air pencampurnya, kuat tekan mortar yang dibuat menggunakan air laut lebih tinggi dari kuat tekan mortar yang dibuat menggunakan air tawar. Sedangkan berdasarkan jenis air perawatannya, kuat tekan mortar yang dibuat menggunakan air tawar maupun air laut lalu dirawat dengan air tawar sedikit lebih besar dibandingkan dengan yang dirawat dengan air laut, tetapi perbedaannya tidak signifikan. Sementara itu, mortar dengan perawatan di udara didapat nilai kuat tekan yang lebih kecil dibandingkan dengan perawatan kedua jenis air.

2.1.2 Perendaman Dinding Bata Merah Menggunakan Air Laut

Penelitian dilakukan oleh Hanafi dkk. (2019) berkaitan dengan kuat tekan dinding bata merah yang direndam dengan air tawar, air payau dan air asin. Terdapat variasi dinding bata merah tanpa plesteran dan dengan plesteran. Benda uji tanpa plesteran mempunyai ukuran 800x500x100 mm dan benda uji dengan plesteran mempunyai ukuran 800x500x130 mm. Benda uji dinding bata yang digunakan berjumlah 8, yang terdiri dari 6 benda uji perendaman dan 2 benda uji tanpa perendaman.

Komposisi campuran mortar yang digunakan pada penelitian ini untuk dinding bata tanpa plesteran adalah semen:pasir = 1:4, sedangkan untuk dinding bata dengan plesteran adalah semen:pasir = 1:2. Setiap benda uji dinding bata akan diambil 3 sampel benda uji kubus mortar berukuran 50x50x50 mm untuk diuji kuat tekannya. Jadi total benda uji kubus mortar berjumlah 48 benda uji. Perawatan benda uji dinding bata dilakukan dengan cara membalut benda uji menggunakan goni basah, sedangkan untuk benda uji kubus mortar dilakukan

dengan cara direndam dengan air. Setiap benda uji dilakukan perawatan selama 28 hari, lalu direndam selama 21 hari dengan air tawar, air payau, dan air asin.

Hasil kuat tekan mortar 1:4 tanpa perendaman, perendaman air tawar, perendaman air payau, dan perendaman air asin berturut-turut adalah 10,43 MPa; 8,12 MPa; 5,31 MPa; dan 5,21 MPa. Sedangkan untuk kuat tekan mortar 1:2 berturut-turut adalah 28,59 MPa; 20,94 MPa; 17,50 MPa; dan 15,30 MPa. Hasil kuat tekan dinding bata merah tanpa plesteran dengan tanpa perendaman, perendaman air tawar, perendaman air payau, dan perendaman air asin berturut-turut adalah 4,24 MPa; 3,06 MPa; 2,90 MPa; dan 2,66 MPa. Sedangkan untuk kuat tekan dinding bata dengan plesteran berturut-turut adalah 5,24 MPa; 5,05 MPa; 3,85 MPa; dan 3,38 MPa. Berdasarkan nilai kuat tekan yang telah dipaparkan, terjadi penurunan nilai kuat tekan pada mortar, dinding bata tanpa plesteran, maupun dinding bata dengan plesteran akibat direndam dengan air laut. Maka dapat disimpulkan bahwa rendaman air laut berpengaruh pada kuat tekan mortar maupun dinding bata merah.

2.1.3 Penggunaan Air Laut sebagai Air Campuran Beton

Penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh lingkungan sekitar pada pengembangan kuat tekan beton yang menggunakan campuran air laut dilakukan oleh Khatibmasjedi dkk. (2020). Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan dimensi (100x200) mm. Benda uji dirawat di tempat lembab selama 28 hari. Pengujian dilakukan dengan 2 tahap, yaitu awal dan akhir. Pengujian kuat tekan awal dilakukan pada umur 3,7, dan 28 hari pada masa perawatan. Setelah masa perawatan 28 hari, benda uji dikondisikan pada 4 kondisi lingkungan, yaitu lingkungan subtropis, zona pasang surut, perawatan lembab, dan air laut hingga waktu pengujian. Pengujian kuat tekan akhir dilakukan setelah 6, 12, 18, dan 24 bulan.

Hasil pengujian kuat tekan awal didapatkan bahwa beton campuran air laut menunjukkan nilai yang lebih tinggi setelah 3 dan 7 hari berturut-turut sebesar 7,5% dan 6%. Perbedaan tersebut menurun berjalannya waktu dan pada umur 28 hari beton campuran air laut menunjukkan nilai lebih tinggi 1%. Sedangkan hasil pengujian kuat tekan akhir didapatkan bahwa beton campuran air laut

menunjukkan nilai yang sebanding pada 4 waktu pengujian dan 4 variasi kondisi, namun beton campuran air laut menunjukkan nilai lebih tinggi 14% pada 24 bulan kondisi lingkungan air laut. Maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan air laut pada campuran beton berpengaruh pada kuat tekan beton.

Penelitian lainnya berkaitan dengan kuat tekan beton yang menggunakan air laut sebagai campurannya dilakukan oleh Vishwakarma (2020). Penelitian ini menggunakan perbandingan *M30 grade* untuk komposisi campuran beton. Variasi umur pengujian beton adalah 7, 14, dan 28 hari. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan benda uji kubus berdimensi (150 x 150 x 150) mm.

Hasil kuat tekan kubus beton yang dibuat menggunakan air tawar pada umur 7, 14, dan 28 hari berturut-turut adalah 27,2 MPa; 32,1 MPa; dan 39,8 MPa. Sedangkan hasil kuat tekan kubus beton yang dibuat menggunakan air garam pada umur 7, 14, dan 28 hari berturut-turut adalah 28,65 MPa; 34,5 MPa; dan 41,6 MPa. Dari hasil yang dipaparkan, beton yang dibuat menggunakan campuran air laut mempunyai nilai kuat tekan lebih besar pada semua umur yang diuji. Maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan air laut pada campuran beton berpengaruh pada kuat tekan beton.

2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang telah dipaparkan, maka dapat dilihat perbedaan masing-masing penelitian pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu

| Variabel Tinjau | Utami dkk. (2016) | Ali dan Datu (2018) | Hanafi dkk. (2019) | Khatibmasjedi dkk. (2020) | Vishwakarma dkk. (2020) | Penulis |
|------------------------|---|---|--|--|---|---|
| Judul | Pengaruh Jenis Air Pencampur dan Perendaman Terhadap Perilaku Kekuatan Tekan Mortar Campuran Semen-Pasir | Pengaruh Air Laut Sebagai Air Pencampur dan Air Perawatan pada Karakteristik Pasta Semen dan Mortar | Perbandingan Kuat Tekan Dinding Tanpa Plesteran dengan Plesteran Trasram Akibat Pengaruh Perendaman Air Tawar, Air Payau, dan Air Asin | <i>Compressive Strength Development of Seawater-Mixed Concrete Subject to Different Curing Regimes</i> | <i>Effect of Salt Water on Compressive Strength, Flexural Strength and Durability of a Concrete</i> | Pengaruh Rendaman Air Laut dan Penggunaan Mortar Air Laut pada Dinding Terhadap Kuat Tekan dan Lentur |
| Tujuan | Mengetahui pengaruh kekuatan tekan mortar yang pembuatannya menggunakan air tawar, air laut, dan air garam sebagai air pencampurnya | Menyelidiki pengaruh air laut sebagai air pencampur dan air perawatan pada karakteristik pasta semen dan mortar | Mengetahui rembesan air pada dinding dengan perendaman tiga jenis air permukaan dan pengaruh rembesan tersebut terhadap kuat tekan dinding pasangan bata merah | Mengetahui pengaruh lingkungan sekitar pada pengembangan kuat tekan beton yang menggunakan campuran air laut | Mengetahui pengaruh air garam pada kuat tekan, kuat lentur, dan durabilitas beton | Mengetahui pengaruh air laut sebagai air pencampur mortar dan air rendaman terhadap kuat tekan dan lekat mortar serta kuat tekan dan lentur dinding pasangan bata merah |

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu

| Variabel Tinjau | Utami dkk. (2016) | Ali dan Datu (2018) | Hanafi dkk. (2019) | Khatibmasjedi dkk. (2020) | Vishwakarma dkk. (2020) | Penulis |
|-----------------|--|--|--|--|---|--|
| Parameter Uji | Kuat tekan mortar | Konsistensi, waktu ikat semen, dan Kuat tekan mortar | Absorpsi mortar, kuat tekan mortar, dan kuat tekan dinding pasangan bata merah | Kuat tekan beton, penyerapan air beton, dan densitas beton | Kuat tekan beton, kuat lentur beton, dan durabilitas beton | Kuat tekan dan lekat mortar serta kuat tekan dan lentur dinding pasangan bata merah |
| Benda Uji | Mortar kubus dimensi 5 cm dengan campuran 1PC:2,75Pasir (perbandingan berat) | Mortar kubus dimensi 5 cm dengan campuran 1PC:2,75Pasir (perbandingan berat) | Mortar kubus dimensi 5 cm, dinding pasangan bata tanpa plesteran dimensi (80x50x10) cm dengan campuran 1PC:4Pasir, dan dinding pasangan bata dengan plesteran dimensi (80x50x13) cm dengan campuran 1PC:2Pasir | Beton silinder dimensi (10 x 20) cm | Beton kubus dimensi (15 x 15 x 15) cm dan beton balok dimensi (15 x 15 x 70) cm menggunakan komposisi campuran <i>M30 grade</i> | Mortar kubus dimensi 5 cm, dua bata disusun menyilang, enam bata disusun menumpuk, dan sembilan bata disusun menumpuk dengan campuran 1PC:4Pasir |

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu

| Variabel Tinjau | Utami dkk. (2016) | Ali dan Datu (2018) | Hanafi dkk. (2019) | Khatibmasjedi dkk. (2020) | Vishwakarma dkk. (2020) | Penulis |
|------------------------|--|---|---|---|--|--|
| Varian Penelitian | Benda uji dibuat menggunakan 3 jenis air pencampur, yaitu air tawar, air garam, dan air laut. Benda uji masing-masing direndam pada 3 jenis air, yaitu air tawar, air garam, dan air laut. Pengujian dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21, 28 dan 60 hari. | Benda uji dibuat menggunakan 2 jenis air pencampur, yaitu air tawar dan air laut. Benda uji masing-masing dirawat pada 3 kondisi, yaitu rendam air tawar, rendam air laut, dan tanpa rendaman. Pengujian dilakukan pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari. | Benda uji dibuat menggunakan air tawar. Benda uji direndam dengan 4 macam variasi, yaitu tanpa perendaman, rendam air tawar, rendam air payau, dan rendam air asin. Pengujian dilakukan setelah 28 hari perawatan dan 21 hari perendaman. | Benda uji dikondisikan pada 4 kondisi, yaitu lingkungan subtropis, zona pasang surut, perawatan lembab, dan air laut. Pengujian kuat tekan awal dilakukan pada umur 3,7, dan 28 hari pada masa perawatan. Pengujian kuat tekan akhir dilakukan 6, 12, 18, dan 24 bulan setelah perawatan. | Benda uji dibuat menggunakan 2 jenis air pencampur, yaitu air tawar dan air garam. Pengujian dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. | Benda uji dibuat menggunakan 2 jenis air pencampur, yaitu air tawar dan air laut. Benda uji masing-masing dikondisikan pada 2 kondisi, yaitu tanpa perendaman dan direndam air laut. Pengujian dilakukan setelah 28 hari perawatan dan 14 hari perendaman. |

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu

| Variabel Tinjau | Utami dkk. (2016) | Ali dan Datu (2018) | Hanafi dkk. (2019) | Khatibmasjedi dkk. (2020) | Vishwakarma dkk. (2020) | Penulis |
|------------------------|--|--|---|--|---|----------------|
| Hasil | Mortar air tawar yang direndam air tawar & laut kuat tekannya tetap, sedangkan jika direndam air garam kuat tekannya turun. Pada mortar air laut yang direndam air tawar, air laut, & air garam kuat tekannya masih dapat bertambah. Pada mortar air garam yang direndam air tawar & air laut kuat tekannya turun, tetapi jika direndam air garam kuatnya masih dapat meningkat. | Air laut dapat memperbaiki kuat tekan mortar sampai pada umur 28 hari. Kuat tekan mortar pencampur air tawar dan mortar pencampur air laut tidak dipengaruhi oleh jenis air perawatan, air tawar dan air laut. | Pada dinding tanpa plesteran, nilai kuat tekan perendaman air tawar, air payau, & air asin mengalami penurunan sebesar 27,68%; 31,44%; dan 37,24%. Pada dinding plesteran, nilai kuat tekan perendaman air tawar, air payau & air asin mengalami penurunan sebesar 3,64%, 26,58%; dan 35,47%. | Hasil pengujian kuat tekan akhir didapatkan bahwa beton campuran air laut menunjukkan nilai yang sebanding pada 4 waktu pengujian dan 4 variasi kondisi, namun beton campuran air laut menunjukkan nilai lebih tinggi 14% pada 24 bulan kondisi lingkungan air laut. | Dari hasil yang didapat, beton yang dibuat menggunakan campuran air laut mempunyai nilai kuat tekan lebih besar pada semua umur yang diuji. | - |

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian yang dilakukan berkaitan dengan air laut, baik rendaman air laut maupun penggunaan air laut pada campuran mortar sebagian besar menggunakan benda uji mortar atau beton saja, sedikit yang menggunakan benda uji dinding bata. Selain itu, penelitian yang dilakukan umumnya hanya meneliti pengaruh rendaman air laut saja atau pengaruh penggunaan air laut pada mortar saja, sedikit yang meneliti keduanya sekaligus. Berdasarkan latar belakang dan literatur yang telah disebutkan, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh rendaman air laut pada dinding bata merah serta pengaruh penggunaan air laut pada campuran mortar dinding bata merah terhadap kuat tekan dan kuat lentur dinding bata merah dengan menggunakan benda uji mortar dan juga dinding bata.

BAB III

LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi mengenai semua dasar teori yang berkaitan dengan penelitian, baik teori tentang material penyusun benda uji maupun teori tentang pengujian yang akan dilakukan. Teori-teori tersebut digunakan sebagai landasan dalam menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang terjadi.

3.1 Material Penyusun

Dasar teori material penyusun yang akan dipaparkan pada subbab ini adalah material bata merah dan mortar, termasuk material penyusun mortar, yaitu agregat halus, semen, dan air.

3.1.1 Bata Merah

Pengertian bata merah menurut SNI 15-2094-2000 adalah bahan bangunan yang berbentuk prisma segiempat panjang dengan volume lubang maksimum 15% dan digunakan untuk konstruksi dinding bangunan yang terbuat dari tanah liat dengan atau tanpa dicampur bahan aditif dan dibakar pada suhu tertentu.

Bata merah sebagai bahan penyusun dinding sangat umum digunakan karena kelebihan yang dimilikinya. Bata merah mampu menyerap hawa panas ketika siang hari dan dapat meredam hawa dingin ketika malam hari. Dilihat dari proses pembuatannya, bata merah memiliki kelebihan diantaranya bahan baku yang mudah didapat serta kemudahan dalam proses pembuatannya sehingga banyak masyarakat yang dapat membuatnya.

Menurut Frick dan Koesmartadi (1999), bata merah sebagai hasil industri rumahan yang biasanya dilakukan oleh masyarakat di desa dibuat dengan menggunakan bahan-bahan dasar sebagai berikut.

1. Lempung (tanah liat), yang mengandung silika sebesar 50-70%. Bata yang terlalu banyak mengandung tanah liat akan mengakibatkan susutan bata yang cukup besar selama proses pengeringan dan pembakaran sehingga dapat menimbulkan retak atau melengkung.

2. Sekam padi, berfungsi sebagai alas agar bata tidak melekat pada tanah serta membuat permukaan bata kasar. Sekam padi juga digunakan sebagai bahan campuran pembuatan bata. Pada saat pembakaran bata mentah, sekam padi akan ikut terbakar sehingga membentuk pori-pori pada bata.
3. Kotoran binatang, berfungsi untuk melunakkan tanah. Kotoran binatang yang digunakan adalah kotoran kerbau, kuda, dan sejenisnya. Selain digunakan untuk melunakkan tanah, kotoran binatang membantu dalam proses pembakaran dengan memberikan panas yang lebih tinggi di dalam bata merah.
4. Air, berfungsi juga untuk melunakkan tanah dan merendam tanah. Tanah liat dilunakkan dan direndam dengan air agar bersifat plastis. Sifat plastis tersebut penting agar tanah liat dapat dicetak dengan mudah serta dikeringkan tanpa susut, retak-retak, maupun melengkung.

Tinggi rendahnya kualitas bata merah tergantung pada kualitas tanah liat yang digunakan serta tergantung pada metode dan pengawasan proses pembuatan. Menurut Frick dan Koesmartadi (1999), dilihat dari penampilan fisiknya, bata harus mempunyai rusuk yang tajam dan siku, bidang sisi harus datar, tidak menunjukkan retak, tidak mudah hancur atau patah, perubahan bentuk tidak berlebihan, permukaan bata harus kasar, warnanya merah seragam, dan bunyinya nyaring bila diketuk.

Ukuran dan toleransi bata merah berdasarkan SNI 15-2094-2000 dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Ukuran dan Toleransi Bata Merah

| Modul | Tinggi (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) |
|--------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| M-5a | 65±2 | 92±2 | 190±4 |
| M-5b | 65±2 | 100±2 | 190±4 |
| M-6a | 52±3 | 110±2 | 230±5 |
| M-6b | 55±3 | 110±2 | 230±5 |
| M-6c | 70±3 | 110±2 | 230±5 |
| M-6d | 80±3 | 110±2 | 230±5 |

Sumber: SNI 15-2094-2000

Modifikasi ukuran dan bentuk dari bata merah konvensional diperbolehkan, namun secara fisik dan ukuran harus tetap sesuai syarat karena ukuran bata merah berhubungan dengan inersia penampang dimana hal tersebut juga dapat mempengaruhi besarnya kekuatan bata merah.

Sedangkan untuk besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diizinkan untuk bata merah berdasarkan SNI 15-2094-2000 dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Kuat Tekan dan Koefisien Variasi untuk Bata Merah

| Kelas | Kuat tekan rata-rata minimum (kg/cm² [MPa]) | Koefisien variasi dari kuat tekan rata-rata yang diuji (%) |
|--------------|---|---|
| 50 | 50 [5] | 22 |
| 100 | 100 [10] | 15 |
| 150 | 150 [15] | 15 |

Sumber: SNI 15-2094-2000

3.1.2 Mortar

Pengertian mortar menurut Tjokrodinuljo (1992) adalah bahan bangunan yang terbuat dari air, bahan perekat, dan agregat halus. Ditinjau dari bahan perekatnya, mortar dapat dibedakan menjadi empat tipe yang akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Mortar lumpur, yaitu mortar yang dibuat dari campuran pasir, tanah liat/lumpur, dan air yang dicampur sampai rata hingga mempunyai konsistensi yang baik. Mortar ini biasa dipakai sebagai bahan tembok atau bahan tungku api.
2. Mortar kapur, yaitu mortar yang dibuat dari campuran pasir, kapur, dan air. Kapur dan pasir mula-mula dicampur dalam keadaan kering, kemudian ditambahkan air. Mortar ini biasanya digunakan untuk pembuatan tembok bata.
3. Mortar semen, yaitu mortar yang dibuat dari campuran pasir, semen portland, dan air. Mortar ini kekuatannya lebih besar dari pada mortar lumpur dan mortar kapur sehingga biasanya dipakai untuk tembok, pilar kolom, atau bagian lain

yang menahan beban. Dikarenakan mortar ini kedap air, maka dapat dipakai pula untuk bagian luar dan bagian yang berada di bawah tanah.

4. Mortar khusus, yaitu mortar yang dibuat dengan menambahkan *asbestos*, *fibers*, *jute fibers* (serat rami), butir – butir kayu, serbuk gergaji kayu, dan sebagainya. Mortar ini digunakan untuk bahan isolasi panas atau peredam suara. Mortar tahan api diperoleh dengan menambahkan bubuk bata api dengan *aluminous* semen. Mortar ini biasa dipakai untuk tungku api dan sebagainya.

Adukan mortar berdasarkan tujuannya dibagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

1. Adukan mortar yang digunakan untuk siar, yaitu merekatkan bidang kontak antar bata atau sejenisnya pada arah horizontal dan vertikal membentuk bidang dinding; dan
2. Adukan mortar yang digunakan untuk plesteran, yaitu menutup susunan bata merah sehingga menjadikan permukaan dinding rata.

Walaupun adukan plester menahan beban yang relatif kecil, akan tetapi sifat ketahanannya perlu diperhatikan, dalam artian tahan terhadap pengaruh luar baik perubahan suhu ataupun pengaruh lainnya.

Selain susunan bahan, yang perlu diperhatikan adalah sifat dari mortar itu sendiri pada saat dikerjakan. Menurut Tjokrodimuljo (1992), mortar yang baik harus murah, tahan lama, mudah dikerjakan (diaduk, diangkut, dipasang, diratakan), melekat dengan baik, cepat kering/keras, tahan terhadap rembesan air, dan tidak timbul retak-retak setelah dipasang. Kebutuhan air sangat mempengaruhi kemudahan pengerjaan mortar.

Mortar semen akan memberikan kuat tekan yang baik jika memakai pasir kasar dan bersih, serta bergradasi baik. Pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan pemisahan butiran (segregasi) pada semen dan pasir sehingga menyebabkan adanya rongga yang tidak terisi oleh pasta semen yang berakibat mengurangi daya rekat. Dengan demikian akan mempengaruhi pula daya tahannya terhadap penetrasi air hujan dan kekuatannya (Nugraha, 1996). Penjelasan lebih lengkap mengenai bahan-bahan penyusun mortar akan dijelaskan pada penjelasan di bawah ini.

3.1.2.1 Semen Portland

Pengertian semen portland menurut SNI 2049:2015 didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Berdasarkan SNI 2049:2015, semen portland dibagi menjadi 5 jenis menurut tujuan penggunaannya, yaitu sebagai berikut.

1. Jenis I (*Ordinary Portland Cement*)

Semen jenis I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain. Jenis semen ini paling banyak diproduksi dan banyak di pasaran.

2. Jenis II (*Moderate Sulfat Resistance*)

Semen jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang. Semen portland jenis II ini disarankan untuk dipakai pada bendungan, dermaga, dan landasan berat serta pada kondisi dimana proses hidrasi rendah merupakan pertimbangan utama.

3. Jenis III (*High Early Strength*)

Semen jenis III yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi. 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 jenis I pada umur 3 hari. Pada umur 7 hari, semen portland jenis III ini kekuatannya menyamai beton dengan menggunakan semen portland tipe I pada umur 28 hari.

4. Jenis IV (*Low Heat Of Hydration*)

Semen jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah. Penggunaan semen ini banyak ditujukan untuk struktur beton yang *massive* dan dengan volume yang besar, seperti bendungan, dam, serta 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. Pengembangan kuat tekan dari semen jenis ini juga sangat lambat jika dibanding semen portland jenis I.

5. Jenis V (*Sulfat Resistance Cement*)

Semen jenis 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.

Semen portland terdiri dari oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO₂), oksida alumina (Al₂O₃), dan oksida besi (Fe₂O₃). Kandungan dari keempat oksida kurang lebih 95% dari berat semen dan biasanya disebut *major oxides*, sedangkan sisanya sebanyak 5% terdiri dari oksida magnesium (MgO) dan oksida lain. Komposisi spesifik semen portland tergantung pada jenis semen dan komposisi bahan baku yang dipergunakan. Susunan bahan kimia yang terkandung dalam semen dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Komposisi Senyawa dalam Semen

| Senyawa | Persentase (%) |
|--|----------------|
| Kapur (CaO) | 60-65 |
| Silika (SiO ₂) | 17-25 |
| Alumina (Al ₂ O ₃) | 3-8 |
| Besi (Fe ₂ O ₃) | 0,5-6 |
| Magnesia (MgO) | 0,5-4 |
| Sulfur (SO ₃) | 1-2 |
| Soda/Potash (Na ₂ O+K ₂ O) | 0,5-1 |

Sumber: Tjokrodinuljo (1992)

Nugraha (1996) menyatakan bahwa semen dan air saling beraksi mengalami hidratisasi yang menghasilkan hidrasi semen. Proses tersebut berlangsung sangat cepat. Dengan adanya penambahan beberapa persen gips yang bersifat menghambat pengikatan semen dan air, maka akhirnya mortar dapat

diangkut dan dikerjakan sebelum pembentukan ikatan berakhir. Kecepatan waktu ikat dipengaruhi oleh kehalusan semen, temperatur dan faktor air semen.

Menurut Tjokrodimuljo (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 mengisi 10% dari volume beton, namun karena merupakan bahan yang aktif maka perlu diperhatikan penggunaannya.

Syarat-syarat semen yang harus dipenuhi oleh semen portland menurut Nugraha (1996) adalah kehalusan butir, sifat lokal bentuk, dan kuat desak adukan. Berdasarkan peraturan, paling sedikit 78% dari berat semen harus lolos lubang ayakan nomor 200. Semen yang berbutir halus akan cepat bereaksi dengan air dan dapat mengembangkan kekuatan, walaupun tidak mempengaruhi kekuatan ultimitnya. Namun perlu diketahui semen yang berbutir terlalu halus akan menyebabkan penyusutan yang besar dan akan menimbulkan retak susut pada mortar. Sifat kekal bentuk pada semen diperlukan untuk menjamin supaya mortar tidak mudah retak, tidak berubah bentuk, serta tidak mudah pecah.

3.1.2.2 Agregat Halus

Agregat halus menurut SNI 03-6820-2002 adalah agregat dengan besar butiran maksimum 4,75 mm berasal dari alam atau hasil olahan. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu karena beberapa sebab, salah satunya kikisan air. Pasir dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai, atau dari tepi laut. Tjokrodimuljo (1992) menggolongkan pasir menjadi 3 macam sebagai berikut.

1. Pasir galian, diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam, tetapi biasanya harus dibersihkan terlebih dahulu.
2. Pasir sungai, diperoleh langsung dari dasar sungai, yang umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Karena agregat ini bulat maka daya lekat antar butirnya pun cukup buruk.
3. Pasir laut diperoleh dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam. Garam menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu

agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Oleh karena itu tidak dianjurkan untuk memakai pasir jenis ini dalam membuat bangunan.

Nugraha dan Antoni (2007) menyatakan bahwa bila jumlah agregat halus terlalu sedikit maka campuran beton akan disebut *undersanded*, yaitu pasta tidak mampu mengisi ruang-ruang kosong sehingga campuran akan mudah terpisah sehingga akan sulit dikerjakan. Akan tetapi, apabila jumlah agregat halus terlalu banyak maka campuran disebut *oversanded*, campuran ini memang kohesif, tetapi tidak terlalu lecek. Campuran ini lebih membutuhkan banyak air sehingga membutuhkan banyak semen untuk faktor air semen yang sama.

Syarat-syarat agregat halus yang dipakai sebagai campuran mortar menurut Tjokrodinuljo (1992) adalah sebagai berikut.

1. Butir-butir agregat halus harus tajam dan keras sehingga tidak mudah hancur. Nugraha (1996) menjelaskan bahwa bentuk yang tajam diperlukan sebagai kaitan yang baik agar tidak mudah terjadi slip. Namun bentuk tajam juga dapat menimbulkan gesekan yang besar, sehingga mengurangi mobilitas dan *workability*, tetapi masalah ini dapat diatasi dengan penambahan air.
2. Agregat tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur yang dimaksud menurut Nugraha (1996) adalah bagian yang dapat melalui ayakan 0,063. Apabila kadar lumpur lebih dari 5% harus dicuci terlebih dahulu. Lumpur dalam pasir dapat menghalangi ikatan butir pasir dengan pasta semen.
3. Agregat harus tidak boleh mengandung bahan organik yang terlalu banyak. Bahan organik yang banyak ditakutkan akan bereaksi dengan senyawa-senyawa dari semen portland yang dapat berakibat berkurangnya kualitas adukan maupun mortar yang terbentuk.
4. Gradasi pasir yang digunakan harus baik, artinya mempunyai variasi butir yang beragam, supaya volume rongga berkurang dan menghemat semen portland. Gradasi pasir yang baik dapat menghasilkan mortar yang padat dan mempunyai kekuatan yang besar. Modulus halus butirnya antara 1,50-3,80.

5. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali sudah berdasarkan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan yang sudah diakui.

Berdasarkan SNI 03-6820-2002, gradasi agregat untuk adukan dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Gradasi Agregat Untuk Adukan

| Saringan | Persen Lolos | |
|--------------------|--------------|--------------|
| | Pasir Alam | Pasir Olahan |
| No. 4 (4,76 mm) | 100 | 100 |
| No. 8 (2,36 mm) | 99-100 | 95-100 |
| No. 16 (1,18 mm) | 70-100 | 70-100 |
| No. 30 (0,6 mm) | 40-75 | 40-75 |
| No. 50 (0,3 mm) | 10-35 | 20-40 |
| No. 100 (0,15 mm) | 2-15 | 10-25 |
| No. 200 (0,075 mm) | 0 | 0-10 |

Sumber: SNI 03-6820-2002

3.1.2.3 Air

Air pada campuran mortar menurut Nugraha (1996) berfungsi sebagai zat pereaksi bagi semen yang akan membentuk gel sehingga dapat mengikat butir-butir pasir. Air juga berfungsi sebagai pelumas antar butir pasir yang berpengaruh pada sifat *workability* adukan mortar, kekuatan susut, dan keawetan.

Menurut Nugraha (1996), air harus diberikan secara tepat dalam pemakaiannya. Jumlah air yang dipakai untuk membuat adukan mortar tergantung pada keadaan bahan tambah, kelembaban bahan tambah, dan perbandingan komposisi mortar. Selain itu, sebaiknya perlu juga diperhitungkan adanya kehilangan air akibat penguapan, maupun akibat meresapnya air ke dalam pori – pori bata selama proses pengadukan dan pemasangan.

Air yang terlalu sedikit membuat adukan mortar akan sulit untuk dikerjakan. Air yang terlalu sedikit juga akan menyebabkan reaksi hidrasi tidak berjalan sempurna. Sebaliknya, air yang berlebihan akan menyebabkan segregasi

sehingga mengurangi daya ikat. Air yang banyak juga mengakibatkan terjadinya banyak gelembung setelah reaksi berakhir sehingga membentuk rongga. Hal tersebut akan mengurangi kekuatan mortar.

Persyaratan air untuk mortar menurut Tjokrodimuljo (1992) diantaranya sebagai berikut.

1. Air yang digunakan adalah air bersih yang dapat diminum, tawar, tidak berbau dan tidak keruh. Akan tetapi belum tentu air yang tidak dapat diminum tidak dapat digunakan sebagai pereaksi adukan mortar,
2. Air tidak boleh mengandung minyak, alkali, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak,
3. Air tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dan 2 gram/liter,
4. Air tidak mengandung garam yang dapat merusak (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter,
5. Air tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter, dan
6. Air tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3.1.3 Air Laut

Nugraha dan Antoni (2007) menyatakan bahwa air laut mengandung sampai 35.000 ppm (3,5%) garam dan umumnya hanya dapat dipakai untuk beton tanpa tulangan. Meskipun kekuatan awalnya lebih tinggi dari beton biasa, setelah 28 hari kekuatannya akan lebih rendah. Pengurangan kekuatan ini dapat dihindari dengan mengurangi faktor air semen. Penggunaan air laut dimungkinkan untuk digunakan dengan syarat pada lingkungan maritim harus mempunyai faktor air semen lebih kecil dari 0,45 dan tebal selimut beton sedikitnya 7,5 mm. Pada saat rembesan terjadi di dinding bangunan, garam-garam yang terkandung di air laut bergerak bersama air masuk ke dinding dan tertinggal setelah air menguap.

Menurut SNI 15-2094-2000, garam yang mudah larut dan membahayakan serta yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktural pada permukaan bata adalah magnesium sulfat ($MgSO_4$), natrium sulfat (Na_2SO_4), dan kalium sulfat (K_2SO_4). Untuk kasus tertentu seperti pada daerah yang terisolir air tawar atau pada kota-kota yang sudah susah memperoleh air bersih, maka tidak menutup kemungkinan air laut dapat digunakan sebagai bahan pencampur.

3.2 Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material merupakan pengujian yang dilakukan terhadap material atau bahan penyusun benda uji, baik benda uji mortar maupun dinding bata merah. Material yang akan diuji pada pemeriksaan material ini adalah bata merah dan agregat halus. Pemeriksaan material dilakukan agar kualitas material penyusun mortar maupun dinding bata merah dapat diketahui karakteristiknya. Pemeriksaan material bata merah diantaranya adalah pengukuran dimensi, pengujian kerapatan semu, pengujian penyerapan air, dan pengujian tekan. Sedangkan pemeriksaan material agregat halus adalah pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar lumpur, serta pengujian analisa saringan.

3.2.1 Dimensi Bata

Pada uji dimensi ini, bata merah diukur panjang, lebar, dan tebal dilakukan paling sedikit 3 kali pada satu bata. Pada pengukuran ini digunakan 10 benda uji. Bata merah harus dibersihkan dahulu dari kotoran yang menempel sebelum diukur panjang, lebar, dan tingginya agar tidak terjadi penyimpangan maupun kesalahan. Dari hasil pengukuran panjang, lebar dan tebal, tiap-tiap bata dihitung rata-ratanya dan dinyatakan dalam mm. Pengujian dimensi dilakukan berdasarkan SNI 15-2094-2000.

3.2.2 Kerapatan Semu Bata

Kerapatan semu adalah perbandingan berat bata kering dengan hasil dari berat setelah ditimbang dalam air dikurangi berat bata saat ditimbang dalam air. Kerapatan semu minimal bata untuk dinding yang disyaratkan dalam SNI 15-2094-2000 adalah sebesar $1,2 \text{ gr/cm}^3$. Besarnya kerapatan semu dapat dihitung dengan persamaan (3.1) atau persamaan (3.2).

$$Q_{sch} = \frac{Md}{V_{sch}} \quad (3.1)$$

$$Q_{sch} = \frac{Md}{c-b} \times dw \quad (3.2)$$

dengan:

Q_{sch} = Kerapatan semu (gr/cm^3),

Md = Berat bata kering oven (gr),

V_{sch} = Volume bata setelah ditimbang dalam air (cm^3),

c = Berat bata setelah ditimbang dalam air (gr),

b = Berat bata saat ditimbang dalam air (gr), dan

dw = Kerapatan air = 1,0.

3.2.3 Penyerapan Air Bata

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya daya serap bata merah terhadap air, semakin banyak air yang terserap menandakan bahwa pada bata merah tersebut terdapat banyak pori. Besarnya serapan air dapat dihitung dengan cara membandingkan berat air yang terserap dalam bata merah dengan berat kering bata merah kemudian dikalikan 100%. Berat air yang terserap dihitung dengan mengukur berat bata merah jenuh air kemudian dikurangi dengan berat bata merah kering. Pengujian ini berdasarkan SNI 15-2094-2000. Besarnya penyerapan air pada bata merah dapat dihitung dengan persamaan (3.3).

$$a = \frac{Wb - Wk_1}{Wk_1} \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan:

a = Absorpsi (%),

Wb = Berat jenuh air (gr), dan

Wk_1 = Berat kering awal (gr).

3.2.4 Kuat Tekan Bata

Kuat tekan bata merah adalah kekuatan tekan maksimum bata merah per satuan luas permukaan. Prosedur pengujian berdasarkan SNI 15-2094-2000, benda uji diletakkan di atas mesin tekan secara sentris dan mesin tekan dijalankan dengan penambahan 2 kg/cm^2 per detik. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan beban maksimum yang terbaca kemudian dicatat. Kuat tekan bata dihitung berdasarkan beban persatuan luas. Besarnya kuat tekan dapat dihitung berdasarkan persamaan (3.4).

$$C = \frac{P}{A} \quad (3.4)$$

dengan:

C = Kuat tekan (kg/cm^2),

P = Beban maksimum (kg), dan

A = Luas bidang tekan (cm^2).

3.2.5 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

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. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI 1970:2016.

Berat jenis curah adalah perbandingan antara pasir kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi pasir dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C . Berat jenis curah dapat dihitung menggunakan persamaan (3.5). Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) adalah perbandingan antara berat pasir jenuh kering permukaan dan berat air suling yang isinya sama dengan isi pasir dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C . Berat jenis jenuh kering dapat dihitung menggunakan persamaan (3.6). Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat pasir kering dan berat pasir air sulingnya yang isinya sama dengan isi pasir dalam keadaan kering pada suhu 25°C . Berat jenis semu dapat dihitung menggunakan persamaan (3.7).

Penyerapan air adalah perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat pasir kering, dinyatakan dalam persen (%). Penyerapan air dapat dihitung menggunakan persamaan (3.8).

$$BJ \text{ curah} = \frac{W_k}{W + W_{SSD} - W_t} \quad (3.5)$$

$$BJ \text{ SSD} = \frac{W_{SSD}}{W + W_{SSD} - W_t} \quad (3.6)$$

$$BJ \text{ semu} = \frac{W_k}{W + W_k - W_t} \quad (3.7)$$

$$p = \frac{W_{SSD} - W_k}{W_k} \times 100\% \quad (3.8)$$

dengan:

W_k = Berat pasir kering (gr),

W = Berat piknometer berisi air (gr),

W_{SSD} = Berat pasir SSD (gr), dan

W_t = Berat piknometer berisi air dan pasir (gr).

3.2.6 Kadar Lumpur Agregat Halus

Uji kandungan lumpur agregat halus bertujuan untuk mengetahui berapa persentase lumpur yang terkandung dalam agregat halus. Dikarenakan berat jenis pasir lebih besar dari pada lumpur, maka pada waktu pasir diurai dan didiamkan beberapa saat pasir mengendap lebih cepat daripada lumpur. Dalam SNI 03-6820-2002 menyatakan bahwa agregat halus (pasir) tidak boleh mengandung Lumpur lebih dari 5% berat (ditentukan terhadap berat kering), dimana yang dimaksud dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka pasir harus dicuci terlebih dahulu. Berdasarkan SNI 4142-1996, kadar lumpur dapat dihitung dengan persamaan (3.9).

$$Kl = \frac{Bo-B}{Bo} \times 100\% \quad (3.9)$$

dengan:

Kl = Kadar lumpur (%),

Bo = Berat sebelum dicuci (gr), dan

B = Berat setelah dicuci (gr).

3.2.7 Analisa Saringan Agregat Halus

Analisis saringan adalah penentuan persentase berat butiran pasir yang lolos dari satu set saringan, kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Pengujian ini bermaksud untuk menentukan pembagian butir gradasi pasir dengan saringan. Pengujian ini dilakukan pada pasir yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm). Pengujian ini berdasarkan SNI 1968-1990.

3.3 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji merupakan pengujian yang dilakukan terhadap benda uji, baik mortar maupun dinding bata merah. Pengujian benda uji dilakukan untuk mendapatkan data-data yang nantinya akan dianalisis sehingga dapat digunakan untuk menjawab permasalahan yang telah dikemukakan di awal bab. Pengujian benda uji yang dilakukan diantaranya adalah kuat tekan mortar, kuat lekat mortar, kuat tekan dinding bata, dan kuat lentur dinding bata.

3.3.1 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 antara beban maksimum dengan luas bidang tekan yang dinyatakan dalam kg/cm^2 maupun MPa. Pengujian ini berdasarkan ASTM C 109. Kuat tekan mortar dapat dihitung menggunakan persamaan (3.4).

3.3.2 Kuat Lekat Mortar

Pada uji lekatan ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar kuat lekat mortar pada bata merah. Pengujian ini dilakukan karena mortar yang digunakan untuk pengisi dan sekaligus perekat antar bata merah harus mempunyai kuat lekatan yang solid, sehingga antara bata dengan mortarnya menjadi satu kesatuan yang kokoh. Pengujian ini berdasarkan ASTM C 321. Kuat lekat mortar dapat dihitung dengan persamaan (3.4).

3.3.3 Kuat Tekan Dinding Bata

Pengujian kuat tekan ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan dinding bata dalam menahan beban vertikal. Pada pembuatan dinding bata yang baik harus diperhitungkan kuat tekan dinding bata. Hal ini diperhitungkan mengingat dinding bata pada tiap satuan luas menerima beban yang dapat menyebabkan kerusakan/keretakan struktur dinding bata. Beban-beban yang bekerja dapat berupa beban struktur yang berada di atasnya, seperti beban atap yang diteruskan melalui balok tembok yang diasumsikan sebagai beban terdistribusi merata. Selain dari beban atap, dinding bata bagian bawah menerima beban langsung dinding bata yang berada di atasnya. Asumsi beban-beban struktur yang bekerja di atas

dinding bata banyak dijumpai pada bangunan non teknis dimana dinding bata diasumsikan sebagai elemen yang mampu menahan beban. Menurut ASTM E 447 pengujian kuat tekan dinding bata dilakukan dengan menggunakan sampel yang memiliki ketinggian sampel minimal dua kali tebal dinding bata dan paling sedikit mempunyai 2 sambungan mortar dengan tebal minimal 10 mm atau minimal tinggi sampel 380 mm. Kuat tekan dinding bata dapat dihitung dengan persamaan (3.4).

3.3.4 Kuat Lentur Dinding Bata

Pada kuat lentur di sini diasumsikan bahwa beban angin dan gempa dapat membebani dinding bata merah sehingga dinding bata merah akan mengalami lenturan. Pada kondisi banjir, air yang bergelombang juga akan membebani dinding, beban yang terjadi bolak-balik mengakibatkan dinding mengalami lenturan. Uji lentur dinding ini bertujuan untuk mengetahui besar kekuatan yang dihasilkan untuk mengimbangi gaya horizontal yang tegak lurus dengan bidang dinding yang terjadi. Metode ini menentukan kekuatan lentur dinding yang tidak diperkuat. Metode yang digunakan mengacu pada ASTM E 518 dengan metode A yakni uji menggunakan balok sederhana dengan pembebanan 2 titik. Panjang minimal benda uji adalah 460 mm. Kuat lentur dinding bata dapat dihitung dengan persamaan (3.10).

$$R = \frac{(P+0,75Ps)l}{bd^2} \quad (3.10)$$

dengan:

R = Lentur gross area (kg/cm^2),

P = Beban maksimum (kg),

Ps = Berat benda uji (kg),

l = Jarak antar dukungan (cm),

b = Lebar benda uji (cm), dan

h = Tinggi benda uji (cm).

BAB IV METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi mengenai jenis data yang digunakan, variabel penelitian, bahan dan alat yang digunakan, benda uji yang digunakan, jumlah sampel yang akan diuji, langkah-langkah pengujian, dan bagan alir penelitian.

4.1 Tinjauan Umum

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Pada penelitian ini digunakan air laut sebagai campuran mortar dan rendaman pada dinding bata merah. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh air laut terhadap kuat tekan dan lekat mortar serta kuat tekan dan lentur dinding bata merah.

4.2 Jenis Data yang Digunakan

Pengumpulan data diperlukan untuk proses analisis dari data mentah hasil pengujian pada penelitian ini. Terdapat dua jenis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapat langsung dari pengujian yang dilaksanakan. Data primer pada penelitian ini adalah data pembebanan maksimum dari pengujian tekan mortar dan dinding bata, pengujian lekat mortar pasangan bata, serta pengujian lentur dinding bata.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapat dari pihak lain yang telah mengumpulkan data primer sebelumnya. Data sekunder bisa didapatkan melalui jurnal, artikel, buku, dan catatan yang dipublikasikan maupun tidak dipublikasikan. Data sekunder pada penelitian ini adalah semua jurnal maupun karya ilmiah, buku-buku, serta standar-standar yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

4.3 Variabel Penelitian

Terdapat 4 macam variasi benda uji yang digunakan pada penelitian ini, yaitu benda uji yang menggunakan air campuran mortar dari air laut lalu dilakukan perendaman menggunakan air laut, benda uji yang menggunakan air campuran mortar dari air laut tanpa dilakukan perendaman, benda uji yang menggunakan air campuran mortar dari air tawar lalu dilakukan perendaman menggunakan air laut, dan yang terakhir benda uji yang menggunakan air campuran mortar dari air tawar tanpa dilakukan perendaman. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah benda uji yang menggunakan air campuran mortar dari air tawar tanpa dilakukan perendaman. Sedangkan variabel terikat pada penelitian ini adalah kuat tekan mortar, kuat lekat mortar, kuat tekan dinding bata, serta kuat lentur dinding bata.

4.4 Benda Uji

Material yang akan diperiksa pada penelitian ini adalah bata dan agregat halus. Pemeriksaan yang dilakukan pada bata diantaranya adalah pengukuran dimensi, pengujian kerapatan semu, pengujian penyerapan air, dan pengujian kuat tekan. Sedangkan pemeriksaan yang dilakukan pada agregat halus diantaranya adalah pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar lumpur, serta pengujian analisa saringan. Sedangkan benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah mortar dan dinding bata merah. Pengujian yang dilakukan pada mortar adalah pengujian kuat tekan dan kuat lekat. Sedangkan pengujian yang dilakukan pada dinding bata adalah pengujian kuat tekan dan kuat lentur. Perincian mengenai jumlah material maupun benda uji pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji Pengujian Material

| No | Jenis Pengujian Material | Jumlah Benda Uji |
|----|--------------------------|------------------|
| 1 | Dimensi Bata | 10 bata |
| 2 | Kerapatan Semu Bata | 10 bata |
| 3 | Penyerapan Air Bata | 10 bata |

Lanjutan Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji Pengujian Material

| No | Jenis Pengujian Material | Jumlah Benda Uji |
|----|--------------------------------------|------------------|
| 4 | Tekan Bata | 10 bata |
| 5 | Berat Jenis dan Penyerapan Air Pasir | 500 gram pasir |
| 6 | Analisa Saringan Pasir | 500 gram pasir |
| 7 | Kadar Lumpur Pasir | 500 gram pasir |

Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji Pengujian Sampel

| No | Jenis Pengujian Sampel | Jumlah Benda Uji | | | |
|----|--------------------------|------------------|----|----|----|
| | | TK | LK | TL | LL |
| 1 | Kuat Tekan Mortar | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | Kuat Lekat Mortar | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | Kuat Tekan Dinding Bata | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | Kuat Lentur Dinding Bata | 3 | 3 | 3 | 3 |

Keterangan:

TK = campuran mortar menggunakan air tawar tanpa perendaman,

LK = campuran mortar menggunakan air laut tanpa perendaman,

TL = campuran mortar menggunakan air tawar dengan perendaman air laut, dan

LL = campuran mortar menggunakan air laut dengan perendaman air laut.

Terdapat 4 macam benda uji yang digunakan pada penelitian ini, diantaranya yaitu mortar kubus berukuran 5 cm yang digunakan untuk pengujian kuat tekan mortar, susunan dua bata menyilang yang digunakan untuk pengujian kuat lekat mortar dapat dilihat pada Gambar 4.2, prisma pasangan bata tinggi minimal 38 cm yang digunakan untuk pengujian kuat tekan dinding bata, dan prisma pasangan bata tinggi minimal 46 cm yang digunakan untuk pengujian kuat lentur dinding bata dapat dilihat pada Gambar 4.1.

4.5 Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

1. Bata Merah

Bata merah yang digunakan pada penelitian ini adalah bata merah merk AT asal Magelang.

2. Pasir

Pasir yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Gunung Merapi Yogyakarta.

3. Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen portland merk Tiga Roda.

4. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.

5. Air Laut

Air laut yang digunakan berasal dari Dermaga Adikarta yang terletak di Kabupaten Kulon Progo.

4.6 Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

1. Alat Ukur Panjang

Alat ukur panjang pada penelitian ini dapat berupa mistar maupun jangka sorong, digunakan untuk mengukur dimensi material maupun benda uji.

2. Kuas atau Sikat Halus

Kuas atau sikat halus digunakan untuk membersihkan permukaan benda uji.

3. Ember

Ember digunakan untuk tempat pengadukan campuran ataupun sebagai wadah sementara material.

4. Cetok

Cetok digunakan untuk mengaduk campuran mortar.

5. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengetahui berat material yang akan digunakan.

6. Pikhnometer

Pikhnometer digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air pasir.

7. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air.

8. Waterpass

Waterpass digunakan untuk memeriksa kemiringan permukaan benda uji.

9. Saringan Agregat Halus

Saringan agregat digunakan untuk memisahkan agregat sesuai dengan ukurannya digunakan untuk pengujian gradasi agregat.

10. Gerinda

Gerinda digunakan untuk memotong bata saat pembuatan benda uji untuk kuat tekan bata

11. Cetakan Kubus

Cetakan kubus yang dimaksud berupa cetakan kubus digunakan untuk membuat benda uji kuat tekan mortar.

12. Kolam Terpal

Kolam terpal digunakan untuk merendam benda uji menggunakan air laut.

13. Timbangan Berat di Air

Timbangan tersebut digunakan untuk mengetahui berat material di dalam air yang akan digunakan untuk pengujian kerapatan semu bata.

14. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan material. Oven digunakan pada pengujian material.

15. Alat Penggetar

Alat ini digunakan untuk menggetarkan saringan agregat saat pengujian analisa saringan

16. Mesin Uji Desak

Mesin uji desak digunakan pada pengujian kuat tekan mortar, kuat tekan dinding bata, dan kuat lentur dinding bata. Mesin uji desak digunakan untuk mengetahui beban maksimum yang dapat ditahan oleh suatu benda uji, dapat diketahui dengan hancurnya benda uji.

4.7 Tahapan Penelitian

Keberhasilan suatu penelitian dapat dicapai dengan menyusun tahapan penelitian yang runtut dan jelas. Pada penelitian ini tahapan penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu persiapan, pemeriksaan material, pembuatan benda uji, perawatan dan perendaman benda uji, pengujian benda uji, analisis data, dan penyusunan laporan.

4.7.1 Persiapan

Kegiatan yang dilakukan pada tahap persiapan, diantaranya melakukan studi literatur, mempersiapkan bahan, serta mempersiapkan peralatan untuk menunjang penelitian. Literatur yang dimaksud adalah semua sumber data sekunder yang telah disebutkan di awal, yaitu jurnal, karya ilmiah, buku, serta standar yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Bahan-bahan yang dipersiapkan adalah bata merah, agregat halus, semen, dan air laut. Sedangkan peralatan penunjang penelitian yang dipersiapkan adalah kolam rendam dan beberapa galon bekas air mineral yang akan digunakan untuk menampung air laut.

4.7.2 Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik material yang akan digunakan dalam penelitian. Material yang akan diperiksa adalah bata merah dan agregat halus. Pemeriksaan material yang akan dilakukan disertai referensi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

1. Pengukuran Dimensi Bata (SNI 15-2094-2000)
2. Pengujian Kerapatan Semu Bata (SNI 15-2094-2000)
3. Pengujian Penyerapan Air Bata (SNI 15-2094-2000)
4. Pengujian Kuat Tekan Bata (SNI 15-2094-2000)
5. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 1970:2016)
6. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus (SNI 4142-1996)
7. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus (SNI 1968-1990)

4.7.3 Pembuatan Benda Uji

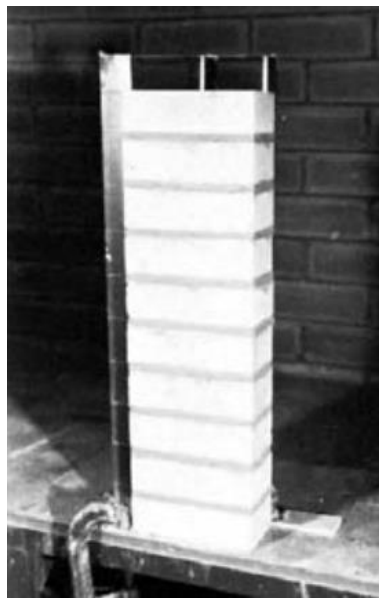
Terdapat empat macam benda uji yang akan digunakan pada penelitian ini, yaitu mortar kubus, susunan dua bata menyilang, prisma pasangan bata (6 bata),

serta prisma pasangan bata (9 bata). Tahapan pembuatan masing-masing benda uji dapat dilihat pada penjelasan berikut.

1. Prisma Pasangan Bata

Tahapan pembuatan benda uji prisma pasangan bata adalah:

- a. membuat alas benda uji menggunakan potongan triplek;
- b. merendam bata yang akan digunakan untuk membuat benda uji;
- c. membuat adukan mortar dengan variasi yang telah disiapkan sebelumnya; dan yang terakhir
- d. menyusun bata yang telah direndam dengan posisi bertumpukan setinggi minimal 38 cm untuk pengujian kuat tekan dan 46 cm untuk pengujian kuat lentur yang direkatkan menggunakan mortar.



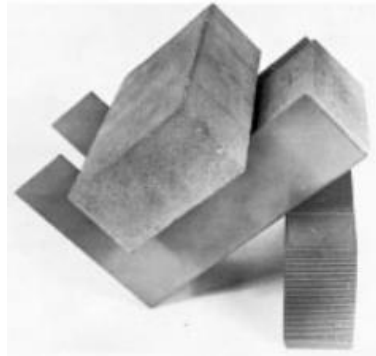
Gambar 4.1 Prisma Pasangan Bata
(Sumber: ASTM)

2. Susunan Dua Bata Menyilang

Tahapan pembuatan benda uji susunan dua bata menyilang adalah:

- a. merendam bata yang akan digunakan untuk membuat benda uji;
- b. membuat adukan mortar dengan variasi yang telah disiapkan sebelumnya; dan yang terakhir

- c. menyusun dua bata yang telah direndam dengan posisi menyilang yang direkatkan menggunakan mortar.



Gambar 4.2 Susunan Dua Bata Menyilang

(Sumber: ASTM)

3. Mortar Kubus

Tahapan pembuatan benda uji mortar kubus adalah:

- a. mengambil mortar yang digunakan untuk membuat benda uji di atas;
- b. memasukkan mortar tersebut ke cetakan kubus (5x5x5) cm secara dua lapis dan setiap lapis ditumbuk 32 kali; dan yang terakhir
- c. ratakan permukaan atas kubus.

4.7.4 Perawatan dan Perendaman Benda Uji

Benda uji yang telah mengeras selama kurang lebih 24 jam lalu dilakukan perawatan selama 28 hari. Bentuk perawatan untuk benda uji mortar kubus adalah dengan direndam dalam air, sedangkan untuk susunan dua bata menyilang dan prisma pasangan bata adalah dengan menyimpannya di tempat yang lembab. Setelah masa perawatan 28 hari, benda uji dengan variasi perendaman dilakukan perendaman dalam air laut selama 14 hari di kolam rendam yang telah disiapkan sebelumnya.

4.7.5 Pengujian Benda Uji

Benda uji yang telah dilakukan perawatan 28 hari serta perendaman 14 hari lalu selanjutnya dilakukan pengujian. Benda uji yang telah diangkat dari kolam rendam dibiarkan terlebih dahulu agar kering permukaannya. Sebelum pengujian, benda uji diukur terlebih dahulu dimensinya dan juga beratnya untuk

keperluan data di tahap selanjutnya. Pengujian yang akan dilakukan disertai referensi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

1. Kuat Tekan Mortar (ASTM C 109)
2. Kuat Lekat Mortar (ASTM C 321)
3. Kuat Tekan Dinding Bata (ASTM E 447)
4. Kuat Lentur Dinding Bata (ASTM E 518)

4.7.6 Analisis Data

Pada tahap analisis data, data mentah yang didapatkan dari hasil pengujian lalu diolah berdasarkan landasan teori yang digunakan. Selanjutnya dilakukan analisis data dengan membandingkan variabel satu dengan lainnya untuk mendapatkan informasi yang akan digunakan untuk pembahasan.

4.7.7 Penyusunan Laporan

Data yang telah diolah dan dianalisis, selanjutnya diwujudkan dalam bentuk informasi yang dijabarkan pada bab pembahasan. Dari pembahasan tersebut, nantinya dapat ditarik kesimpulan yang akan menjawab tujuan penelitian yang telah dipaparkan di awal. Laporan yang disusun berisikan proposal penelitian yang telah dibuat di awal dilengkapi dengan pembahasan dan kesimpulan.

4.8 Tahapan Pemeriksaan Material dan Pengujian Benda Uji

Terdapat dua pengujian pada penelitian ini, yaitu pengujian material dan pengujian benda uji. Penjelasan lebih lengkap mengenai tahapan pengujian keduanya dapat dilihat sebagai berikut.

4.8.1 Pemeriksaan Material

Material yang akan diuji pada penelitian ini adalah bata dan pasir. Berikut perincian tahapan pengujian bata dan pasir.

1. Pengukuran Dimensi Bata

Tahapan pengujian dimensi bata adalah:

- a. membersihkan debu maupun kotoran yang menempel pada permukaan bata yang akan diuji menggunakan kuas atau sikat halus;
- b. mengukur panjang, lebar, dan tebal bata pada 3 sisi yang berbeda; dan

c. menghitung rata-rata dari 3 hasil pengukuran panjang, lebar, dan tebal bata.

2. Pengujian Kerapatan Semu Bata

Tahapan pengujian kerapatan semu bata adalah:

- a. mengeringkan bata pada oven dengan suhu 110 ± 5 °C selama 24 jam;
- b. menimbang bata dalam keadaan kering, lalu memasukkan bata ke wadah berisi air;
- c. menimbang bata di dalam air;
- d. menimbang bata setelah dikeluarkan dari dalam air;
- e. menghitung volume setelah dikeluarkan dari dalam air; dan
- f. menghitung kerapatan semu dari data yang telah didapat.

3. Pengujian Penyerapan Air Bata

Tahapan pengujian penyerapan air bata adalah:

- a. membersihkan debu maupun kotoran yang menempel pada permukaan bata yang akan diuji menggunakan kuas atau sikat halus;
- b. mengukur panjang, lebar, dan tebal bata pada 3 sisi yang berbeda;
- c. memasukkan bata ke dalam oven untuk dikeringkan dengan suhu 110°C 115°C selama 24 jam;
- d. setelah 24 jam, menimbang berat bata yang telah dikeringkan;
- e. merendam bata dalam air hingga jenuh selama 24 jam;
- f. setelah 24 jam, menimbang berat bata yang telah direndam; dan
- g. menghitung penyerapan air dari data yang telah didapat.

4. Pengujian Kuat Tekan Bata

Tahapan pengujian tekan bata:

- a. membersihkan debu maupun kotoran yang menempel pada permukaan bata yang akan diuji menggunakan kuas atau sikat halus;
- b. memotong bata menjadi dua bagian sama panjang;
- c. melekatkan dua bagian bata tersebut menggunakan mortar dengan posisi bertumpukan;
- d. setelah dibiarkan selama 24 jam, merendam benda uji ke dalam air selama 24 jam;

- e. setelah direndam 24 jam, menyeka air yang berada di permukaan lalu melakukan pengujian tekan; dan
- f. menghitung kuat tekan dari data yang didapat.

5. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Tahapan pengujian berat jenis dan penyerapan air pasir adalah:

- a. memasukkan pasir SSD ke dalam piknometer;
- b. memasukkan air suling ke dalam piknometer hingga mencapai 90% isi piknometer;
- c. menggoyang-goyangkan piknometer hingga tidak terlihat gelembung udara di dalamnya;
- d. menambah air ke dalam piknometer mencapai tanda batas;
- e. menimbang piknometer yang berisi pasir dan air;
- f. mengeluarkan pasir dari piknometer, lalu mengeringkan pasir dalam oven;
- g. menimbang pasir setelah dikeringkan dalam oven;
- h. menimbang berat piknometer penuh air; dan
- i. menghitung berat jenis dan penyerapan air dari data yang telah didapat.

6. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Tahapan pengujian kadar lumpur pasir adalah:

- a. menimbang pasir yang telah dikeringkan dengan ukuran maksimal 2,35 mm sebanyak 100 gram;
- b. memasukkan pasir 100 gram tersebut ke dalam suatu wadah;
- c. memasukkan air ke dalam wadah berisi pasir tersebut untuk mencucinya;
- d. menyaring air bekas cucian menggunakan saringan No. 200;
- e. mengulangi langkah c dan d hingga air cucian jernih;
- f. mengembalikan pasir yang tertinggal di saringan ke dalam wadah;
- g. memasukkan pasir yang telah dicuci ke dalam oven untuk dikeringkan pada suhu 110°C-115°C selama 24 jam;
- h. setelah dikeringkan, menimbang kembali pasir tersebut untuk mendapatkan berat pasir setelah dicuci; dan
- i. menghitung kadar lumpur agregat halus dari data yang didapat.

7. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Tahapan pengujian analisa saringan pasir adalah:

- a. menyusun saringan yang lubangnya paling besar dari atas ke bawah,
- b. memasukkan pasir ke dalam saringan kemudian diayak selama 10-15 menit,
- c. mengeluarkan pasir pada masing-masing ukuran untuk diletakkan di wadah untuk ditimbang,
- d. menimbang berat pasir pada masing-masing ukuran, dan
- e. menghitung persentase berat pasir yang tertahan di masing masing saringan.

4.8.2 Pengujian Benda Uji

Material yang akan diuji pada penelitian ini adalah mortar dan dinding bata merah. Berikut perincian tahapan pengujian mortar dan dinding bata merah.

1. Pengujian Kuat Tekan Mortar

Tahapan pengujian kuat tekan mortar adalah:

- a. meratakan permukaan atas mortar kubus;
- b. mengukur panjang sisi bidang tekan;
- c. menimbang mortar kubus;
- d. menguji tekan mortar kubus hingga runtuh;
- e. mencatat data beban maksimum; dan yang terakhir
- f. menghitung kuat tekan mortar dari data yang telah didapat.

2. Pengujian Kuat Lekat Mortar

Terdapat perubahan metode pengujian kuat lekat mortar pada rencana sebelum pelaksanaan pengujian dengan realisasi saat pelaksanaan pengujian. Skema pengujian kuat lekat mortar pada rencana sebelum pelaksanaan pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.3 sedangkan pada realisasi saat pelaksanaan pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.4. Konsep dari kedua pengujian sama, yaitu memberikan tekanan pada salah satu bata hingga bata lepas dari ikatan mortar. Perbedaannya adalah pada rencana sebelum pengujian menggunakan alat mesin uji tekan sedangkan pada realisasi saat pengujian menggunakan alat manual yang bebannya berasal dari penambahan pasir secara bertahap. Tahapan pengujian kuat lekat mortar yaitu:

- a. mengukur panjang sisi bidang lekat mortar pada bata;
- b. memperkaku bata dengan cara menempelkan papan triplek menggunakan lem hingga menjadi ikatan yang homogen di sisi samping bata disesuaikan dengan bentuk sisi bata dapat dilihat pada Gambar 4.5;
- c. menguji benda uji menggunakan alat tekan dengan cara memberikan tekanan pada salah satu bata hingga bata lepas dari ikatan mortar;
- d. mencatat data beban maksimum; dan yang terakhir
- e. menghitung kuat lekat mortar dari data yang didapat.



Gambar 4.3 Skema Rencana Sebelum Pelaksanaan Pengujian Kuat Lekat Mortar
(Sumber: ASTM)



Gambar 4.4 Skema Realisasi Saat Pelaksanaan Pengujian Kuat Lekat Mortar



Gambar 4.5 Perkuatan Sisi Bata

3. Pengujian Kuat Tekan Dinding Bata

Skema pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan tahapan pengujian kuat tekan dinding bata yaitu:

- a. meratakan bagian atas benda uji dengan cara melapisinya dengan pasta semen;
- b. mengukur panjang sisi bidang tekan;
- c. menimbang benda uji;
- d. menguji tekan benda uji hingga runtuh;
- e. mencatat data beban maksimum; dan yang terakhir
- f. menghitung kuat tekan dari data yang telah didapat.

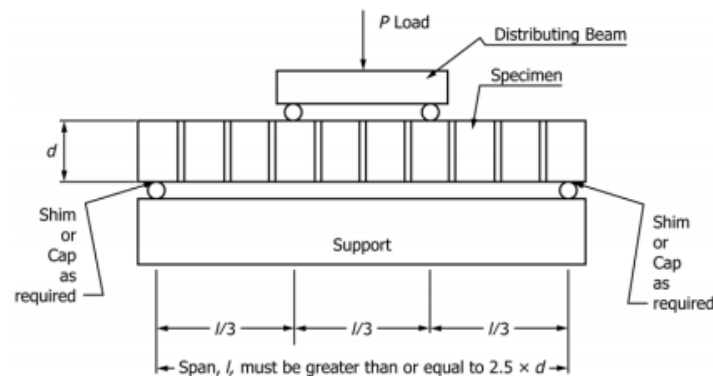


Gambar 4.6 Skema Pengujian Kuat Tekan Dinding Bata

4. Pengujian Kuat Lentur Dinding Bata

Skema pengujian kuat lentur dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan tahapan pengujian kuat tekan dinding bata yaitu:

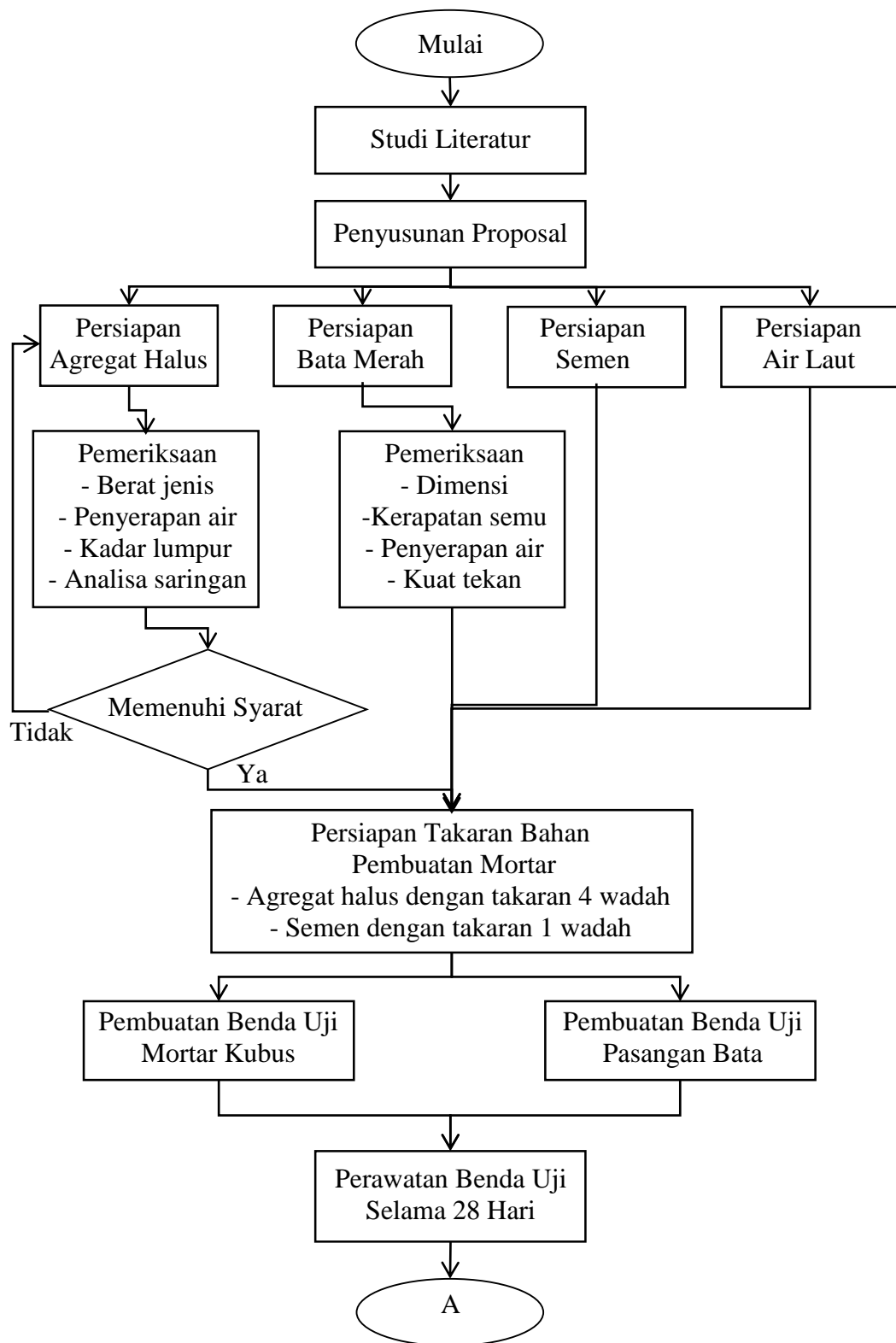
- a. mengukur lebar dan tebal benda uji;
- b. menimbang benda uji;
- c. memposisikan benda uji secara horizontal dan ditumpukan pada dua tumpuan berjarak 30 cm;
- d. menguji tekan benda uji dengan dua titik beban berjarak $1/3$ jarak tumpuan hingga runtuh;
- e. mencatat data beban maksimum; dan yang terakhir
- f. menghitung kuat lentur dari data yang telah didapat.



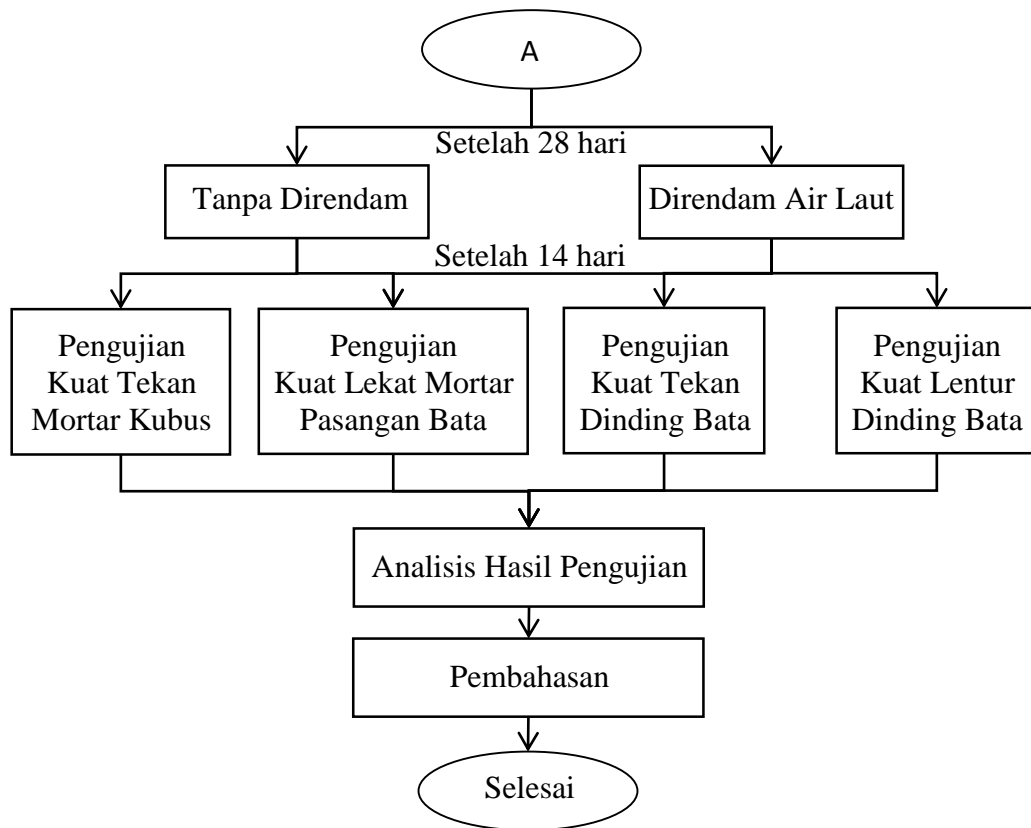
Gambar 4.7 Skema Pengujian Kuat Lentur Dinding Bata
(Sumber: ASTM)

4.9 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian adalah rangkaian tahapan penelitian dari awal hingga akhir yang ditampilkan dalam bentuk bagan alir. Adapun bagan alir untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.8 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan data-data hasil pengujian. Data-data tersebut kemudian dianalisis untuk menjawab rumusan masalah yang telah disebutkan sebelumnya. Data-data yang telah dianalisis lalu disajikan dalam bentuk tabel ataupun grafik disertai dengan pembahasannya.

5.1 Hasil Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material yang dimaksud meliputi pengujian material bata dan material agregat halus. Pemeriksaan untuk material bata diantaranya adalah pengukuran dimensi, pengujian kerapatan semu, penyerapan air, dan kuat tekan. Sedangkan pemeriksaan untuk material agregat halus adalah pengujian berat jenis, tingkat penyerapan, kadar lumpur, dan analisa saringan.

5.1.1 Dimensi Bata

Pengukuran dimensi bertujuan untuk mengetahui dimensi bata dan tingkat keseragaman bata yang didapat dari rata-rata dimensi bata yang diukur menggunakan kaliper secara acak. Hasil pengukuran dimensi yang didapat lalu dibandingkan dengan standar yang ada. Hasil pengukuran dimensi dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengukuran Dimensi Bata

| Sampel | <i>p</i> (mm) | <i>l</i> (mm) | <i>t</i> (mm) |
|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 225,40 | 106,60 | 40,10 |
| 2 | 241,82 | 106,88 | 42,50 |
| 3 | 222,58 | 108,17 | 38,67 |
| 4 | 227,13 | 107,35 | 41,55 |
| 5 | 221,53 | 105,67 | 39,22 |
| 6 | 224,68 | 106,10 | 43,07 |
| 7 | 224,33 | 107,33 | 42,82 |
| 8 | 224,35 | 106,00 | 40,18 |
| 9 | 221,72 | 106,95 | 41,62 |
| 10 | 224,18 | 107,02 | 39,92 |
| Rata-rata | 225,77 | 106,81 | 40,96 |

Hasil pengukuran dimensi bata diperoleh rata-rata panjang, lebar, dan tebal yaitu sebesar 225,77 mm; 106,81 mm; dan 40,96 mm. Apabila dibandingkan dengan SNI 15-2094-2000 maka kategori yang paling mendekati adalah M-6a dengan penjelasan sebagai berikut.

Batas panjang untuk kategori M-6a adalah 225-235 mm. Berdasarkan hal tersebut, maka dimensi panjang bata masuk dalam kategori M-6a menurut SNI. Batas lebar untuk kategori M-6a adalah 108-112 mm. Berdasarkan hal tersebut, terdapat penyimpangan sebesar 1,1% dari batas bawah M-6a sehingga dimensi lebar bata tidak masuk kategori M-6a menurut SNI. Batas tebal untuk kategori M-6a adalah 49-55 mm. Berdasarkan hal tersebut, terdapat penyimpangan yang cukup besar yaitu 16,4% dari batas bawah M-6a sehingga dimensi tebal bata juga tidak masuk kategori M-6a menurut SNI.

Dengan membandingkan hasil pengukuran dengan kategori dimensi menurut SNI 15-2094-2000 yang dapat dilihat pada Tabel 3.1, maka dapat disimpulkan bahwa dimensi bata yang digunakan tidak masuk dalam kategori yang dibuat SNI, tetapi mendekati kategori M-6a.

5.1.2 Kerapatan Semu Bata

Pengujian kerapatan semu didapat dari perbandingan berat bata kering dengan hasil dari berat setelah ditimbang dalam air dikurangi berat bata saat ditimbang dalam air. Hasil pengujian kerapatan semu bata yang didapat lalu dibandingkan dengan standar yang ada. Data pengujian kerapatan semu dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Data Pengujian Kerapatan Semu Bata

| Sampel | Berat kering oven (gr) | Berat jenuh air (gr) | Berat dalam air (gr) |
|---------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 1249 | 1674 | 747 |
| 2 | 1369 | 1779 | 813 |
| 3 | 1230 | 1656 | 735 |
| 4 | 1269 | 1709 | 757 |
| 5 | 1199 | 1584 | 715 |
| 6 | 1293 | 1734 | 769 |
| 7 | 1414 | 1817 | 840 |

Lanjutan Tabel 5.2 Data Pengujian Kerapatan Semu Bata

| Sampel | Berat kering oven (gr) | Berat jenuh air (gr) | Berat dalam air (gr) |
|---------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 8 | 1207 | 1598 | 725 |
| 9 | 1247 | 1649 | 751 |
| 10 | 1221 | 1650 | 733 |

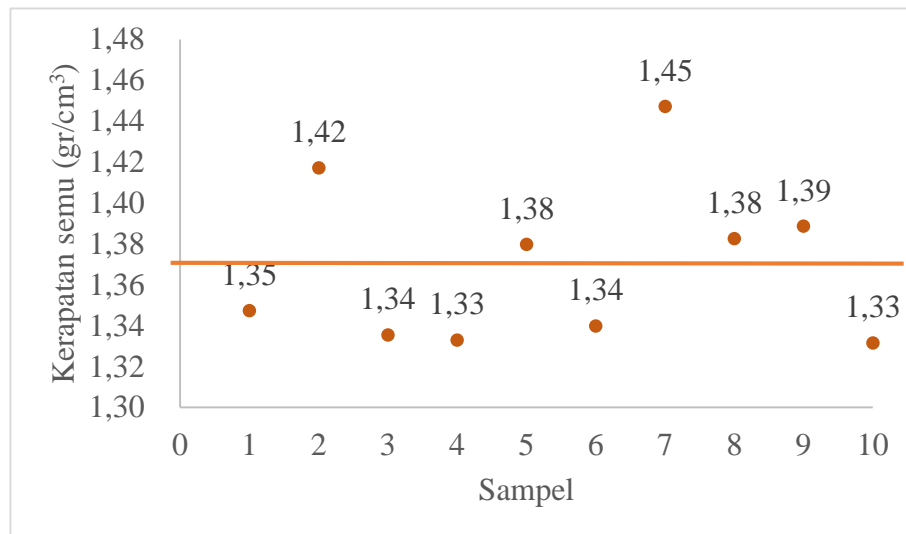
Sesuai dengan persamaan (3.2), nilai kerapatan semu bata sampel 1 dapat dihitung dengan cara berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_{sch} &= \frac{Md}{c-b} \times dw \\
 &= \frac{1249}{1674-747} \times 1 \\
 &= 1,35 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Nilai kerapatan semu sampel lainnya dihitung dengan cara yang sama dan dapat dilihat hasilnya pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.1.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kerapatan Semu Bata

| Sampel | Kerapatan semu (gr/cm³) |
|---------------|---|
| 1 | 1,35 |
| 2 | 1,42 |
| 3 | 1,34 |
| 4 | 1,33 |
| 5 | 1,38 |
| 6 | 1,34 |
| 7 | 1,45 |
| 8 | 1,38 |
| 9 | 1,39 |
| 10 | 1,33 |
| Rata-rata | 1,37 |



Gambar 5.1 Penyebaran Nilai Kerapatan Semu Bata

Hasil pengujian kerapatan semu bata diperoleh rata-rata sebesar 1,37 gr/cm³, sedangkan kerapatan semu bata minimum menurut SNI 15-2094-2000 adalah 1,2 gr/cm³. Berdasarkan perbandingan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa nilai kerapatan semu bata sesuai dengan yang disyaratkan SNI.

5.1.3 Penyerapan Air Bata

Pengujian penyerapan air dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berapa besar penyerapan air oleh bata yang besarnya dinyatakan dalam % dari berat kering bata. Hasil pengujian penyerapan air bata yang didapat lalu dibandingkan dengan standar yang ada. Data pengujian penyerapan air bata dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Data Pengujian Penyerapan Air Bata

| Sampel | Berat kering oven (gr) | Berat jenuh air (gr) |
|--------|------------------------|----------------------|
| 1 | 1249 | 1674 |
| 2 | 1369 | 1779 |
| 3 | 1230 | 1656 |
| 4 | 1269 | 1709 |
| 5 | 1199 | 1584 |
| 6 | 1293 | 1734 |
| 7 | 1414 | 1817 |
| 8 | 1207 | 1598 |

Lanjutan Tabel 5.4 Data Pengujian Penyerapan Air Bata

| Sampel | Berat kering oven (gr) | Berat jenuh air (gr) |
|--------|------------------------|----------------------|
| 9 | 1247 | 1649 |
| 10 | 1221 | 1650 |

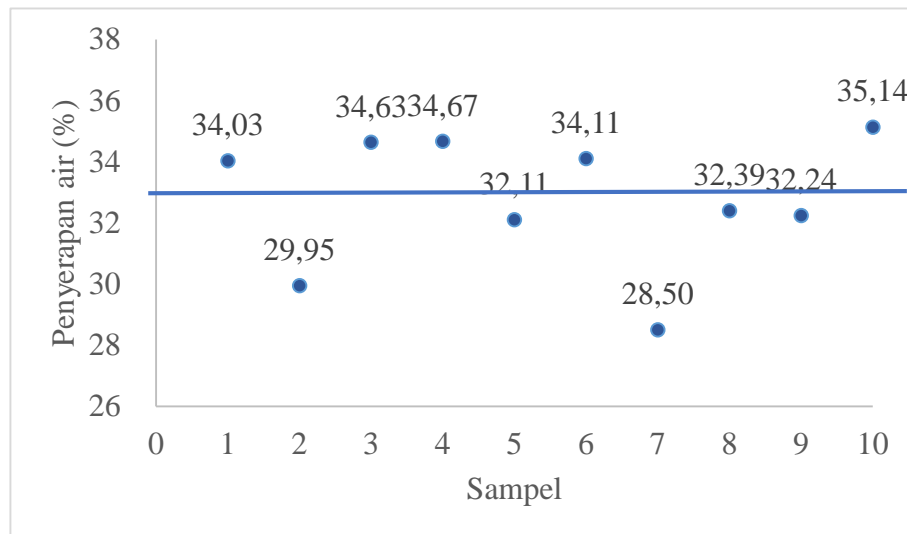
Sesuai dengan persamaan (3.3), nilai penyerapan air bata sampel 1 dapat dihitung dengan cara berikut.

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{Wb - Wk_1}{Wk_1} \times 100\% \\
 &= \frac{1674 - 1249}{1249} \times 100\% \\
 &= 34,03\%
 \end{aligned}$$

Nilai penyerapan air sampel lainnya dihitung dengan cara yang sama dan dapat dilihat hasilnya pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.2 berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Penyerapan Air Bata

| Sampel | Penyerapan Air (%) |
|-----------|--------------------|
| 1 | 34,03 |
| 2 | 29,95 |
| 3 | 34,63 |
| 4 | 34,67 |
| 5 | 32,11 |
| 6 | 34,11 |
| 7 | 28,50 |
| 8 | 32,39 |
| 9 | 32,24 |
| 10 | 35,14 |
| Rata-rata | 32,78 |



Gambar 5.2 Penyebaran Nilai Penyerapan Air Bata

Hasil pengujian penyerapan air bata diperoleh rata-rata sebesar 32,78%, sedangkan penyerapan air bata maksimum menurut SNI 15-2094-2000 adalah 20%. Berdasarkan perbandingan tersebut, terjadi penyimpangan yang cukup besar pada hasil pengujian terhadap batas yang disyaratkan yaitu sebesar 63,88%. Dengan demikian, maka bata yang digunakan mempunyai nilai penyerapan air yang tidak sesuai dengan syarat SNI.

5.1.4 Kuat Tekan Bata

Pengujian kuat tekan bata bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan bata dalam menahan beban tekan maksimal yang dikerjakan. Benda uji bata ditekan menggunakan alat yang disebut *Universal Testing Machine* hingga mengalami keruntuhan. Hasil pengujian kuat tekan bata yang didapat lalu dibandingkan dengan standar yang ada. Data pengujian kuat tekan bata dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Data Pengujian Kuat Tekan Bata

| Sampel | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Beban maksimum (kg) |
|--------|--------------|------------|---------------------|
| 1 | 11,33 | 10,72 | 7275 |
| 2 | 10,80 | 10,78 | 7860 |
| 3 | 10,78 | 11,21 | 5605 |
| 4 | 11,46 | 11,15 | 5800 |

Lanjutan Tabel 5.6 Data Pengujian Kuat Tekan Bata

| Sampel | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Beban maksimum (kg) |
|---------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| 5 | 10,77 | 10,96 | 7960 |
| 6 | 10,81 | 10,86 | 6980 |
| 7 | 11,73 | 10,77 | 8875 |
| 8 | 10,71 | 11,14 | 7775 |
| 9 | 10,81 | 11,51 | 8150 |
| 10 | 11,54 | 10,91 | 5700 |

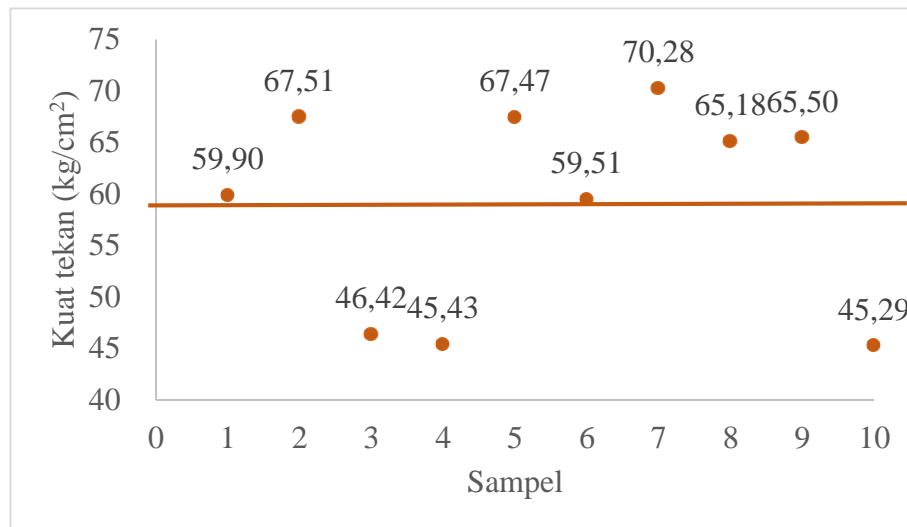
Sesuai dengan persamaan (3.4), nilai kuat tekan bata sampel 1 dapat dihitung dengan cara berikut.

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{P}{l.w} \\
 &= \frac{7775}{107,08 \cdot 111,40} \\
 &= \frac{7775}{119,28} \\
 &= 65,18 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Nilai kuat tekan sampel lainnya dihitung dengan cara yang sama dan dapat dilihat hasilnya pada Tabel 5.7 dan Gambar 5.3 berikut.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bata

| Sampel | Kuat tekan (kg/cm²) |
|---------------|---|
| 1 | 59,90 |
| 2 | 67,51 |
| 3 | 46,42 |
| 4 | 45,43 |
| 5 | 67,47 |
| 6 | 59,51 |
| 7 | 70,28 |
| 8 | 65,18 |
| 9 | 65,50 |
| 10 | 45,29 |
| Rata-rata | 59,25 |



Gambar 5.3 Penyebaran Nilai Kuat Tekan Bata

Hasil pengujian kuat tekan bata diperoleh rata-rata sebesar 59,25 kg/cm². Apabila dibandingkan dengan SNI 15-2094-2000, hasil pengujian termasuk dalam kelas 50 dengan penjelasan sebagai berikut. Kategori kelas terbawah pada SNI adalah kelas 50 dengan kuat tekan minimum 50 kg/cm² dan kategori kelas terdekatnya adalah kelas 100 dengan kuat tekan minimum 100 kg/cm². Dari 10 sampel yang diuji terdapat 3 sampel yang mempunyai nilai kuat tekan dibawah klasifikasi, sedangkan 7 lainnya termasuk dalam kelas 50. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa kuat tekan bata termasuk dalam kategori kelas 50 menurut pengklasifikasian SNI karena rata-rata kuat tekan yang dihasilkan di atas batas minimum kelas 50 walaupun terdapat beberapa sampel yang mempunyai kuat tekan di bawah kelas 50.

Selain dicari nilai kuat tekannya, dicari juga nilai simpangan baku dan koefisien variasinya untuk keperluan syarat SNI yang dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Data Simpangan Baku Kuat Tekan Bata

| Sampel | Xi (kuat tekan) [kg/cm ²] | Xi ² |
|--------|---|-----------------|
| 1 | 59,90 | 3587,70 |
| 2 | 67,51 | 4557,85 |
| 3 | 46,42 | 2155,23 |
| 4 | 45,43 | 2063,98 |

Lanjutan Tabel 5.8 Data Simpangan Baku Kuat Tekan Bata

| Sampel | Xi (kuat tekan) [kg/cm ²] | Xi ² |
|--------|---|-----------------|
| 5 | 67,47 | 4551,66 |
| 6 | 59,51 | 3541,62 |
| 7 | 70,28 | 4939,84 |
| 8 | 65,18 | 4248,68 |
| 9 | 65,50 | 4290,55 |
| 10 | 45,29 | 2051,57 |
| Σ | 592,50 | 35988,68 |

Nilai simpangan baku dan koefisien variasi penyerapan air bata dapat dihitung dengan cara berikut.

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{(n \sum Xi^2) - (\sum Xi)^2}{n(n-1)}} \\
 &= \sqrt{\frac{(10 \cdot 35988,68) - (592,50)^2}{10(10-1)}} \\
 &= 9,90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 kv &= \frac{s}{x} \times 100\% \\
 &= \frac{9,90}{59,25} \times 100\% \\
 &= 16,71\%
 \end{aligned}$$

Nilai koefisien variasi berdasarkan perhitungan di atas adalah sebesar 16,71%, sedangkan batas maksimum koefisien variasi untuk kelas 50 menurut SNI 15-2094-2000 adalah 22%. Berdasarkan perbandingan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien variasi sesuai dengan yang disyaratkan SNI.

5.1.5 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

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 pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

| Sampel | 1 | 2 |
|---------------------------|-----|-----|
| Pasir SSD (gr) | 500 | |
| Piknometer pasir+air (gr) | 979 | 986 |
| Piknometer air (gr) | 667 | 675 |
| Pasir kering (gr) | 493 | 493 |

Sesuai dengan persamaan (3.5), persamaan (3.6), persamaan (3.7), dan persamaan (3.8) nilai berat jenis dan penyerapan air sampel 1 dapat dihitung dengan cara berikut.

$$\begin{aligned}
 BJ_{curah} &= \frac{W_k}{W + W_{SSD} - W_t} \\
 &= \frac{493}{667 + 500 - 979} \\
 &= 2,62
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BJ_{SSD} &= \frac{W_{SSD}}{W + W_{SSD} - W_t} \\
 &= \frac{500}{667 + 500 - 979} \\
 &= 2,66
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BJ_{semu} &= \frac{W_k}{W + W_k - W_t} \\
 &= \frac{493}{667 + 493 - 979} \\
 &= 2,72
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{W_{SSD} - W_k}{W_k} \times 100\% \\
 &= \frac{500 - 493}{493} \times 100\% \\
 &= 1,42\%
 \end{aligned}$$

Nilai berat jenis dan penyerapan air sampel kedua dihitung dengan cara yang sama dan dapat dilihat hasilnya pada Tabel 5.10 berikut

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

| Sampel | 1 | 2 | Rata-rata |
|---------------------------|------|------|-----------|
| BJcurah | 2,62 | 2,61 | 2,62 |
| BJssd | 2,66 | 2,65 | 2,65 |
| BJsemu | 2,72 | 2,71 | 2,72 |
| Penyerapan air (%) | 1,42 | 1,42 | 1,42 |

Hasil pengujian berat jenis diperoleh nilai berkisar 2,62 gr/cm³-2,72 gr/cm³, sedangkan menurut Tjokrodinuljo (1992) berat jenis agregat halus yang baik berkisar 2,5-2,7 gr/cm³. Berdasarkan perbandingan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa nilai berat jenis agregat halus sesuai dengan syarat menurut Tjokrodinuljo (1992).

Sedangkan hasil pengujian penyerapan air adalah sebesar 1,42%. Menurut Tjokrodinuljo (1992), penyerapan air agregat halus yang baik berkisar 1-2%. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa nilai penyerapan air sesuai dengan syarat menurut Tjokrodinuljo (1992).

5.1.6 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kandungan lumpur bertujuan untuk mengetahui berapa persentase lumpur yang terkandung dalam pasir. Data pengujian kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

| Sampel | 1 | 2 |
|--|-----|-----|
| Berat pasir sebelum dicuci (gr) | 500 | |
| Berat pasir setelah dicuci (gr) | 448 | 445 |

Sesuai dengan persamaan (3.9), nilai kadar lumpur sampel 1 dapat dihitung dengan cara berikut.

$$\begin{aligned}
 Kl &= \frac{Bo-B}{Bo} \times 100\% \\
 &= \frac{500-448}{500} \times 100\% \\
 &= 10,4\%
 \end{aligned}$$

Nilai kadar lumpur sampel kedua dihitung dengan cara yang sama dan dapat dilihat hasilnya pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

| Sampel | Kadar lumpur (%) |
|---------------|-------------------------|
| 1 | 10,4 |
| 2 | 11 |
| Rata-rata | 10,7 |

Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus diperoleh rata-rata sebesar 10,7%, sedangkan kadar lumpur agregat halus maksimum menurut SNI 03-6820-2002 adalah 5%. Dengan demikian, maka agregat halus perlu dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

5.1.7 Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan bertujuan untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran agregat halus yang akan digunakan. Data pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Data Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

| Lubang ayakan (mm) | Berat tertinggal (gr) |
|---------------------------|------------------------------|
| 4,75 | 0 |
| 2,36 | 23 |
| 1,18 | 60 |
| 0,6 | 104 |
| 0,3 | 115 |
| 0,15 | 108 |
| Pan | 90 |
| jumlah | 500 |

Dari data di atas selanjutnya dicari persen tertinggal, persen tertinggal kumulatif, dan persen lolos kumulatif. Perhitungan untuk lubang ayakan 2,36 mm dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Persen tertinggal} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Total berat sampel}} \times 100\% \\
 &= \frac{23}{500} \times 100\% \\
 &= 4,6\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Persen tertinggal kumulatif} &= \text{Persen tertinggal} + \text{Persen tertinggal kumulatif} \\
 &\quad \text{lubang sebelumnya} \\
 &= 4,6\% + 0\% \\
 &= 4,6\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Persen lolos kumulatif} &= 100 - \text{Persen tertinggal kumulatif} \\
 &= 100\% - 4,6\% \\
 &= 95,4\%
 \end{aligned}$$

Nilai persen tertinggal, persen tertinggal kumulatif, dan persen lolos kumulatif lubang lainnya dihitung dengan cara yang sama dan dapat dilihat hasilnya pada Tabel 5.14 berikut.

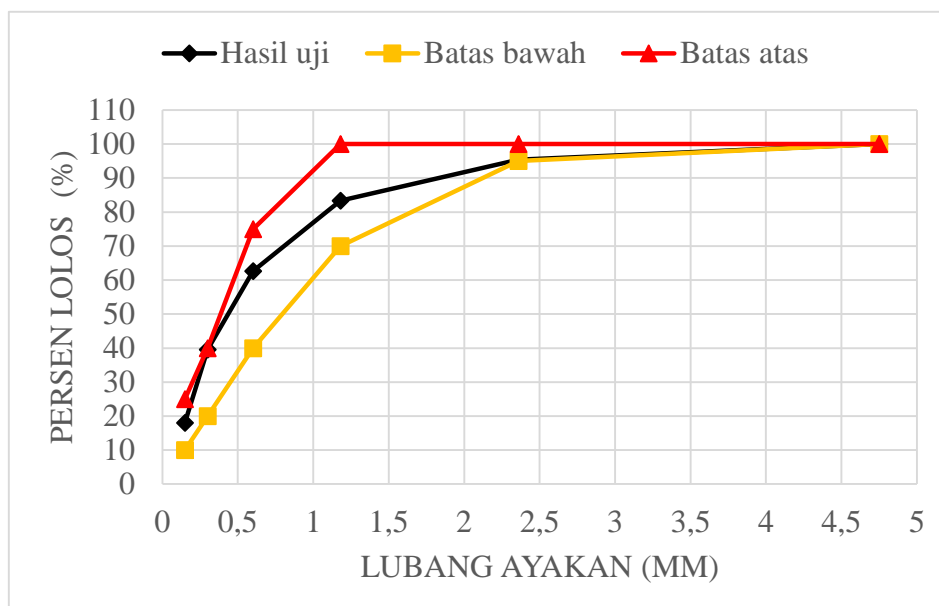
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

| Lubang ayakan (mm) | Persen tertinggal (%) | Persen tertinggal kumulatif (%) | Persen lolos kumulatif (%) |
|--------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 4,75 | 0 | 0 | 100 |
| 2,36 | 4,6 | 4,6 | 95,4 |
| 1,18 | 12,00 | 16,60 | 83,40 |
| 0,6 | 20,80 | 37,40 | 62,60 |
| 0,3 | 23,00 | 60,40 | 39,60 |
| 0,15 | 21,60 | 82,00 | 18,00 |
| Pan | 18,00 | | |
| jumlah | 100 | 201,00 | 399,00 |

Persen lolos kumulatif di atas selanjutnya dibandingkan dengan persen lolos pasir olahan menurut SNI 03-6820-2002 yang dapat dilihat pada Tabel 5.15 dan Gambar 5.4 berikut.

Tabel 5.15 Perbandingan Hasil Analisa Saringan dengan SNI

| Lubang ayakan (mm) | Persen lolos kumulatif (%) | |
|--------------------|----------------------------|--------------------|
| | Hasil pengujian | SNI (Pasir olahan) |
| 4,75 | 100 | 100 |
| 2,36 | 95,4 | 95-100 |
| 1,18 | 83,40 | 70-100 |
| 0,6 | 62,60 | 40-75 |
| 0,3 | 39,60 | 20-40 |
| 0,15 | 18,00 | 10-25 |



Gambar 5.4 Grafik Gradasi Agregat Halus

Dari perbandingan tabel di atas, maka dapat disimpulkan bahwa persen lolos agregat halus sesuai dengan yang disyaratkan SNI 03-6820-2002.

5.2 Hasil Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji yang dimaksud meliputi pengujian mortar dan dinding bata. Pengujian untuk mortar adalah pengujian kuat tekan dan kuat lekat. Sedangkan pengujian untuk dinding bata adalah pengujian kuat tekan dan kuat lentur.

5.2.1 Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan untuk mengetahui beban tekan maksimal yang mampu ditahan oleh mortar. Pengujian kuat tekan mortar menggunakan benda uji berbentuk kubus yang diberi beban menggunakan alat *Universal Testing Machine* hingga terjadi keruntuhan. Data pengujian kuat tekan mortar dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Data Pengujian Kuat Tekan Mortar

| Kode | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Beban maksimal (kg) |
|------|--------------|------------|---------------------|
| TK1 | 49,50 | 49,40 | 3175 |
| TK2 | 50,60 | 50,20 | 3000 |
| TK3 | 50,25 | 49,30 | 3625 |
| LK1 | 50,05 | 50,58 | 3275 |
| LK2 | 50,05 | 51,10 | 3775 |
| LK3 | 50,03 | 50,95 | 3350 |
| TL1 | 50,48 | 50,70 | 3000 |
| TL2 | 50,60 | 50,73 | 3000 |
| TL3 | 50,33 | 50,38 | 2925 |
| LL1 | 51,10 | 50,08 | 3025 |
| LL2 | 50,50 | 49,50 | 2800 |
| LL3 | 50,23 | 50,85 | 2750 |

Sesuai dengan persamaan (3.4), nilai kuat tekan mortar sampel TK1 dapat dihitung dengan cara berikut.

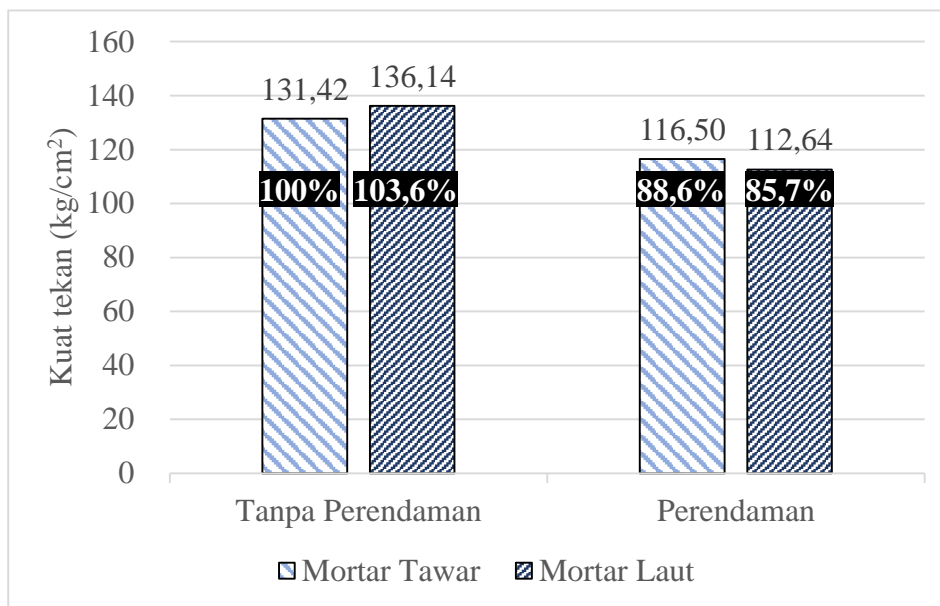
$$\begin{aligned}
 C &= \frac{P}{l.w} \\
 &= \frac{3175}{49,50 \cdot 49,40} \\
 &= \frac{3175}{24,453} \\
 &= 129,84 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Nilai kuat tekan mortar sampel lainnya dihitung dengan cara yang sama dan dapat dilihat hasilnya pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

| Kode | Kuat tekan (kg/cm²) | Rata-rata (kg/cm²) |
|-------------|---|--|
| TK1 | 129,84 | 131,42 |
| TK2 | 118,10 | |
| TK3 | 146,33 | |
| LK1 | 129,38 | 136,14 |
| LK2 | 147,60 | |
| LK3 | 131,44 | |
| TL1 | 117,23 | 116,50 |
| TL2 | 116,88 | |
| TL3 | 115,38 | |
| LL1 | 118,22 | 112,64 |
| LL2 | 112,01 | |
| LL3 | 107,68 | |

Hubungan mortar yang dibuat menggunakan air tawar dan air laut sebagai variabel bebas dengan mortar tanpa perendaman dan mortar disertai perendaman sebagai variabel terikat dapat dilihat sebagai berikut. Hasil kuat tekan mortar rata-rata untuk mortar yang dibuat menggunakan air tawar dan air laut tanpa perendaman (TK dan LK) berturut-turut adalah 131,42 kg/cm² dan 136,14 kg/cm². Sedangkan kuat tekan mortar rata-rata untuk mortar yang dibuat menggunakan air tawar dan air laut dengan perendaman air laut (TL dan LL) berturut-turut adalah 116,50 kg/cm² dan 112,64 kg/cm².



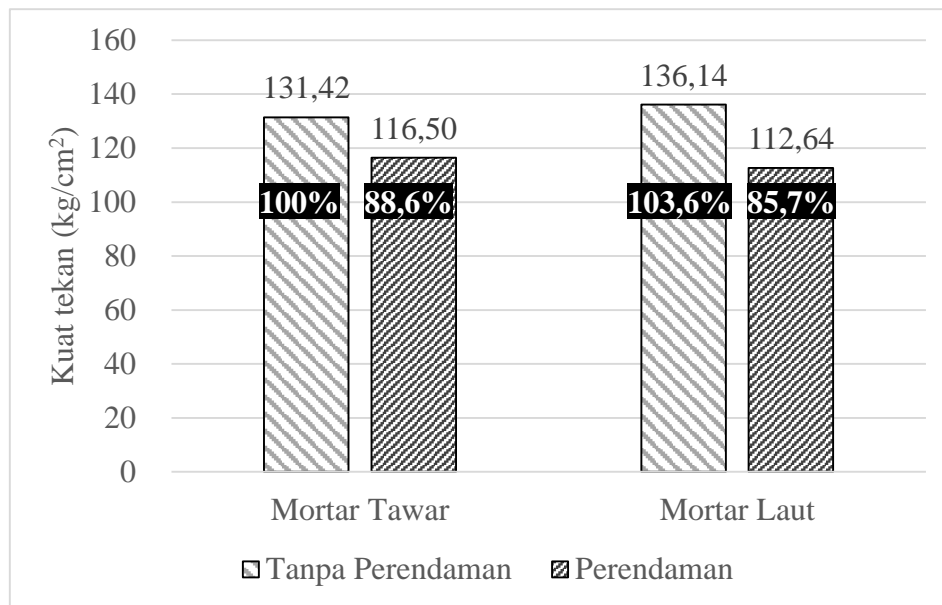
Gambar 5.5 Diagram Perbandingan Kuat Tekan Mortar Air Tawar dengan Mortar Air Laut

Terjadi kenaikan kuat tekan mortar yang dibuat menggunakan air laut tanpa perendaman (LK) dengan mortar yang dibuat menggunakan air tawar tanpa perendaman (TK) sebesar 3,59%. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Erniati dkk. (2013) dimana terjadi kenaikan kuat tekan mortar yang dibuat menggunakan air laut tanpa perendaman dengan mortar yang dibuat menggunakan air tawar tanpa perendaman sebesar 3,28%.

Sedangkan hubungan kuat tekan mortar yang dibuat menggunakan air laut disertai perendaman (LL) dengan mortar yang dibuat menggunakan air tawar disertai perendaman (TL) mengalami penurunan sebesar 3,31%. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Utami dkk. (2016) dimana terjadi penurunan kuat tekan mortar yang dibuat menggunakan air laut disertai perendaman dengan mortar yang dibuat menggunakan air tawar disertai perendaman sebesar 3,73%.

Hubungan mortar tanpa perendaman dan mortar disertai perendaman sebagai variabel bebas dengan mortar yang dibuat menggunakan air tawar dan air laut sebagai variabel terikat dapat dilihat sebagai berikut. Hasil kuat tekan mortar rata-rata untuk mortar yang dibuat menggunakan air tawar tanpa perendaman dan

disertai perendaman (TK dan TL) berturut-turut adalah 131,42 kg/cm² dan 116,50 kg/cm². Sedangkan kuat tekan mortar rata-rata untuk mortar yang dibuat menggunakan air laut tanpa perendaman dan disertai perendaman (LK dan LL) berturut-turut adalah 136,14 kg/cm² dan 112,64 kg/cm².



Gambar 5.6 Diagram Perbandingan Kuat Tekan Mortar Tanpa Perendaman dengan Mortar Disertai Perendaman

Terjadi penurunan kuat tekan mortar yang dibuat menggunakan air tawar disertai perendaman (TL) dengan mortar yang dibuat menggunakan air tawar tanpa perendaman (TK) sebesar 11,36%. Nilai penurunan tersebut mendekati nilai penurunan pada penelitian yang dilakukan oleh Wijayanto dan Setiyono (2006) dimana terjadi penurunan kuat tekan mortar yang dibuat menggunakan air tawar disertai perendaman dengan mortar yang dibuat menggunakan air tawar tanpa perendaman sebesar 7,27%.

Sedangkan hubungan kuat tekan mortar yang dibuat menggunakan air laut disertai perendaman (LL) dengan mortar yang dibuat menggunakan air laut tanpa perendaman (LK) mengalami penurunan sebesar 17,26%. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Utami dkk. (2016) dimana terjadi penurunan kuat tekan mortar yang dibuat menggunakan air laut disertai

perendaman dengan mortar yang dibuat menggunakan air laut tanpa perendaman sebesar 16,85%.

Kuat tekan mortar tertinggi ditunjukkan oleh variasi mortar yang dibuat menggunakan air laut tanpa perendaman (LK), sedangkan kuat tekan mortar terendah ditunjukkan oleh variasi mortar yang dibuat menggunakan air laut dengan perendaman air laut (LL).

5.2.2 Kuat Lekat Mortar

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui beban maksimal yang mampu ditahan oleh lekatan antara mortar dengan bata. Beban yang digunakan diasumsikan berupa beban tarik. Terdapat kemungkinan 3 macam keruntuhan yang terjadi, yaitu lepasnya lekatan antara bata dengan mortar, kerusakan yang terjadi pada bata, dan kerusakan yang terjadi pada mortar.

Terdapat kendala pada pengujian kuat lekat mortar yaitu tidak terbacanya beban maksimum oleh alat tekan yang digunakan, selain itu juga terjadinya kerusakan pada bata sehingga nilai kuat lekat mortar tidak dapat diketahui. Berdasarkan hal tersebut, pengujian kuat lekat dilakukan menggunakan alat manual dengan pembebanan menggunakan pasir (alat yang digunakan untuk pengujian desain jembatan balsa) yang dapat dilihat pada Gambar 4.4. Selain itu, dilakukan perkuatan pada bata agar saat pembebanan tidak terjadi kerusakan pada bata. Perkuatan yang dimaksud adalah dengan memberikan papan yang ditempelkan dengan lem pada sisi samping bata sehingga menjadi ikatan yang homogen agar menambah kekakuan bata yang dapat dilihat pada Gambar 4.5. Dengan kendala-kendala serta solusi yang telah disebutkan di atas, pengujian tetap dilaksanakan dan dapat dilihat paparannya sebagai berikut.

Tabel 5.18 Data Pengujian Kuat Lekat Mortar

| Sampel | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Beban (kg) |
|---------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| TK1 | 10,75 | 10,67 | 56,1 |
| TK2 | 10,78 | 10,83 | 48,5 |
| TK3 | 10,82 | 10,69 | 53,3 |
| LK1 | 11,04 | 10,93 | 54 |
| LK2 | 10,80 | 10,81 | 47,3 |

Lanjutan Tabel 5.18 Data Pengujian Kuat Lekat Mortar

| Sampel | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Beban (kg) |
|--------|--------------|------------|------------|
| LK3 | 10,65 | 10,77 | 44,8 |
| TL1 | 10,75 | 10,62 | 75,3 |
| TL2 | 10,76 | 10,91 | 73,4 |
| TL3 | 10,74 | 10,77 | 73,3 |
| LL1 | 10,82 | 10,67 | 69,5 |
| LL2 | 10,69 | 11,20 | 62,3 |
| LL3 | 10,78 | 10,79 | 74,4 |

Sesuai dengan persamaan (3.4), nilai kuat lekat mortar sampel TK1 dapat dihitung dengan cara berikut.

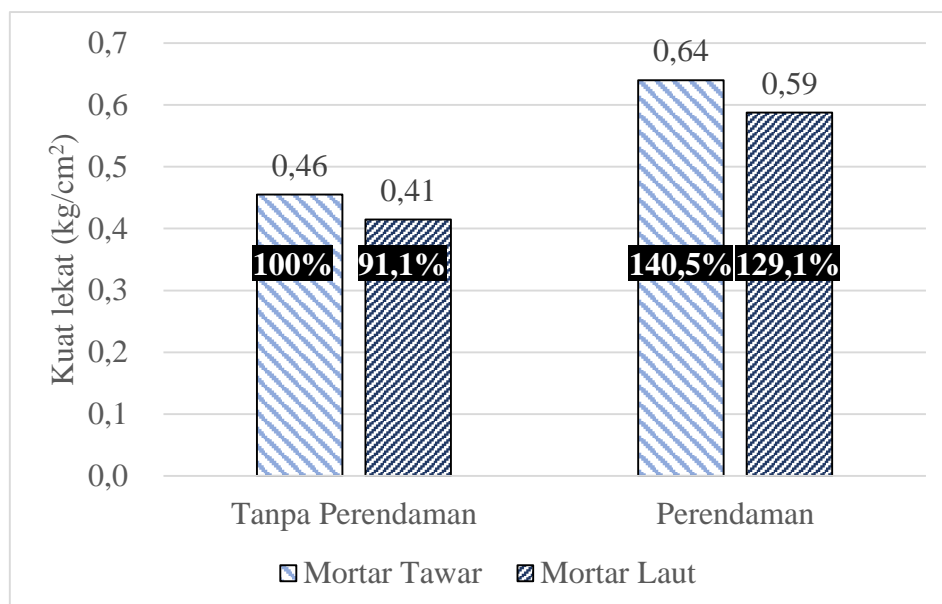
$$\begin{aligned}
 C &= \frac{P}{l.w} \\
 &= \frac{56,1}{10,75 \cdot 10,67} \\
 &= \frac{56,1}{114,73} \\
 &= 0,49 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Nilai kuat lekat mortar sampel lainnya dihitung dengan cara yang sama dan dapat dilihat hasilnya pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Hasil Pengujian Kuat Lekat Mortar

| Sampel | Kuat lekat (kg/cm ²) | Rata-rata (kg/cm ²) |
|--------|----------------------------------|---------------------------------|
| TK1 | 0,49 | 0,46 |
| TK2 | 0,42 | |
| TK3 | 0,46 | |
| LK1 | 0,45 | 0,41 |
| LK2 | 0,41 | |
| LK3 | 0,39 | |
| TL1 | 0,66 | 0,64 |
| TL2 | 0,63 | |
| TL3 | 0,63 | |
| LL1 | 0,60 | 0,59 |
| LL2 | 0,52 | |
| LL3 | 0,64 | |

Hubungan benda uji yang menggunakan mortar air tawar dan air laut sebagai variabel bebas dengan benda uji tanpa perendaman dan benda uji disertai perendaman sebagai variabel terikat dapat dilihat sebagai berikut. Hasil kuat lekat mortar rata-rata untuk benda uji yang menggunakan mortar air tawar dan air laut tanpa perendaman (TK dan LK) berturut-turut adalah $0,46 \text{ kg/cm}^2$ dan $0,41 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan kuat lekat mortar rata-rata untuk benda uji yang dibuat menggunakan mortar air tawar dan air laut disertai perendaman (TL dan LL) berturut-turut adalah $0,64 \text{ kg/cm}^2$ dan $0,59 \text{ kg/cm}^2$.

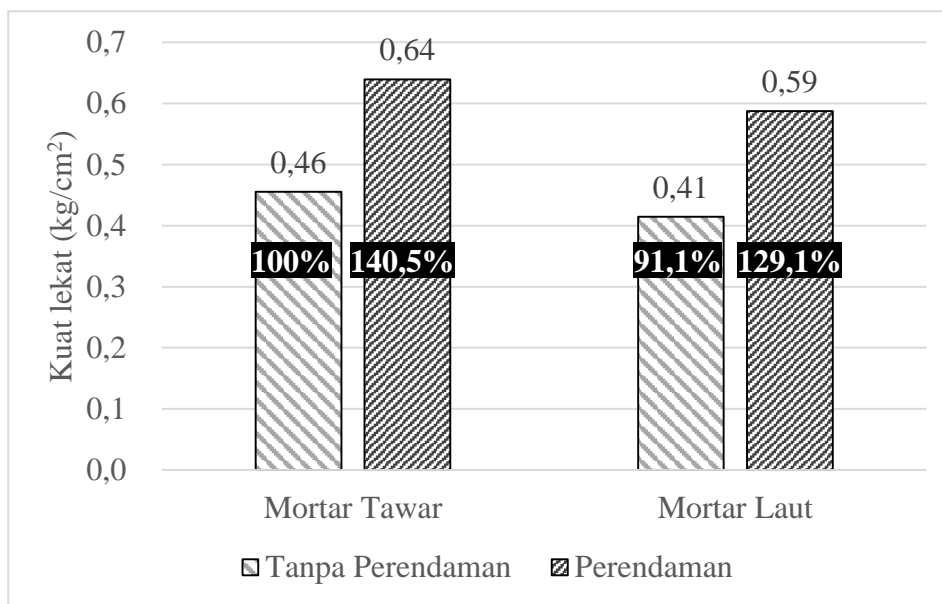


Gambar 5.7 Diagram Perbandingan Kuat Lekat Mortar Air Tawar dengan Mortar Air Laut

Terjadi penurunan kuat lekat mortar benda uji yang dibuat menggunakan mortar air laut tanpa perendaman (LK) dengan benda uji yang dibuat menggunakan mortar air tawar tanpa perendaman (TK) sebesar 8,91%. Sedangkan hubungan kuat lekat mortar benda uji yang dibuat menggunakan air laut disertai perendaman (LL) dengan benda uji yang dibuat menggunakan air tawar disertai perendaman (TL) mengalami penurunan sebesar 8,15%.

Hubungan benda uji tanpa perendaman dan benda uji disertai perendaman sebagai variabel bebas dengan benda uji yang menggunakan mortar air tawar dan air laut sebagai variabel terikat dapat dilihat sebagai berikut. Hasil kuat lekat

mortar rata-rata untuk benda uji yang menggunakan mortar air tawar tanpa perendaman dan disertai perendaman (TK dan TL) berturut-turut adalah $0,46 \text{ kg/cm}^2$ dan $0,64 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan kuat lekat mortar rata-rata untuk benda uji yang dibuat menggunakan mortar air laut tanpa perendaman dan disertai perendaman (LK dan LL) berturut-turut adalah $0,41 \text{ kg/cm}^2$ dan $0,59 \text{ kg/cm}^2$.



Gambar 5.8 Diagram Perbandingan Kuat Lekat Mortar Tanpa Perendaman dengan Mortar Disertai Perendaman

Terjadi kenaikan kuat lekat mortar benda uji yang dibuat menggunakan mortar air tawar disertai perendaman (TL) dengan benda uji yang dibuat menggunakan mortar air tawar tanpa perendaman (TK) sebesar 40,52%. Sedangkan hubungan kuat lekat mortar benda uji yang dibuat menggunakan air laut disertai perendaman (LL) dengan benda uji yang dibuat menggunakan air laut tanpa perendaman (LK) mengalami kenaikan sebesar 41,70%.

Kuat lekat mortar tertinggi ditunjukkan oleh variasi mortar yang dibuat menggunakan air tawar dengan perendaman (TL), sedangkan kuat lekat mortar terendah ditunjukkan oleh variasi mortar yang dibuat menggunakan air laut tanpa perendaman (LK).

5.2.3 Kuat Tekan Dinding Bata

Pengujian kuat tekan dinding dilakukan untuk mengetahui beban tekan maksimal yang mampu ditahan oleh sampel dinding. Pengujian kuat tekan dinding menggunakan benda uji berbentuk susunan bata yang diberi beban menggunakan alat *Universal Testing Machine* hingga terjadi keruntuhan. Data pengujian kuat tekan dinding dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Data Pengujian Kuat Tekan Dinding Bata

| Sampel | Lebar (cm) | Panjang (cm) | Beban (kg) |
|--------|------------|--------------|------------|
| TK1 | 11,45 | 23,03 | 11700 |
| TK2 | 10,93 | 23,34 | 9150 |
| TK3 | 11,02 | 23,05 | 6250 |
| LK1 | 10,86 | 22,91 | 8400 |
| LK2 | 11,05 | 22,36 | 10200 |
| LK3 | 10,81 | 22,42 | 8250 |
| TL1 | 11,35 | 23,53 | 8500 |
| TL2 | 11,17 | 23,11 | 8200 |
| TL3 | 11,10 | 22,93 | 7600 |
| LL1 | 10,98 | 23,08 | 8200 |
| LL2 | 11,22 | 22,71 | 7000 |
| LL3 | 10,93 | 23,07 | 7400 |

Sesuai dengan persamaan (3.4), nilai kuat tekan dinding sampel TK1 dapat dihitung dengan cara berikut.

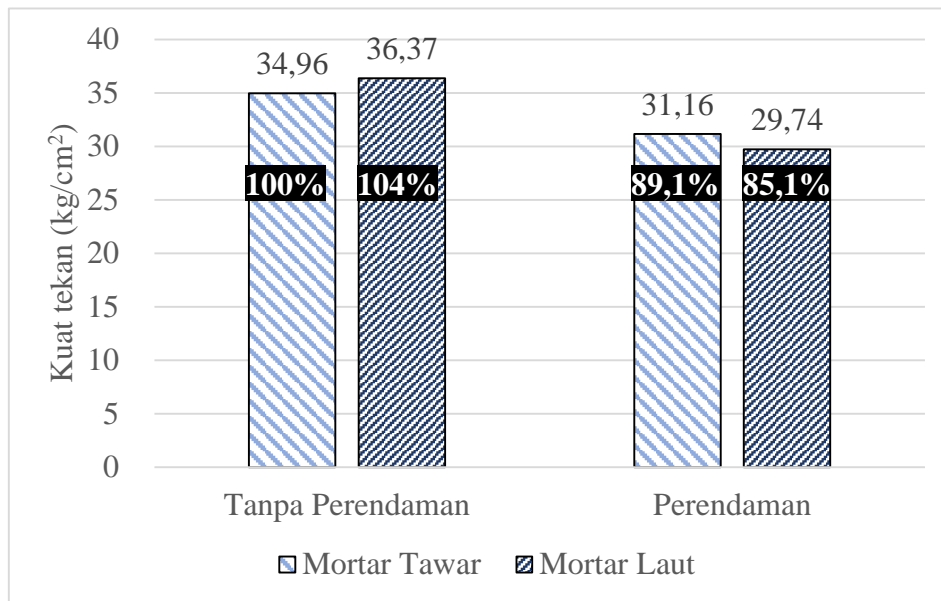
$$\begin{aligned}
 C &= \frac{P}{l.w} \\
 &= \frac{11700}{23,03 \cdot 11,45} \\
 &= \frac{11700}{263,55} \\
 &= 44,39 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Nilai kuat tekan dinding sampel lainnya dihitung dengan cara yang sama dan dapat dilihat hasilnya pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Kuat Tekan Dinding Bata

| Sampel | Kuat tekan (kg/cm²) | Rata-rata (kg/cm²) |
|---------------|---|--|
| TK1 | 44,39 | 34,96 |
| TK2 | 35,88 | |
| TK3 | 24,62 | |
| LK1 | 33,78 | 36,37 |
| LK2 | 41,28 | |
| LK3 | 34,06 | |
| TL1 | 31,84 | 31,16 |
| TL2 | 31,79 | |
| TL3 | 29,86 | |
| LL1 | 32,38 | 29,74 |
| LL2 | 27,48 | |
| LL3 | 29,35 | |

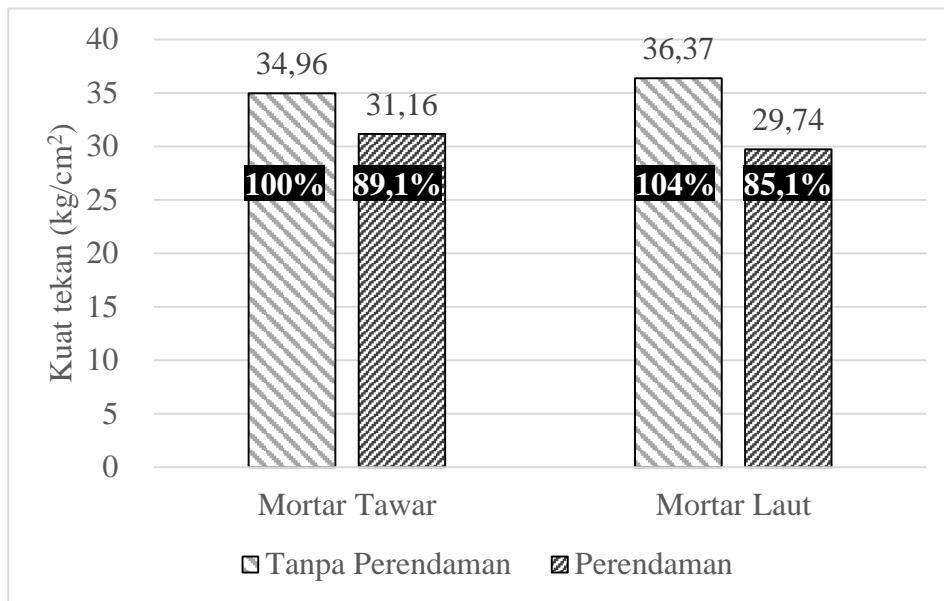
Hubungan dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar dan air laut sebagai variabel bebas dengan dinding tanpa perendaman dan dinding disertai perendaman sebagai variabel terikat dapat dilihat sebagai berikut. Hasil kuat tekan rata-rata untuk dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar dan air laut tanpa perendaman (TK dan LK) berturut-turut adalah 34,96 kg/cm² dan 36,37 kg/cm². Sedangkan kuat tekan rata-rata untuk dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar dan air laut disertai perendaman (TL dan LL) berturut-turut adalah 31,16 kg/cm² dan 29,74 kg/cm².



Gambar 5.9 Diagram Perbandingan Kuat Tekan Dinding Menggunakan Mortar Air Tawar dengan Dinding Menggunakan Mortar Air Laut

Terjadi kenaikan kuat tekan dinding yang dibuat menggunakan mortar air laut tanpa perendaman (LK) dengan dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar tanpa perendaman (TK) sebesar 4,03%. Sedangkan hubungan kuat tekan dinding yang dibuat menggunakan mortar air laut disertai perendaman (LL) dengan dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar disertai perendaman (TL) mengalami penurunan sebesar 4,57%.

Hubungan dinding tanpa perendaman dan dinding disertai perendaman sebagai variabel bebas dengan dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar dan air laut sebagai variabel terikat dapat dilihat sebagai berikut. Hasil kuat tekan rata-rata untuk dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar tanpa perendaman dan disertai perendaman (TK dan TL) berturut-turut adalah 34,96 kg/cm² dan 31,16 kg/cm². Sedangkan kuat tekan rata-rata untuk dinding yang dibuat menggunakan mortar air laut tanpa perendaman dan disertai perendaman (LK dan LL) berturut-turut adalah 36,37 kg/cm² dan 29,74 kg/cm².



Gambar 5.10 Diagram Perbandingan Kuat Tekan Dinding Tanpa Perendaman dengan Dinding Disertai Perendaman

Terjadi penurunan kuat tekan dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar disertai perendaman (TL) dengan dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar tanpa perendaman (TK) sebesar 10,88%. Nilai penurunan tersebut mendekati nilai penurunan pada penelitian yang dilakukan oleh Hanafi dkk. (2019) dimana terjadi penurunan kuat tekan dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar disertai perendaman dengan dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar tanpa perendaman sebesar 13,07%. Sedangkan hubungan kuat tekan dinding yang dibuat menggunakan mortar air laut disertai perendaman (LL) dengan dinding yang dibuat menggunakan mortar air laut tanpa perendaman (LK) mengalami penurunan sebesar 18,24%.

Kuat tekan dinding tertinggi ditunjukkan oleh variasi mortar yang dibuat menggunakan air laut tanpa perendaman (LK), sedangkan kuat tekan dinding terendah ditunjukkan oleh variasi mortar yang dibuat menggunakan air laut disertai perendaman (LL). Kekuatan dinding dipengaruhi oleh 3 hal, yaitu kekuatan mortar, kekuatan bata, dan konfigurasi susunan. Pada penelitian ini, kuat tekan rata-rata mortar hampir dua kali lipat dari kuat tekan bata, sehingga kemungkinan besar keruntuhan terjadi pertama kali pada bata. Dari 3 hal yang mempengaruhi kekuatan dinding, kekuatan bata adalah hal yang paling bervariasi.

Sebagian besar bata di Indonesia masih dibuat dengan cara manual yang mengakibatkan kurangnya keseragaman pada kualitas bata.

5.2.4 Kuat Lentur Dinding Bata

Pengujian kuat lentur dinding bertujuan untuk mengetahui beban lentur maksimal yang mampu ditahan oleh sampel dinding. Pengujian kuat lentur dinding menggunakan benda uji berbentuk susunan bata yang diposisikan vertikal lalu diberi beban menggunakan alat *Universal Testing Machine* hingga terjadi keruntuhan. Pembebanan uji lentur dinding menggunakan pembebanan 2 titik dengan jarak antar beban 1/3 jarak tumpuan. Data pengujian kuat lentur dinding dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5.22 Data Pengujian Kuat Lentur Dinding Bata

| Sampel | Lebar (cm) | Tebal (cm) | Berat (kg) | Beban (kg) |
|--------|------------|------------|------------|------------|
| TK1 | 10,98 | 22,56 | 19,68 | 150 |
| TK2 | 10,83 | 22,13 | 19,70 | 250 |
| TK3 | 10,76 | 22,74 | 19,25 | 270 |
| LK1 | 10,66 | 22,47 | 20,58 | 220 |
| LK2 | 11,00 | 22,55 | 19,57 | 195 |
| LK3 | 10,82 | 22,62 | 19,93 | 300 |
| TL1 | 10,64 | 22,49 | 22,00 | 205 |
| TL2 | 10,91 | 22,47 | 21,66 | 180 |
| TL3 | 10,87 | 22,68 | 21,72 | 215 |
| LL1 | 10,68 | 22,50 | 21,40 | 200 |
| LL2 | 11,03 | 22,13 | 22,91 | 175 |
| LL3 | 10,78 | 22,46 | 22,16 | 180 |

Sesuai dengan persamaan (3.10), nilai kuat lentur dinding sampel TK1 dapat dihitung dengan cara berikut.

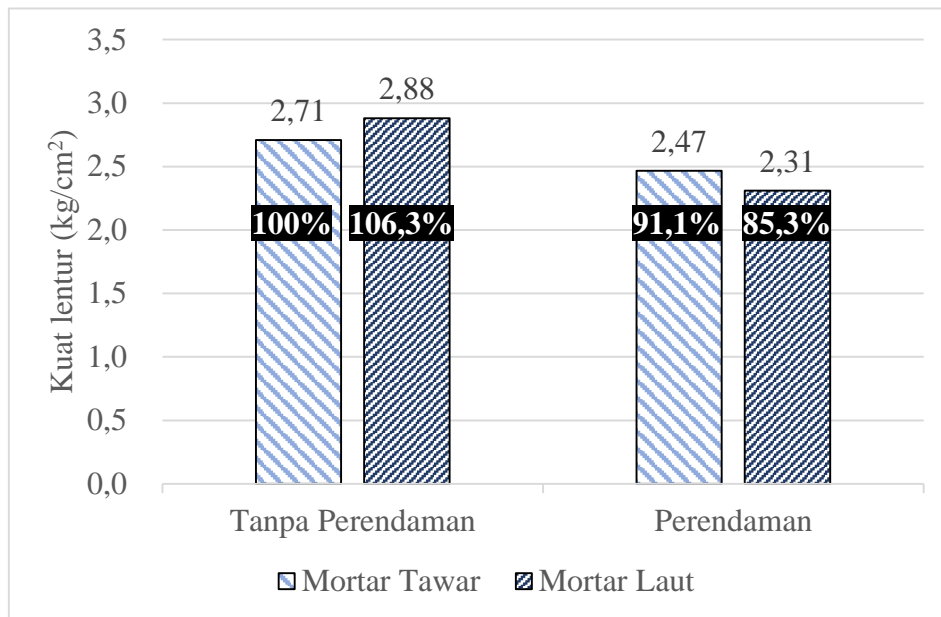
$$\begin{aligned}
 R &= \frac{(P+0,75Ps)l}{bd^2} \\
 &= \frac{(150+0,75 \cdot 19,68)30}{22,56 \cdot 10,98^2} \\
 &= \frac{4942,85}{2717,06} \\
 &= 1,82 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Nilai kuat lentur dinding sampel lainnya dihitung dengan cara yang sama dan dapat dilihat hasilnya pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Hasil Pengujian Kuat Lentur Dinding Bata

| Sampel | Kuat lentur (kg/cm²) | Rata-rata (kg/cm²) |
|---------------|--|--|
| TK1 | 1,82 | 2,71 |
| TK2 | 3,06 | |
| TK3 | 3,24 | |
| LK1 | 2,77 | 2,88 |
| LK2 | 2,31 | |
| LK3 | 3,57 | |
| TL1 | 2,61 | 2,47 |
| TL2 | 2,20 | |
| TL3 | 2,59 | |
| LL1 | 2,53 | 2,31 |
| LL2 | 2,14 | |
| LL3 | 2,26 | |

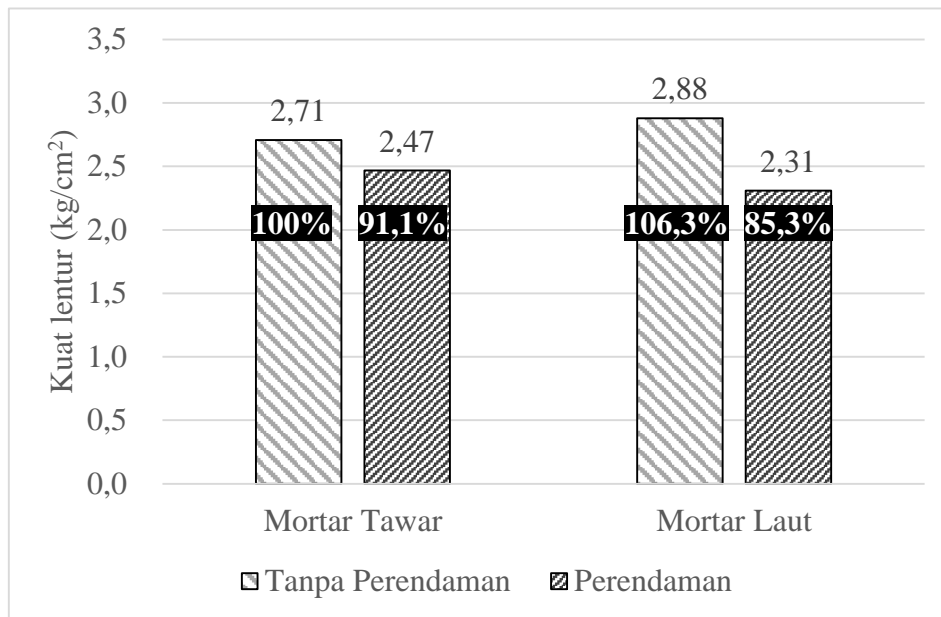
Hubungan dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar dan air laut sebagai variabel bebas dengan dinding tanpa perendaman dan dinding disertai perendaman sebagai variabel terikat dapat dilihat sebagai berikut. Hasil kuat lentur rata-rata untuk dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar dan air laut tanpa perendaman (TK dan LK) berturut-turut adalah 2,71 kg/cm² dan 2,88 kg/cm². Sedangkan kuat lentur rata-rata untuk dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar dan air laut disertai perendaman (TL dan LL) berturut-turut adalah 2,47 kg/cm² dan 2,31 kg/cm².



Gambar 5.11 Diagram Perbandingan Kuat Lentur Dinding Menggunakan Mortar Air Tawar dengan Dinding Menggunakan Mortar Air Laut

Terjadi kenaikan kuat lentur dinding yang dibuat menggunakan mortar air laut tanpa perendaman (LK) dengan dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar tanpa perendaman (TK) sebesar 6,34%. Sedangkan hubungan kuat lentur dinding yang dibuat menggunakan mortar air laut disertai perendaman (LL) dengan dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar disertai perendaman (TL) mengalami penurunan sebesar 6,41%.

Hubungan dinding tanpa perendaman dan dinding disertai perendaman sebagai variabel bebas dengan dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar dan air laut sebagai variabel terikat dapat dilihat sebagai berikut. Hasil kuat lentur rata-rata untuk dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar tanpa perendaman dan disertai perendaman (TK dan TL) berturut-turut adalah 2,71 kg/cm² dan 2,47 kg/cm². Sedangkan kuat lentur rata-rata untuk dinding yang dibuat menggunakan mortar air laut tanpa perendaman dan disertai perendaman (LK dan LL) berturut-turut adalah 2,88 kg/cm² dan 2,31 kg/cm².



Gambar 5.12 Diagram Perbandingan Kuat Lentur Dinding Tanpa Perendaman dengan Dinding Disertai Perendaman

Terjadi penurunan kuat lentur dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar disertai perendaman (TL) dengan dinding yang dibuat menggunakan mortar air tawar tanpa perendaman (TK) sebesar 8,90%. Sedangkan hubungan kuat lentur dinding yang dibuat menggunakan mortar air laut disertai perendaman (LL) dengan dinding yang dibuat menggunakan mortar air laut tanpa perendaman (LK) mengalami penurunan sebesar 19,82%.

Kuat lentur dinding tertinggi ditunjukkan oleh variasi mortar yang dibuat menggunakan air laut tanpa perendaman (LK), sedangkan kuat lentur dinding terendah ditunjukkan oleh variasi mortar yang dibuat menggunakan air laut disertai perendaman (LL).

5.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil dari tiap pengujian, dapat dilihat bahwa terdapat pola dimana benda uji yang menghasilkan kekuatan paling tinggi adalah benda uji yang dibuat menggunakan air pencampur mortar dari air laut dengan kondisi tanpa perendaman. Hal tersebut menunjukkan adanya peningkatan kekuatan dari benda uji kontrol akibat penggunaan air laut sebagai campuran mortar.

Kenaikan kekuatan tersebut terjadi akibat pengaruh salinitas air laut, terutama kandungan Klorida sebagai senyawa yang mempercepat hidrasi semen, sehingga pasta semen lebih awal mengeras dibandingkan pencampur air tawar (Ali dan Datu, 2018).

Pruckner dan Gjorv (dalam Erniati dkk, 2013) menjabarkan bahwa penggunaan air laut pada mortar akan membentuk kristal garam friedel yang dapat meningkatkan pH lebih tinggi dan alkalinitas meningkat sehingga akan mengaktifkan hidrasi semen serta memberikan struktur pasta lebih padat dengan pori-pori yang lebih kecil. Meningkatnya kekuatan mortar sedikit banyak juga akan mempengaruhi kekuatan dinding bata.

Sedangkan benda uji yang menghasilkan kekuatan paling rendah adalah benda uji yang dibuat menggunakan air pencampur mortar dari air laut dengan kondisi perendaman. Hal tersebut menunjukkan adanya penurunan kekuatan dari benda uji kontrol akibat penggunaan air laut sebagai campuran mortar yang disertai perendaman air laut.

Penurunan kekuatan tersebut diperkirakan akibat bertambahnya Klorida yang berasal dari kondisi perendaman benda uji, sehingga garam friedel yang terbentuk juga makin bertambah. Utami dkk. (2016) menyatakan bahwa sifat garam friedel diantaranya, masuk, meresap, mengisi pori-pori mortar, dan makin lama makin mengembang. Akibatnya pada tubuh mortar terjadi tegangan dalam karena mengembangnya garam friedel pada pori-pori mortar, sehingga kekuatan mortar makin lama semakin menurun.

Yusuf dkk. (2013) menjabarkan bahwa Klorida dapat masuk ke dalam mortar melalui pori-pori mortar yang terbentuk akibat keluarnya senyawa Kalsium Hidroksida yang merupakan hasil reaksi hidrasi antara semen dengan air dari dalam mortar. Pengembangan garam yang terjadi pada pori-pori mortar yang dapat menyebabkan keretakan pada mortar merupakan akibat dari reaksi antara Sulfat dengan Kalsium Hidroksida dan Kalsium Aluminat Hidrat. Menurunnya kekuatan mortar juga akan mempengaruhi kekuatan dinding bata.

Akan tetapi, terdapat perbedaan hasil pada pengujian kuat lekat dibandingkan dengan pola sebagian besar pengujian lainnya, dimana benda uji yang menghasilkan kekuatan paling tinggi adalah benda uji yang dibuat menggunakan air pencampur mortar dari air tawar dengan kondisi perendaman. Hal tersebut menunjukkan adanya peningkatan kekuatan akibat perendaman benda uji pada air laut. Sedangkan benda uji yang menghasilkan kekuatan paling rendah adalah benda uji yang dibuat menggunakan air pencampur mortar dari air laut dengan kondisi tanpa perendaman. Hal tersebut menunjukkan adanya penurunan kekuatan akibat penggunaan air laut sebagai campuran mortar.

Perbedaan pola tersebut dimungkinkan akibat dari kendala-kendala yang terjadi saat penelitian kuat lekat mortar dilakukan. Terdapat kendala pada pengujian kuat lekat mortar, yaitu tidak terbacanya beban maksimum oleh mesin alat tekan yang digunakan, selain itu juga terjadi kerusakan pada bata sehingga tidak dapat diperoleh nilai kuat lekat mortarnya.

Berdasarkan hal tersebut, pengujian kuat lekat dilakukan menggunakan alat manual yang telah disebutkan pada subbab pengujian benda uji. Selain itu, dilakukan perkuatan pada bata agar saat pembebanan tidak terjadi kerusakan pada bata, yaitu dengan memberikan papan yang ditempelkan dengan lem pada sisi samping bata agar menambah kekakuan bata.

Kondisi benda uji dengan variasi perendaman seharusnya diuji sesegera mungkin setelah mencapai waktu perendaman yang sudah ditentukan. Akan tetapi, pada kondisi saat penelitian, terjadi waktu tunggu yang cukup lama pada benda uji dari pengangkatan dari kolam rendam menuju waktu pengujian. Jeda waktu tersebut digunakan untuk menyelesaikan kendala-kendala yang telah disebutkan sebelumnya. Jeda waktu yang cukup lama tersebut memungkinkan banyak terjadi perubahan kondisi pada benda uji.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari tiap pengujian, dapat diketahui bahwa penggunaan air laut sebagai campuran mortar dapat meningkatkan kekuatan mortar dan juga dinding bata. Hal tersebut terjadi akibat pengaruh salinitas air laut, terutama kandungan Klorida sebagai senyawa yang mempercepat hidrasi semen serta memberikan struktur pasta lebih padat. Meningkatnya kekuatan mortar sedikit banyak juga akan mempengaruhi kekuatan dinding bata.

Akan tetapi, apabila mortar air laut tersebut terendam air laut, terjadi penurunan kekuatan yang signifikan. Hal tersebut diperkirakan akibat bertambahnya Klorida yang berasal dari kondisi perendaman benda uji, sehingga garam friedel yang terbentuk juga makin bertambah. Sifat garam friedel diantaranya, masuk, meresap, mengisi pori-pori mortar, dan makin lama makin mengembang. Akibatnya, pada tubuh mortar terjadi tegangan dalam sehingga kekuatan mortar makin lama semakin menurun sehingga kekuatan dinding bata juga ikut menurun.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, masih terdapat beberapa hal yang dapat diperbaiki maupun dikembangkan agar lebih baik lagi. Adapun beberapa saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Pengujian kuat tarik mortar dan kuat geser dinding baik horizontal maupun diagonal perlu dilakukan untuk melengkapi poin kekuatan mortar dan dinding bata.
2. Pengujian dinding menggunakan standar SNI perlu dilakukan untuk dibandingkan hasilnya dengan pengujian menggunakan ASTM.

3. Pengujian dinding dengan variasi umur pengujian, lama perendaman, maupun komposisi campuran mortar yang berbeda perlu dilakukan untuk menambah keberagaman data.
4. Pembuatan benda uji dinding perlu diperhatikan kerapian serta kelurusannya.
5. Penggunaan air pada saat pembuatan benda uji dinding perlu diperhatikan karena material bata yang terlalu kering menyerap cukup banyak air dari mortar dan juga sebaliknya bata yang terlalu basah menyumbang cukup banyak air ke mortar.
6. Benda uji untuk pengujian kuat lekat perlu diperkuat sisi batanya agar saat diuji menghasilkan lepasnya ikatan bata dengan mortar, bukan rusaknya bata atau mortar.
7. Penelitian mengenai kandungan air laut perlu dilakukan untuk menguatkan hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A. dan Datu, I.T. 2018. Pengaruh Air Laut sebagai Air Pencampur dan Air Perawatan pada Karakteristik Pasta Semen dan Mortar. *Journal INTEK*. Vol.5 No.1:28-33. Makassar.
- American Society for Testing and Materials. 1997. *Standard Test Method for Compressive Strength of Laboratory Constructed Masonry Prisms*. ASTM E 447-97. Philadelphia.
- American Society for Testing and Materials. 2000. *Standard Test Method for Bond Strength of Chemical-Resistant Mortars*. ASTM C 321-00. Philadelphia.
- American Society for Testing and Materials. 2002. *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars*. ASTM C 109/C 109M-02. Philadelphia.
- American Society for Testing and Materials. 2010. *Standard Test Methods for Flexural Bond Strength of Masonry*. ASTM E518/E518M-10. Philadelphia.
- Badan Standardisasi Nasional. 1996. *Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan nomor 200 (0,0075mm)*. SNI 03-4142-1996. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. *Bata merah pejal untuk pasangan dinding*. SNI 15-2094-2000. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Spesifikasi agregat halus untuk pekerjaan adukan dan plesteran dengan bahan dasar semen*. SNI 03-6820-2002. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *Semen portland*. SNI 2049:2015. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*. SNI 1970:2016. Jakarta.
- Erniati, Tjaronge, M.W., Djamaluddin, R., dan Sampebulu, V. 2013. Konsistensi dan Kuat Tekan Mortar yang Menggunakan Air Laut sebagai Mixing Water. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7)*. Surakarta. 24-26 Oktober:33-38.

- Frick, H. dan Koesmartadi, Ch. 1999. *Ilmu Bahan Bangunan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Hanafi, M.F., Muttaqin, dan Idris, Y. 2019. Perbandingan Kuat Tekan Dinding Tanpa Plesteran dengan Plesteran Trassram Akibat Perendaman Air Tawar, Air Payau dan Air Asin. *Journal of The Civil Engineering Student*. Vol.1No.2:78-85. Banda Aceh.
- Ihsanuddin. 2022. Pulau Pari Banjir Rob Belasan Kali dalam Setahun, Air Sumur Jadi Asin. Diakses dari <https://megapolitan.kompas.com/> pada 5 Mei 2023.
- Khatibmasjedi, M., Ramanathan, S., Suraneni, P., dan Nanni, A. 2020. Compressive Strength Development of Seawater-Mixed Concrete Subject to Different Curing Regimes. *ACI MATERIALS JOURNAL*. No.117-M81.
- Nugraha, D. 1996. Pengaruh Variasi Campuran Semen Merah (Batu Bata) Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Nugraha, P. dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Rasyid, S. 2022. Akibat Pemanasan Global, Pakar UGM Ungkap Penyebab Banjir Rob Pesisir Utara Jawa. Diakses dari <https://www.merdeka.com/> pada 5 Mei 2023.
- Supriyadi. 2023. BMKG Prediksi Banjir Rob Landa Jateng Hingga 15 Januari. Diakses dari <https://www.murianews.com/> pada 5 Mei 2023.
- Tjokrodinuljo, K. 1992. *Bahan Bangunan*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Utami, G.P., Wedhanto, S., dan Karyadi. 2016. Pengaruh Jenis Air Pencampur dan Perendaman Terhadap Perilaku Kekuatan Tekan Mortar Campuran Semen Pasir. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*. Surakarta. Tanpa Tanggal:415-424.
- Vishwakarma, A., Rai, A., dan Patel, A. 2020. Effect of Salt Water on Compressive Strength, Flexural Strength and Durability of a Concrete. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. Vol.7 No.1:106-109. India
- Wijayanto, D.M. dan Setiyono, E. 2006. Perbandingan Kekuatan Pasangan Bata Merah dan Batu Kapur dengan Perawatan Air Tawar dan Air Laut Daerah Tuban Jawa Timur. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Yusuf, Y., Zuki, Z., dan Refnita, G. 2013. Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen Tipe PCC Serta Analisis Air Laut Yang Digunakan Untuk Perendaman. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. Lampung. Tanpa tanggal:463-468.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pemeriksaan Material



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Tabel L-1.1 Pemeriksaan Dimensi Bata

| Sampel | p1 (mm) | p2 (mm) | p3 (mm) | p rata-rata (mm) | l1 (mm) | l2 (mm) | l3 (mm) | l rata-rata (mm) | t1 (mm) | t2 (mm) | t3 (mm) | t rata-rata (mm) |
|-----------|------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|------------|---------------------|
| 1 | 225,35 | 225,65 | 225,20 | 225,40 | 106,20 | 106,85 | 106,75 | 106,60 | 41,10 | 39,15 | 40,05 | 40,10 |
| 2 | 224,65 | 274,80 | 226,00 | 241,82 | 106,80 | 106,35 | 107,50 | 106,88 | 42,30 | 43,10 | 42,10 | 42,50 |
| 3 | 222,25 | 222,60 | 222,90 | 222,58 | 108,80 | 107,70 | 108,00 | 108,17 | 39,65 | 37,10 | 39,25 | 38,67 |
| 4 | 226,90 | 226,50 | 228,00 | 227,13 | 107,35 | 107,00 | 107,70 | 107,35 | 40,90 | 42,90 | 40,85 | 41,55 |
| 5 | 221,85 | 221,20 | 221,55 | 221,53 | 105,00 | 105,00 | 107,00 | 105,67 | 40,75 | 38,30 | 38,60 | 39,22 |
| 6 | 224,80 | 224,65 | 224,60 | 224,68 | 106,10 | 106,25 | 105,95 | 106,10 | 42,85 | 43,05 | 43,30 | 43,07 |
| 7 | 223,95 | 224,65 | 224,40 | 224,33 | 107,30 | 107,70 | 107,00 | 107,33 | 43,80 | 42,50 | 42,15 | 42,82 |
| 8 | 225,15 | 223,80 | 224,10 | 224,35 | 105,70 | 106,20 | 106,10 | 106,00 | 40,85 | 39,85 | 39,85 | 40,18 |
| 9 | 222,05 | 221,40 | 221,70 | 221,72 | 105,00 | 107,35 | 108,50 | 106,95 | 41,20 | 41,70 | 41,95 | 41,62 |
| 10 | 224,30 | 223,85 | 224,40 | 224,18 | 107,00 | 107,10 | 106,95 | 107,02 | 40,95 | 40,00 | 38,80 | 39,92 |
| Rata-rata | | | | 225,77 | | | | 106,81 | | | | 40,96 |

Tabel L-1.2 Pemeriksaan Kerapatan Semu Bata

| Sampel | Berat kering oven (gr) | Berat jenuh air (gr) | Berat dalam air (gr) | Kerapatan semu |
|-----------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| 1 | 1249 | 1674 | 747 | 1,35 |
| 2 | 1369 | 1779 | 813 | 1,42 |
| 3 | 1230 | 1656 | 735 | 1,34 |
| 4 | 1269 | 1709 | 757 | 1,33 |
| 5 | 1199 | 1584 | 715 | 1,38 |
| 6 | 1293 | 1734 | 769 | 1,34 |
| 7 | 1414 | 1817 | 840 | 1,45 |
| 8 | 1207 | 1598 | 725 | 1,38 |
| 9 | 1247 | 1649 | 751 | 1,39 |
| 10 | 1221 | 1650 | 733 | 1,33 |
| Rata-rata | | | | 1,37 |



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Tabel L-1.3 Pemeriksaan Penyerapan Air Bata

| Sampel | Berat kering oven (gr) | Berat jenuh (gr) | Penyerapan Air (%) |
|-----------|------------------------|------------------|--------------------|
| 1 | 1249 | 1674 | 34,03 |
| 2 | 1369 | 1779 | 29,95 |
| 3 | 1230 | 1656 | 34,63 |
| 4 | 1269 | 1709 | 34,67 |
| 5 | 1199 | 1584 | 32,11 |
| 6 | 1293 | 1734 | 34,11 |
| 7 | 1414 | 1817 | 28,50 |
| 8 | 1207 | 1598 | 32,39 |
| 9 | 1247 | 1649 | 32,24 |
| 10 | 1221 | 1650 | 35,14 |
| Rata-rata | | | 32,78 |

Tabel L-1.4 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

| Sampel | 1 | 2 | Rata-rata |
|---------------------------|------|------|-----------|
| Pasir SSD (gr) | 500 | | |
| Piknometer pasir+air (gr) | 979 | 986 | |
| Piknometer air (gr) | 667 | 675 | |
| Pasir kering oven (gr) | 493 | 493 | |
| BJ curah | 2,62 | 2,61 | 2,62 |
| BJ ssd | 2,66 | 2,65 | 2,65 |
| BJ semu | 2,72 | 2,71 | 2,72 |
| Penyerapan air (%) | 1,42 | 1,42 | 1,42 |



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Tabel L-1.5 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

| Sampel | 1 | 2 | Rata-Rata |
|---------------------------------|------|-----|-----------|
| Berat pasir sebelum dicuci (gr) | 500 | | |
| Berat pasir setelah dicuci (gr) | 448 | 445 | |
| Kadar lumpur (%) | 10,4 | 11 | 10,7 |

Tabel L-1.6 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

| Lubang ayakan (mm) | Berat tertinggal (gr) | Persen tertinggal (%) | Persen tertinggal kumulatif (%) | Persen lolos kumulatif (%) |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 4,75 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 2,36 | 23 | 4,6 | 4,6 | 95,4 |
| 1,18 | 60 | 12,00 | 16,60 | 83,40 |
| 0,6 | 104 | 20,80 | 37,40 | 62,60 |
| 0,3 | 115 | 23,00 | 60,40 | 39,60 |
| 0,15 | 108 | 21,60 | 82,00 | 18,00 |
| Pan | 90 | 18,00 | | |
| jumlah | 500 | 100 | 201,00 | |



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Nama : Naufal Hafidh Tauhid
NIM : 18511227
Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir S1

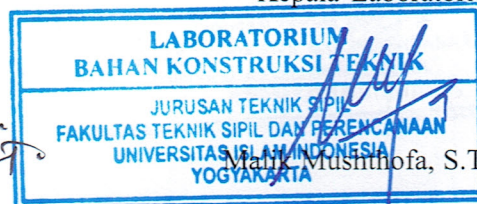
Tabel L-1.7 Pemeriksaan Kuat Tekan Bata

| Sampel | p1 (cm) | p2 (cm) | p rata-rata (cm) | l1 (cm) | l2 (cm) | l rata-rata (cm) | Luas (cm ²) | Beban (kg) | Kuat tekan (kg/cm ²) |
|-----------|------------|------------|------------------------|------------|------------|------------------------|----------------------------|---------------|--|
| 1 | 11,33 | 11,33 | 11,33 | 10,71 | 10,73 | 10,72 | 121,46 | 7275 | 59,90 |
| 2 | 10,9 | 10,7 | 10,80 | 10,8 | 10,76 | 10,78 | 116,42 | 7860 | 67,51 |
| 3 | 10,78 | 10,77 | 10,78 | 11,24 | 11,17 | 11,21 | 120,73 | 5605 | 46,42 |
| 4 | 11,45 | 11,46 | 11,46 | 11,14 | 11,15 | 11,15 | 127,67 | 5800 | 45,43 |
| 5 | 10,73 | 10,81 | 10,77 | 10,95 | 10,96 | 10,96 | 117,99 | 7960 | 67,47 |
| 6 | 10,83 | 10,78 | 10,81 | 10,86 | 10,85 | 10,86 | 117,29 | 6980 | 59,51 |
| 7 | 11,8 | 11,66 | 11,73 | 10,87 | 10,66 | 10,77 | 126,27 | 8875 | 70,28 |
| 8 | 10,71 | 10,705 | 10,71 | 11,15 | 11,13 | 11,14 | 119,28 | 7775 | 65,18 |
| 9 | 10,84 | 10,78 | 10,81 | 11,6 | 11,42 | 11,51 | 124,42 | 8150 | 65,50 |
| 10 | 11,47 | 11,61 | 11,54 | 11,02 | 10,79 | 10,91 | 125,84 | 5700 | 45,29 |
| Rata-rata | | | | | | | | | 59,25 |

Diperiksa oleh,

Muhammad Zaki, S.T., M.Eng.

Yogyakarta, 15 Mei 2023
Kepala Laboratorium BKT,



Mark Musnithofa, S.T., M.Eng.

Lampiran 2 Hasil Pengujian Benda Uji



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

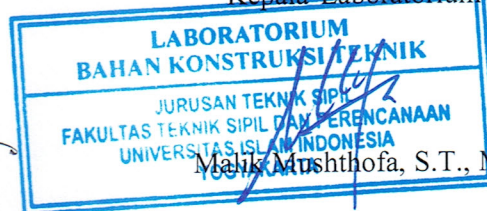
Nama : Naufal Hafidh Tauhid
NIM : 18511227
Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir S1

Tabel L-2.1 Pemeriksaan Kuat Tekan Mortar

| Kode | p1 (cm) | p2 (cm) | p rata-rata (cm) | l1 (cm) | l2 (cm) | l rata-rata (cm) | Luas (cm ²) | Beban maksimal (kg) | Kuat tekan (kg/cm ²) | Rata-rata |
|------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|--|-----------|
| TK1 | 4,95 | 4,95 | 4,95 | 4,95 | 4,93 | 4,94 | 24,45 | 3175 | 129,84 | 131,42 |
| TK2 | 5,08 | 5,04 | 5,06 | 5,03 | 5,01 | 5,02 | 25,40 | 3000 | 118,10 | |
| TK3 | 4,99 | 5,06 | 5,03 | 4,93 | 4,93 | 4,93 | 24,77 | 3625 | 146,33 | |
| LK1 | 5,01 | 5,00 | 5,01 | 5,12 | 5,00 | 5,06 | 25,31 | 3275 | 129,38 | 136,14 |
| LK2 | 5,01 | 5,00 | 5,01 | 5,11 | 5,11 | 5,11 | 25,58 | 3775 | 147,60 | |
| LK3 | 5,03 | 4,98 | 5,00 | 5,09 | 5,10 | 5,10 | 25,49 | 3350 | 131,44 | |
| TL1 | 5,04 | 5,06 | 5,05 | 5,07 | 5,07 | 5,07 | 25,59 | 3000 | 117,23 | 116,50 |
| TL2 | 5,07 | 5,06 | 5,06 | 5,07 | 5,08 | 5,07 | 25,67 | 3000 | 116,88 | |
| TL3 | 5,04 | 5,03 | 5,03 | 5,04 | 5,04 | 5,04 | 25,35 | 2925 | 115,38 | |
| LL1 | 5,10 | 5,12 | 5,11 | 5,02 | 5,00 | 5,01 | 25,59 | 3025 | 118,22 | 112,64 |
| LL2 | 5,05 | 5,05 | 5,05 | 4,96 | 4,95 | 4,95 | 25,00 | 2800 | 112,01 | |
| LL3 | 5,02 | 5,03 | 5,02 | 5,09 | 5,08 | 5,09 | 25,54 | 2750 | 107,68 | |

Diperiksa oleh,

Muhammad Zaki R.A., ST.



Malik Anshthofa, S.T., M.Eng.

Yogyakarta, 15 Mei 2023
Kepala Laboratorium BKT,



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Tabel L-2.2 Pemeriksaan Kuat Lekat Mortar

| Kode | p1 (cm) | p2 (cm) | p rata-rata (cm) | l1 (cm) | l2 (cm) | l rata-rata (cm) | Luas (cm ²) | Beban (kg) | Kuat Lekat (kg/cm ²) | Rata-rata |
|------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|----------------------------|---------------|-------------------------------------|-----------|
| TK1 | 10,73 | 10,78 | 10,75 | 10,68 | 10,66 | 10,67 | 114,73 | 56,1 | 0,49 | 0,46 |
| TK2 | 10,68 | 10,88 | 10,78 | 10,73 | 10,92 | 10,83 | 116,69 | 48,5 | 0,42 | |
| TK3 | 10,83 | 10,80 | 10,82 | 10,68 | 10,70 | 10,69 | 115,61 | 53,3 | 0,46 | |
| LK1 | 10,99 | 11,09 | 11,04 | 10,99 | 10,87 | 10,93 | 120,61 | 54 | 0,45 | 0,41 |
| LK2 | 10,83 | 10,76 | 10,80 | 10,80 | 10,82 | 10,81 | 116,69 | 47,3 | 0,41 | |
| LK3 | 10,64 | 10,65 | 10,65 | 10,81 | 10,73 | 10,77 | 114,62 | 44,8 | 0,39 | |
| TL1 | 10,81 | 10,69 | 10,75 | 10,58 | 10,66 | 10,62 | 114,17 | 75,3 | 0,66 | 0,64 |
| TL2 | 10,76 | 10,75 | 10,76 | 10,94 | 10,88 | 10,91 | 117,34 | 73,4 | 0,63 | |
| TL3 | 10,75 | 10,73 | 10,74 | 10,84 | 10,70 | 10,77 | 115,64 | 73,3 | 0,63 | |
| LL1 | 10,88 | 10,76 | 10,82 | 10,61 | 10,74 | 10,67 | 115,45 | 69,5 | 0,60 | 0,59 |
| LL2 | 10,66 | 10,71 | 10,69 | 11,24 | 11,16 | 11,20 | 119,67 | 62,3 | 0,52 | |
| LL3 | 10,76 | 10,80 | 10,78 | 10,77 | 10,81 | 10,79 | 116,24 | 74,4 | 0,64 | |



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Nama : Naufal Hafidh Tauhid
NIM : 18511227
Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir S1

Tabel L-2.3 Pemeriksaan Kuat Tekan Dinding

| Kode | l1 (cm) | l2 (cm) | l rata-rata (cm) | p1 (cm) | p2 (cm) | p rata-rata (cm) | Luas (cm ²) | Beban maksimal (kg) | Kuat tekan (kg/cm ²) | Rata-rata |
|------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|--|-----------|
| TK1 | 11,55 | 11,34 | 11,45 | 23,14 | 22,92 | 23,03 | 263,55 | 11700 | 44,39 | 34,96 |
| TK2 | 10,94 | 10,91 | 10,93 | 23,10 | 23,58 | 23,34 | 254,99 | 9150 | 35,88 | |
| TK3 | 10,90 | 11,13 | 11,02 | 23,07 | 23,03 | 23,05 | 253,90 | 6250 | 24,62 | |
| LK1 | 10,88 | 10,83 | 10,86 | 23,02 | 22,80 | 22,91 | 248,66 | 8400 | 33,78 | 36,37 |
| LK2 | 11,29 | 10,82 | 11,05 | 22,15 | 22,56 | 22,36 | 247,08 | 10200 | 41,28 | |
| LK3 | 10,70 | 10,92 | 10,81 | 22,46 | 22,37 | 22,42 | 242,25 | 8250 | 34,06 | |
| TL1 | 11,33 | 11,36 | 11,35 | 23,43 | 23,64 | 23,53 | 266,98 | 8500 | 31,84 | 31,16 |
| TL2 | 11,22 | 11,11 | 11,17 | 23,21 | 23,00 | 23,11 | 257,97 | 8200 | 31,79 | |
| TL3 | 11,05 | 11,16 | 11,10 | 23,06 | 22,79 | 22,93 | 254,52 | 7600 | 29,86 | |
| LL1 | 11,00 | 10,95 | 10,98 | 23,33 | 22,82 | 23,08 | 253,25 | 8200 | 32,38 | 29,74 |
| LL2 | 11,18 | 11,25 | 11,22 | 22,44 | 22,98 | 22,71 | 254,69 | 7000 | 27,48 | |
| LL3 | 10,86 | 11,00 | 10,93 | 22,87 | 23,27 | 23,07 | 252,10 | 7400 | 29,35 | |

Diperiksa oleh,

Muhammad Zaki, R.A., ST

Yogyakarta, 15 Mei 2023
Kepala Laboratorium BKT,



Malik M. Shidiq, S.T., M.Eng.



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Nama : Naufal Hafidh Tauhid
NIM : 18511227
Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir S1

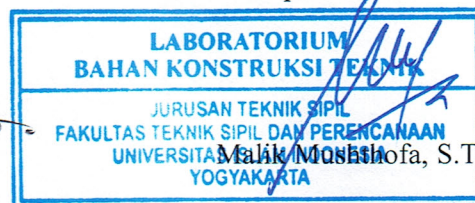
Tabel L-2.4 Pemeriksaan Kuat Lentur Dinding

| Kode | TK1 | TK2 | TK3 | LK1 | LK2 | LK3 | TL1 | TL2 | TL3 | LL1 | LL2 | LL3 |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| t1 (cm) | 11,20 | 11,16 | 10,73 | 10,63 | 10,96 | 10,91 | 10,66 | 10,98 | 10,85 | 10,77 | 11,10 | 10,70 |
| t2 (cm) | 10,90 | 10,69 | 10,83 | 10,69 | 11,13 | 10,84 | 10,67 | 10,90 | 11,04 | 10,69 | 10,99 | 10,65 |
| t3 (cm) | 10,83 | 10,76 | 10,71 | 10,70 | 10,98 | 10,84 | 10,63 | 10,88 | 10,80 | 10,64 | 11,03 | 10,89 |
| t4 (cm) | 10,97 | 10,69 | 10,77 | 10,63 | 10,92 | 10,69 | 10,60 | 10,88 | 10,80 | 10,63 | 11,00 | 10,89 |
| t rata-rata (cm) | 10,98 | 10,83 | 10,76 | 10,66 | 11,00 | 10,82 | 10,64 | 10,91 | 10,87 | 10,68 | 11,03 | 10,78 |
| l1 (cm) | 22,46 | 22,16 | 22,55 | 22,39 | 22,83 | 22,44 | 22,25 | 22,64 | 22,67 | 22,41 | 22,00 | 22,46 |
| l2 (cm) | 22,67 | 22,16 | 22,69 | 22,52 | 22,30 | 22,82 | 22,81 | 22,31 | 22,77 | 22,56 | 22,15 | 22,44 |
| l3 (cm) | 22,45 | 22,14 | 22,70 | 22,40 | 22,80 | 22,62 | 22,35 | 22,57 | 22,63 | 22,52 | 22,04 | 22,49 |
| l4 (cm) | 22,65 | 22,05 | 23,01 | 22,55 | 22,29 | 22,59 | 22,53 | 22,35 | 22,65 | 22,49 | 22,31 | 22,44 |
| l rata-rata (cm) | 22,56 | 22,13 | 22,74 | 22,47 | 22,55 | 22,62 | 22,49 | 22,47 | 22,68 | 22,50 | 22,13 | 22,46 |
| l ² | 2717,06 | 2592,91 | 2631,88 | 2554,02 | 2727,76 | 2647,74 | 2543,72 | 2674,26 | 2681,03 | 2566,43 | 2691,75 | 2610,36 |
| Berat (kg) | 19,68 | 19,70 | 19,25 | 20,58 | 19,57 | 19,93 | 22,00 | 21,66 | 21,72 | 21,40 | 22,91 | 22,16 |
| Beban maksimal (kg) | 150 | 250 | 270 | 220 | 195 | 300 | 205 | 180 | 215 | 200 | 175 | 180 |
| Kuat Lentur (kg/cm ²) | 1,82 | 3,06 | 3,24 | 2,77 | 2,31 | 3,57 | 2,61 | 2,20 | 2,59 | 2,53 | 2,14 | 2,26 |
| Rata-rata | 2,71 | | | 2,88 | | | 2,47 | | | 2,31 | | |

Diperiksa oleh,

Muhammad Zaki R.H., ST.

Yogyakarta, 15 Mei 2023
Kepala Laboratorium BKT,



Malik Mubshofa, S.T., M.Eng.

Lampiran 3 Gambar Pengujian



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta



Gambar L-3.1 Kolam Rendam



Gambar L-3.2 Benda Uji Mortar



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta



Gambar L-3.3 Benda Uji Dua Bata Menyilang



Gambar L-3.4 Benda Uji Prisma Pasangan Bata



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta



Gambar L-3.5 Pengujian Kuat Tekan Bata



Gambar L-3.6 Pengujian Kuat Lekat Mortar



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta



Gambar L-3.7 Pengujian Kuat Tekan Dinding



Gambar L-3.8 Pengujian Kuat Lentur Dinding