

SKRIPSI PENELITIAN

**ANALISIS PENGARUH ANYAMAN BAMBU SEBAGAI PENGGANTI
TULANGAN TERHADAP KUAT LENTUR PADA PELAT LANTAI
BETON BERTULANG**



Oleh:

MUTMAINNAH AHMAD

D51115020

DEPARTEMEN ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2020

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH ANYAMAN BAMBU SEBAGAI PENGGANTI
TULANGAN TERHADAP KUAT LENTUR PADA PELAT LANTAI
BETON BERTULANG**

Diajukan untuk memenuhi syarat kurikulum tingkat sarjana
pada Program Studi S1 Arsitektur Departemen Arsitektur
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

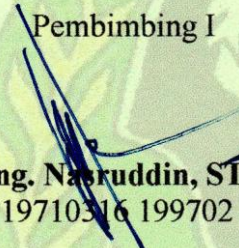
Penyusun

Mutmainnah Ahmad
D511 15 020

Gowa, 27 Januari 2020

Menyetujui

Pembimbing I


Dr. Eng. Nasruddin, ST., MT
NIP. 19710316 199702 1 001

Pembimbing II


Imriyanti, ST., MT
NIP. 19730208 200604 2 001

Mengetahui

Ketua Program Studi Arsitektur


Dr. Eng. Ir. Rosady Mulyadi, ST., MT.
NIP. 197008101998021001



PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mutmainnah Ahmad

NIM : D51115020

Program Studi : S1 Teknik Arsitektur

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau tidak dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, Saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 27 Januari 2020

Yang menyatakan,

Mutmainnah Ahmad

D51115020

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas berkah dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi “*Analisis Pengaruh Anyaman Bambu Sebagai Pengganti Tulangan Terhadap Kuat Lentur Pada Pelat Lantai Beton Bertulang*” untuk memenuhi salah satu syarat dalam penyelesaian studi di Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Terwujudnya skripsi penelitian ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah mendukung penulis, baik tenaga, ide-ide, maupun pemikiran. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Dr.Eng. Rosady Mulyadi, ST.MT** selaku ketua Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak **Dr. Eng. Nasruddin Junus, ST.MT**, dan Ibu **Imriyanti, ST, MT** , selaku pembimbing yang telah meluangkan banyak waktunya untuk membimbing dan membantu saya.
3. Bapak **Prof. Dr. Ir. Victor Sampebulu, M.Eng; Bapak Dr. Ir. Hartawan, MT, Bapak, Ir. H. Dahri Kuddu, MT, Ibu Pratiwi Muhsar, ST.MT**, selaku dosen di Lab. Bahan Konstruksi dan Struktur Bangunan yang memberikan bimbingan, saran, ide dan kesempatan untuk membuat skripsi dan mempresentasikan hasil skripsi ini.
4. Seluruh **Dosen, Staf dan Karyawan** Fakultas Teknik Departemen Arsitektur Universitas Hasanuddin.
5. **Ibunda Hj. Fatma, Ayahanda H. Ahmad, dan adikku Mahmud**, yang telah memberi do’a restu, motivasi serta dukungan yang tiada henti.
6. **Tante, Om, Nenek, Kakek dan Sepupu-sepupu di Rajawali** atas do’a, bantuan dan dukungannya.
7. **Kak Nanda, kak Maysarah, Kak Fitri, Kak Egif**, terima kasih atas telah menjadi sosok yang selalu ada untuk mendukung dan bertukar pikiran, serta ajakan makan-makannya disaat saya lagi pusing dengan skripsi.
8. **Rekan Seperjuangan Labo Struktur, Dinul, Mudrikah, Indah, Ami**,

Nurul, Mulyadi, dan Irsyad atas segala bantuan dan pengorbanan waktu dan tenaganya.

9. **Teman-teman Arsitektur Angkatan 2015** yang telah memberikan dukungan.
10. **Teman-teman IPA 1 (ATOM'13)** yang telah menyemangati.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian selama ini dengan amal kebaikan dunia akhirat.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik saran yang membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan demi perbaikan-perbaikan ke depan. Aamiin.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Gowa, 27 Januari 2020

Penulis,

Mutmainnah Ahmad

DAFTAR ISI

Halaman

| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| ABSTRAK | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 4 |
| 1.7 Keaslian Penelitian..... | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 10 |
| 2.1 Bambu..... | 10 |
| 2.1.1 Bambu Petung..... | 11 |
| 2.1.2 Sifat Fisika Bambu Petung | 12 |
| 2.1.3 Sifat Mekanika Bambu Petung | 15 |
| 2.1.4 Bambu Sebagai Tulangan Beton Bertulang..... | 19 |
| 2.1.5 Pengawetan Bambu | 20 |
| 2.2 Beton Bertulang | 21 |
| 2.2.1 Beton Bertulang | 21 |
| 2.2.2 Kuat Tekan Beton | 22 |
| 2.2.3 Material Penyusun Beton..... | 23 |
| 2.3 Pelat Lantai | 27 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 2.3.1 | Jenis Pelat Lantai | 27 |
| 2.3.2 | Perancangan Pelat Lantai..... | 28 |
| 2.3.3 | Kekuatan Pelat Lantai..... | 28 |
| 2.3.4 | Pola Retak..... | 29 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | | 31 |
| 3.1 | Metode Penelitian | 31 |
| 3.2 | Tempat dan Waktu Penelitian..... | 31 |
| 3.3 | Variabel Penelitian..... | 31 |
| 3.4 | Bahan dan Alat Penelitian..... | 35 |
| 3.4.1 | Bahan Penelitian | 35 |
| 3.4.2 | Peralatan Penelitian | 36 |
| 3.5 | Tahap Pelaksanaan Penelitian..... | 38 |
| 3.5.1 | Tahap Persiapan Bahan dan Peralatan..... | 38 |
| 3.5.2 | Tahap Pengeringan Bambu..... | 38 |
| 3.5.3 | Tahap Pembuatan Tulangan Pelat Uji | 39 |
| 3.5.4 | Tahap Pemeriksaan Material Beton..... | 39 |
| 3.5.5 | Tahap Perhitungan <i>Mix Design</i> | 47 |
| 3.5.6 | Tahap Pembuatan Beton Segar | 50 |
| 3.5.7 | Tahap Pengujian Slump..... | 50 |
| 3.5.8 | Tahap Pencetakan Silinder Beton | 51 |
| 3.5.9 | Tahap Pencetakan Pelat Uji..... | 51 |
| 3.5.10 | Tahap Perawatan Pelat Uji..... | 53 |
| 3.5.11 | Tahap Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton | 53 |
| 3.5.12 | Pengujian Kuat Lentur Pelat Uji..... | 54 |
| 3.5.13 | Tahap Analisis Data Hasil Penelitian | 56 |
| 3.5.14 | Penarikan Kesimpulan Hasil Penelitian..... | 58 |
| 3.6 | Kerangka Pikir Penelitian | 58 |
| 3.7 | Alur Pikir Penelitian | 60 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | 61 |
| 4.1 | Proses Pembuatan Benda Uji..... | 61 |
| 4.1.1 | Pembuatan Tulangan Anyaman Bambu | 61 |

| | | |
|--------------------------|---|-----|
| 4.1.2 | Pembuatan Campuran Beton (Proses <i>Mix Design</i>)..... | 65 |
| 4.1.3 | Pencetakan Benda Uji..... | 71 |
| 4.1.4 | Perawatan Benda Uji | 71 |
| 4.2 | Pengaruh Anyaman Bambu sebagai Pengganti Tulangan Terhadap Kuat Lentur pada Pelat Lantai Beton Bertulang..... | 72 |
| 4.2.1 | Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton | 72 |
| 4.2.2 | Hasil Pengujian Kuat Lentur Pelat | 73 |
| 4.3 | Pola Retak Pelat | 81 |
| BAB V P E N U T U P..... | | 84 |
| 5.1 | Kesimpulan | 84 |
| 5.2 | Saran | 84 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 86 |
| L A M P I R A N | | 91 |
| Lampiran 1 | | |
| | Perhitungan Kebutuhan Bahan Pengawet Bambu..... | 92 |
| Lampiran 2 | | |
| | Data Pengujian Karakteristik Material Campuran Beton..... | 93 |
| Lampiran 3 | | |
| | Penggabungan Agregat Kasar dan Agregat Halus | 94 |
| Lampiran 4 | | |
| | Perencanaan <i>Mix Design</i> | 99 |
| Lampiran 5 | | |
| | Perhitungan Kuat Lentur Pelat Uji | 106 |
| Lampiran 6 | | |
| | Dokumentasi Kegiatan Penelitian | 113 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 1.1 | Penelitian Sebelumnya tentang Bambu sebagai Pengganti Tulangan | 6 |
| Tabel 2.1 | Nilai Rata-rata Berat Jenis Segar Bambu Petung..... | 14 |
| Tabel 2.2 | Hasil Uji Kembang Susut Bambu Petung..... | 14 |
| Tabel 2.3 | Tegangan Batas Lentur (MOR) Bambu..... | 17 |
| Tabel 2.4 | Modulus Elastisitas Lentur (MOE) Bambu..... | 18 |
| Tabel 2.5 | Kuat Batas dan Tegangan Ijin Bambu..... | 18 |
| Tabel 2.6 | Perbandingan Tulangan Baja dan Bambu Petung..... | 19 |
| Tabel 2.6 | Jenis dan Penggunaan Semen Portland..... | 23 |
| Tabel 2.7 | Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus..... | 24 |
| Tabel 2.8 | Persyaratan Gradasi untuk Agregat Halus..... | 25 |
| Tabel 2.9 | Persyaratan Gradasi untuk Agregat Kasar..... | 25 |
| Tabel 2.10 | Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air-Semen, dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai di Indonesia..... | 26 |
| Tabel 2.11 | Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m ³) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pekerjaan Adukan Beton..... | 27 |
| Tabel 3.1 | Variabel Penelitian..... | 31 |
| Tabel 3.2 | Jumlah Variasi Pelat Uji Tulangan Anyaman Bambu..... | 34 |
| Tabel 3.3 | Kode Sampel Pelat Uji Tulangan Anyaman Bambu..... | 35 |
| Tabel 3.4 | Spesifikasi Uji Material Agregat Kasar dan Agregat Halus..... | 40 |
| Tabel 4.1 | Hasil Pengujian Agregat Kasar..... | 66 |
| Tabel 4.2 | Hasil Pengujian Agregat Halus..... | 66 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabel 4.3 | Data Perhitungan Mix Design..... | 68 |
| Tabel 4.4 | Jumlah Kebutuhan Material Beton..... | 68 |
| Tabel 4.5 | Nilai Kuat Tekan Silinder Beton..... | 72 |
| Tabel 4.6 | Kapasitas Beban Maksimum Pelat..... | 75 |
| Tabel 4.7 | Hasil Perhitungan Kuat Lentur Pelat..... | 77 |
| Tabel 4.8 | Jumlah Luas Tulangan Anyaman Bambu | 78 |
| Tabel 4.9 | Pola Retak Pelat | 81 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Bambu Betung (<i>Dendrocalamus Asper</i>)..... | 12 |
| Gambar 2.2 | Skema Pembebanan pada Pelat Lantai | 29 |
| Gambar 2.3 | Pola Retak Struktural..... | 30 |
| Gambar 3.1 | Tipe Tulangan Anyaman Bambu 1 (B1) | 32 |
| Gambar 3.2 | Tipe Tulangan Anyaman Bambu 2 (B2) | 32 |
| Gambar 3.3 | Tipe Tulangan Anyaman Bambu 3 (B3) | 32 |
| Gambar 3.4 | Ukuran Pelat Anyaman Bambu yang Diuji | 33 |
| Gambar 3.5 | Model Susunan Anyaman Bambu yang Diuji | 33 |
| Gambar 3.6 | Model Tulangan Baja Polos Ø10 | 34 |
| Gambar 3.7 | Model Tumpuan Sederhana untuk Pengujian Kuat Lentur Pelat. . | 54 |
| Gambar 3.8 | Detail Setting Alat Pengujian Kuat Lentur | 54 |
| Gambar 3.9 | Model Set-Up Alat Pengujian Kuat Lentur Pelat Lantai..... | 55 |
| Gambar 3.10 | Kerangka Pikir Penelitian..... | 59 |
| Gambar 3.11 | Diagram Alur Pikir Penelitian | 60 |
| Gambar 4.1 | Bambu Petung yang Digunakan | 61 |
| Gambar 4.2 | Penjemuran Bambu di Bawah Sinar Matahari | 61 |
| Gambar 4.3 | Bambu Dibelah Menjadi Ukuran yang Lebih Kecil untuk Memudahkan Proses Penyerapan Larutan Pengawet. | 62 |
| Gambar 4.4 | Bahan Pengawet Bambu (Boraks dan Asam Borit) | 62 |
| Gambar 4.5 | Perendaman Bambu dengan Bahan Pengawet | 63 |
| Gambar 4.6 | Proses Pengeringan Bambu Setelah Perendaman..... | 63 |
| Gambar 4.7 | Bilah Bambu yang Telah Diraut dan Dipotong..... | 63 |
| Gambar 4.8 | Perakitan Tulangan Anyaman Bambu..... | 64 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Gambar 4.9 | Tulangan Bambu yang Telah Dilapisi Cat Vernis..... | 65 |
| Gambar 4.10 | Grafik Gradasi Agregat Gabungan..... | 67 |
| Gambar 4.11 | Proses Pencampuran Material Beton..... | 69 |
| Gambar 4.12 | Pengujian Slump Campuran Beton | 70 |
| Gambar 4.13 | Persiapan Pencetakan Pelat Uji Tulangan Bambu..... | 71 |
| Gambar 4.14 | Pencetakan Pelat Uji Tulangan Bambu | 71 |
| Gambar 4.15 | Perawatan Dry Curing Pelat Uji Tulangan Bambu | 72 |
| Gambar 4.16 | Proses Persiapan Sebelum Pengujian | 73 |
| Gambar 4.17 | Set-Up Alat Pengujian Kuat Lentur menggunakan Universal Testing Machine (UTM)..... | 74 |
| Gambar 4.18 | Pengujian Kuat Lentur Pelat..... | 74 |
| Gambar 4.19 | Grafik Kapasitas Beban Maksimum Pelat Tulangan Bambu | 76 |
| Gambar 4.20 | Grafik Kuat Lentur Pelat Tulangan Bambu dengan Variasi 1 Lapisan Tulangan | 79 |
| Gambar 4.21 | Grafik Kuat Lentur Pelat Tulangan Bambu dengan Variasi 2 Lapisan Tulangan | 80 |
| Gambar 4.22 | Rekapitulasi Kuat Lentur Pelat Tulangan Bambu | 81 |

ANALISIS PENGARUH ANYAMAN BAMBU SEBAGAI PENGGANTI TULANGAN TERHADAP KUAT LENTUR PADA PELAT LANTAI BETON BERTULANG

⁽¹⁾ **Mutmainnah Ahmad**

⁽²⁾ **Dr. Eng. Nasrudin Junus, ST., MT**

⁽²⁾ **Imriyanti, ST., MT**

Labo. Bahan, Konstruksi dan Struktur Bangunan Departemen Arsitektur Fakultas Teknik,
Universitas Hasanuddin, Indonesia
innahahmad@gmail.com

ABSTRAK

Bambu sering dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi karena memiliki sifat mekanika yang baik. Hal ini mendasari penggunaan bambu petung sebagai pengganti tulangan pada beton bertulang. Tujuan penelitian ini adalah untuk menunjukkan pengaruh tulangan anyaman bambu yang digunakan sebagai pengganti tulangan baja terhadap kuat lentur pelat lantai beton bertulang dengan menggunakan beberapa tipe pola anyaman serta variasi jumlah lapisan anyaman bambu yang digunakan beserta pola retak yang ditimbulkan oleh beban yang diberikan pada pelat lantai beton bertulang anyaman bambu.

Bambu dibuat menyerupai bentuk tulangan baja dengan ukuran Ø10 cm. Tulangan bambu tersebut kemudian disusun sesuai dengan tipe pola anyaman. Untuk setiap pola terdapat dua variasi susunan anyaman bambu yang digunakan. Variasi pertama adalah pelat yang terdiri dari 1 lapisan tulangan anyaman dan variasi kedua adalah pelat yang terdiri dari 2 lapisan tulangan anyaman yang disusun secara tertumpuk. Selain pelat bertulang bambu, dibuat juga pelat dengan tulangan baja Ø10 cm sebagai pembanding. Pelat uji yang digunakan memiliki ukuran 60 cm x 25 cm x 12 cm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) yang telah dimodifikasi.

Hasil penelitian menunjukkan pelat tulangan baja memiliki kuat lentur tertinggi dengan nilai rata-rata sebesar 6,81 kN.m. Sedangkan, diantara pelat dengan tulangan anyaman bambu, pelat dengan tipe tulangan B1 variasi 2 lapisan memiliki kuat lentur rata-rata tertinggi yakni sebesar 6,02 kN.m. Hal yang mempengaruhi nilai kuat lentur pelat lantai beton bertulang adalah perbedaan tipe anyaman yang digunakan dalam hal ini berkaitan dengan arah orientasi tulangan pada anyaman bambu dan kuat lentur rata-rata pelat meningkat dengan adanya penambahan jumlah lapisan tulangan. Pola retak yang terjadi pada pelat adalah pola retak lentur.

Kata Kunci: *Anyaman Bambu, Kuat Lentur, Pelat Lantai, Universal Testing Machine*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bambu dikenal sebagai tanaman yang memiliki banyak kegunaan. Bambu dapat digunakan sebagai bahan kertas, bahan kerajinan tangan, perabot rumah tangga, bahan makanan (rebung bambu), alat musik dan juga sebagai bahan bangunan. Pemanfaatan bambu sebagai komponen bangunan dapat dijumpai antara lain sebagai tiang, balok, lantai, dinding atau sekat, langit-langit, atap, rangka penyangga atap, pintu, jendela, tangga, dinding penahan tanah, perancah pada saat pelaksanaan bangunan bertingkat dan tirai gulung. Bambu sering digunakan sebagai bahan bangunan dikarenakan batangnya memiliki sifat antara lain : kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk dan mudah dikerjakan serta ringan sehingga mudah diangkat. Bambu juga relatif lebih mudah didapat bila dibandingkan dengan bahan bangunan lain. Selain itu, bangunan dari bambu dapat tahan terhadap angin maupun gempa, serta mudah diperbaiki sekiranya terjadi kerusakan (Morisco, 2006).

Bambu juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti tulangan beton. Menurut Morisco (1999), bambu dapat digunakan sebagai tulangan beton pengganti baja karena mempunyai kekuatan tarik tinggi yang mendekati kekuatan baja. Hal yang sama disimpulkan dalam penelitian Nurmayadi (2018) yang menunjukkan bahwa tulangan bambu memiliki sifat yang mendekati sifat mekanis baja mutu sedang. Kuat tarik bambu adalah 229,93 Mpa, sedangkan tegangan leleh bambu (f_y) adalah 179,83 Mpa.

Salah satu jenis bambu konstruksi yang sering dipakai di Indonesia adalah bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*). Pengujian kuat tarik bambu betung menggunakan sampel bagian dalam dan bagian luar memperlihatkan nilai tegangan berturut-turut adalah 970 kg/cm² dan 2850 kg/cm². Kuat tarik bambu petung pada bagian pangkal, tengah dan ujung berturut-turut adalah sebesar 2278 kg/cm², 1770 kg/cm² dan 2080 kg/cm². Sedangkan kuat tarik bambu betung tanpa buku dan dengan buku masing-masing adalah 1900 kg/cm² dan 1160 kg/cm² (Morisco, 1999).

Hasil penelitian Putra, dkk (2007) mengenai kapasitas lentur pelat beton bertulangan bambu petung dengan menggunakan penulangan tunggal menunjukkan bahwa pada pelat beton dengan luas tulangan tarik 90 mm^2 didapat beban merata ultimate rata-rata sebesar $248,722 \text{ KN/m}^2$, pada luas tulangan tarik 105 mm^2 didapat beban merata ultimate rata-rata sebesar $264,7 \text{ KN/m}^2$, pada plat beton dengan luas tulangan tarik 120 mm^2 didapat beban merata ultimate rata-rata sebesar $279,025 \text{ KN/m}^2$.

Penelitian Budi dkk (2013) mengenai model balok beton bertulangan bambu sebagai pengganti tulangan baja menunjukkan kapasitas lentur balok tulangan bambu Petung takikan sekitar 41% dan bambu Wulung takikan sekitar 28% terhadap kapasitas lentur balok baja tulangan polos.

Berdasarkan SNI 07-2052-2002 tentang “Baja Tulangan Beton” menunjukkan bahwa bambu betung memiliki kekuatan tarik 60,5% dan tegangan leleh bambu betung 76,5% dari baja mutu sedang. Hal tersebut menunjukkan bahwa bambu dapat digunakan sebagai pengganti tulangan baja dengan tingkatan baja mutu sedang (Nurmayadi, 2018).

Hal yang sama ditunjukkan dalam pengujian yang dilakukan Fahrina (2014) dimana nilai rata-rata kuat tarik bambu sejajar serat sebesar $350,9741 \text{ MPa}$ dan untuk tegangan leleh bambu didapatkan rata-rata menjadi $242,47 \text{ MPa}$. Nilai kuat tarik yang didapatkan melebihi kuat tarik yang ditargetkan yaitu mutu baja U-22 dengan tegangan leleh 220 MPa . Selain itu, nilai kuat lekat bambu terhadap beton rata-rata adalah $0,341 \text{ MPa}$ dan kuat lentur balok bertulang bambu sebesar $3,8735 \text{ MPa}$.

Kebanyakan penelitian-penelitian sebelumnya mengkaji penggunaan bambu sebagai pengganti tulangan pada balok/plat lantai dalam bentuk tulangan-tulangan yang disusun seperti tulangan baja pada umumnya. Akan tetapi, ternyata bambu juga dapat dibentuk menjadi anyaman yang kemudian digunakan sebagai pengganti tulangan baja pada beton bertulang.

Hidayat (2017) menyimpulkan bahwa keragaman anyaman bambu sebagai tulangan pelat beton akan mempengaruhi kekuatan lentur pelat tersebut. Selain itu, dalam penelitiannya menunjukkan hasil bahwa tipe anyaman empat sumbu kulit

luar memperoleh kuat lentur tertinggi sebesar 1,73 MPa (umur 28 hari) pada kelompok penggunaan kulit luar bambu sebagai tulangan. Sedangkan tipe anyaman silang kulit dalam memperoleh kuat lentur tertinggi sebesar 3,27 MPa (umur 28 hari) pada kelompok penggunaan kulit dalam bambu sebagai tulangan.

Akan tetapi, pada penelitian tersebut hanya terbatas pada penggunaan beberapa tipe anyaman bambu serta penggunaan lapisan anyaman bambu hanya terdiri dari satu lapisan saja. Berkaitan dengan hal tersebut, maka penulis memandang perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh anyaman bambu sebagai pengganti tulangan terhadap kuat lentur pelat lantai beton bertulang dengan menggunakan tipe anyaman yang berbeda serta variasi susunan anyaman bambu yang digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh anyaman bambu sebagai pengganti tulangan terhadap kuat lentur pada pelat lantai beton bertulang?
2. Bagaimana pola retak yang ditimbulkan oleh beban yang diberikan pada pelat lantai beton bertulang anyaman bambu?

1.3 Batasan Masalah

Agar memperoleh hasil penelitian yang diinginkan maka diperlukan batasan-batasan masalah. Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pelat lantai yang dimaksud adalah pelat lantai yang difungsikan sebagai bangunan rumah tinggal.
2. Bambu yang digunakan adalah jenis bambu petung tua yang berumur ± 3 tahun.
3. Ukuran bilah bambu yang digunakan setara dengan ukuran baja tulangan polos D10 – 120 mm.

4. Benda uji berupa pelat dengan ukuran 60 cm x 25 cm dengan ketebalan 12 cm.
5. Beban yang ditinjau hanya beban lentur saja.
6. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dengan letak beban berada di tengah bentang.
7. Standar pengujian pada penelitian ini mengacu pada ketentuan SNI.
8. Pengaruh lingkungan diabaikan/disamakan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan:

1. Pengaruh anyaman bambu sebagai pengganti tulangan terhadap kuat lentur pada pelat lantai beton bertulang
2. Pola retak yang ditimbulkan oleh beban yang diberikan pada pelat lantai beton bertulang anyaman bambu.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai tambahan pengetahuan terkait pemanfaatan anyaman bambu sebagai pengganti tulangan pada pelat beton bertulang dan dapat menjadi sumbangsi dalam perkembangan teknologi di bidang kontruksi bangunan yang ramah lingkungan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun agar pembahasan lebih terarah dan tetap menjurus pada pokok permasalahan dan kerangka isi penelitian. Dalam penelitian ini sistematika penulisan disusun dalam 5 (Lima) Bab yang secara berurutan menerangkan hal-hal sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Merupakan bab pendahuluan yang menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan dan keaslian penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan gambaran umum dan teori-teori mengenai bambu petung (karakteristik bambu petung, sifat fisika dan mekanika bambu petung, serta pemanfaatan bambu petung sebagai tulangan), beton bertulang (kuat tekan beton, dan material penyusun beton), dan pelat lantai (jenis pelat lantai, pembebanan pelat lantai, perancangan pelat lantai, dan keruntuhan pada pelat lantai). Teori-teori tersebut digunakan sebagai bahan rujukan/referensi dalam penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menyajikan jenis penelitian, tempat dan waktu penelitian, variabel penelitian, bahan dan peralatan penelitian, tahap pelaksanaan penelitian, metode analisis data, alur pikir penelitian serta kerangka pikir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis data-data yang diperoleh dari penelitian serta pembahasan dari hasil analisis yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Merupakan bab penutup yang berisikan kesimpulan dari hasil analisis masalah dan disertai dengan saran-saran.

1.7 Keaslian Penelitian

Untuk membuktikan bahwa penelitian yang dilakukan ini merupakan penelitian yang asli dan tidak pernah diteliti oleh orang lain sebelumnya, berikut ini adalah beberapa penelitian tentang bambu yang telah diteliti sebelumnya.

Tabel 1.1 Penelitian Sebelumnya tentang Bambu sebagai Pengganti Tulangan

| Peneliti | Tahun | Judul Penelitian | Variabel Penelitian | Hasil Penelitian |
|---|-------|--|---|---|
| Pathurahman, Jauhar Fajrin, Dwi Anggraini Kusuma | 2003 | Aplikasi Bambu Pilinan Sebagai Tulangan Balok Beton | <ul style="list-style-type: none">• Bambu pilinan sebagai tulangan balok beton.• Keruntuhan dan pola retak yang ditimbulkan pada balok | <ul style="list-style-type: none">• Retak yang selalu terjadi pada awal proses keruntuhan adalah retak lentur ditandai dengan pola retak yang tegak lurus.• Secara umum retak tersebut terjadi pada saat beban mencapai di atas 90% dari beban teoritis atau sekitar 78% dari beban runtuh.• Retak awal biasanya terjadi pada daerah pembebanan di sekitar tumpuan rol, kemudian retak terjadi di daerah tengah bentang selanjutnya di daerah sekitar sendi, atau sebaliknya. |
| Dharma Putra, I Wayan Sedana, Kadek Budi Santika | 2007 | Kapasitas Lentur Plat Beton Bertulangan Bambu | <ul style="list-style-type: none">• Pengujian terhadap kapasitas lentur menggunakan plat dengan ukuran (640 x 640 x 70) mm dengan tumpuan sederhana pada keempat sisinya. | <ul style="list-style-type: none">• Plat beton dengan luas tulangan tarik 90 mm² didapat beban merata ultimate rata-rata sebesar 248,722 KN/m²,• Pada luas tulangan tarik 105 mm² didapat beban merata ultimate rata-rata sebesar 264,7 KN/m², |

| Peneliti | Tahun | Judul Penelitian | Variabel Penelitian | Hasil Penelitian |
|--|-------|---|--|---|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> Benda uji plat dibuat dengan 3 perlakuan luas tulangan total masing-masing 90 mm², 105 mm² dan 120 mm². | <ul style="list-style-type: none"> Pada plat beton dengan luas tulangan tarik 120 mm² didapat beban merata ultimate rata-rata sebesar 279,025 KN/m². |
| Juwanto, Agus Setiya Budi, dan Kusno Adi Sambowo | 2014 | Kajian Kapasitas Lentur Plat Beton Bertulangan Bambu Wulung Polos (Alternatif Pengganti Tulangan Baja Pada Plat Lantai) | <ul style="list-style-type: none"> Tulangan bambu yang digunakan polos (tanpa takikkan) dan berdimensi 5,2 mm x 10 mm setara dengan luasan tulangan baja diameter 8 mm yang akan dijadikan pembanding. Benda uji yang digunakan berupa 3 plat beton dengan tulangan baja dan 3 plat beton dengan tulangan bambu. | <ul style="list-style-type: none"> Dari hasil pengujian diperoleh nilai rerata kapasitas lentur plat beton bertulangan baja 0,5262 ton.m dan bambu Wulung polos 0,1678 ton.m. |
| Jhohan Ardiyansyah, Hernu Suyoso, Ketut Aswatama | 2014 | Penentuan Lendutan Pelat Beton Bertulang Bambu Dan Baja Dengan Metode Energi Dan Pengujian Di Laboratorium | <ul style="list-style-type: none"> Dalam penelitian ini pelat beton bertulang bambu dan baja (variasi jarak antar tulangan sebesar 12 cm, 9 cm, 6 cm, dan 3 cm) dibandingkan dengan pelat beton bertulang baja (variasi jarak antar tulangan 24 cm, 18 cm, 12 cm, dan 6 cm) untuk mengetahui pengaruh dari tulangan bambu jika dikombinasikan dengan tulangan baja dalam suatu pelat beton. | <ul style="list-style-type: none"> Semakin kecil jarak antar tulangan, maka semakin kecil lendutan yang terjadi karena pelat mengalami peningkatan kekakuan akibat adanya penambahan jumlah tulangan. Pengaruh penambahan tulangan bambu pada pelat beton bertulang baja dapat mengakibatkan lendutan yang besar. |

| Peneliti | Tahun | Judul Penelitian | Variabel Penelitian | Hasil Penelitian |
|------------------------------------|-------|---|--|--|
| Gustav Anandhita | 2017 | Anyaman Bambu Sebagai Tulangan Panel Beton Pracetak | <ul style="list-style-type: none"> • Pengaruh pola anyaman terhadap tingkat lendutan yang disebabkan oleh beban mati panel beton. • Proses eksperimen yang dilakukan secara simulasi dengan membuat model panel dan pola anyaman bambu menggunakan software SAP 2000 | <ul style="list-style-type: none"> • Pengaplikasian anyaman bambu sebagai tulangan panel beton berpengaruh dalam mengurangi lendutan yang terjadi. • Perubahan pola anyaman, jumlah bilah bambu dan posisi lusi sebagai tulangan juga berpengaruh terhadap presentase pengurangan lendutan pada panel beton. |
| Asep Kurnia Hidayat, Yusef Ramdani | 2017 | Analisis Efektivitas Beton Bertulang Bambu Dengan Strand Bamboo Woven (Sbw) Pada Bangunan Air | <ul style="list-style-type: none"> • Tipe anyaman bambu • Variasi penggunaan kulit luar dan daging bambu | <ul style="list-style-type: none"> • Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe anyaman empat sumbu kulit luar memperoleh kuat lentur tertinggi sebesar 1,73 MPa (umur 28 hari) pada kelompok penggunaan kulit luar bambu sebagai tulangan. • Sedangkan tipe anyaman silang kulit dalam memperoleh kuat lentur tertinggi sebesar 3,27 MPa (umur 28 hari) pada kelompok penggunaan kulit dalam bambu sebagai tulangan. |

| Peneliti | Tahun | Judul Penelitian | Variabel Penelitian | Hasil Penelitian |
|--|-------|---|---|---|
| Domingos Rosario, Diana Ningrum., SPd.,MT. dan Dr.Nawir Rasidi.,ST.MT. | 2017 | Pengaruh Penggunaan Tulangan Bambu Pada Struktur Pelat Atap/Lantai Dengan Mutu Beton $f_c' = 25,5$ Mpa. | <ul style="list-style-type: none"> • Pelat beton beton 70 x 50 cm dengan ketebalan 10 cm, 12 cm, 14 cm untuk mengetahui kuat lentur beton dimana untuk kuat lentur beton dibuat 9 buah benda uji pelat. | <ul style="list-style-type: none"> • Dari hasil pengujian kuat lentur benda uji pelat menunjukkan bahwa, lendutan yang terkecil adalah Pelat ketebalan 14 cm , (C1) dan lendutan yang terbesar adalah Pelat ketebalan 12 cm (B2) |
| Mutmainnah Ahmad | 2020 | Analisis Pengaruh Anyaman Bambu Sebagai Pengganti Tulangan Terhadap Kuat Lentur Pada Pelat Lantai Beton Bertulang | <ul style="list-style-type: none"> • Tipe pola anyaman bambu yang digunakan sebagai pengganti tulangan.. • Variasi jumlah lapisan tulangan anyaman bambu yang digunakan yang terdiri dari variasi satu lapisan tulangan anyaman bambu dan dua lapisan tulangan anyaman bambu. • Pelat dengan tulangan baja $\varnothing 10$ mm sebagai pembanding | <ul style="list-style-type: none"> • Kuat lentur pelat dengan tulangan baja $\varnothing 10$ mm masih memiliki nilai kuat lentur tertinggi sebesar 6,81 kN.m jika dibandingkan dengan pelat dengan tulangan anyaman bambu. • Pelat dengan tipe anyaman B2 memiliki nilai kuat lentur tertinggi sebesar 5,00 kN.m untuk variasi satu lapisan tulangan. • Pelat dengan tipe anyaman B1 memiliki nilai kuat lentur tertinggi sebesar 6,02 kN.m untuk variasi dua lapisan tulangan. |

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bambu

Bambu merupakan tanaman yang mudah didapati khususnya di Indonesia, serta mudah dan cepat tumbuh (*renewable*). Beberapa jenis bambu memiliki kecepatan tumbuh hingga mencapai 90 cm per hari. Selain itu bambu membutuhkan ruang tumbuh yang minim sehingga tergolong ke dalam tanaman *biomass* yang mampu memproduksi 10 ton bambu per hektarnya. Bahkan dengan manajemen penanaman yang baik dapat memproduksi hingga 20 – 30 ton per hektar per tahunnya.

Bambu dikenal sebagai tanaman yang memiliki banyak kegunaan. Bambu dapat digunakan sebagai bahan kertas, bahan kerajinan tangan, perabot rumah tangga, bahan makanan (rebung bambu), alat musik dan sebagainya. Bambu yang mencapai umur 3-6 tahun dapat digunakan untuk struktur dan konstruksi sebuah bangunan, jauh begitu lebih cepat daripada kayu yang membutuhkan 10-30 tahun untuk memenuhi syarat kekuatan sebagai material struktur dan konstruksi.

Pemanfaatan bambu sebagai komponen bangunan dapat dijumpai antara lain sebagai tiang, balok, lantai, dinding atau sekat, langit-langit, atap, rangka penyangga atap, pintu, jendela, tangga, dinding penahan tanah, perancah pada saat pelaksanaan bangunan bertingkat dan tirai gulung (Morisco, 2006).

Bambu sering digunakan sebagai bahan bangunan dikarenakan batangnya memiliki sifat antara lain : kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk dan mudah dikerjakan serta ringan sehingga mudah diangkat. Bambu juga relatif lebih mudah didapat bila dibandingkan dengan bahan bangunan lain. Selain itu, bangunan dari bambu dapat tahan terhadap angin maupun gempa, serta mudah diperbaiki sekiranya terjadi kerusakan (Morisco, 2006).

Menurut Handoko, dkk (2015) kelebihan bambu antara lain sebagai berikut:

- a. Bahan alami yang dapat diperbaharui dan bersifat berkelanjutan
- b. Bersifat ekologis (ramah lingkungan)
- c. Sangat cepat pertumbuhannya (hanya memerlukan 3 s/d 6 tahun untuk siap tebang guna memenuhi persyaratan sebagai material konstruksi)

- d. Pada berat jenis yang sama, kuat tarik bambu lebih tinggi dibandingkan kuat tarik baja mutu sedang
- e. Ringan
- f. Bahan konstruksi yang relatif murah
- g. Memiliki efisiensi teknis (cepat dan mudah dalam pengerjaannya)
- h. Merupakan material tahan gempa yang baik

Selain itu, dalam penelitian Dharma Putra dkk. (2007) menyebutkan bahwa tulangan bambu mampu menjadi alternatif pengganti tulangan baja, karena bambu memiliki kuat tarik dan kuat lentur yang cukup baik yang mampu mengimbangi sifat getas beton.

Salah satu jenis bambu konstruksi yang sering digunakan di Indonesia adalah jenis bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*). Dalam penelitian Mulyati dan Arman (2018), menunjukkan bahwa dalam penggunaan tulangan bambu sebagai tulangan balok beton, tulangan bambu Petung menghasilkan kuat lentur yang lebih tinggi 5,67% sampai 24,43% dibandingkan dengan tulangan bambu Wulung. Hal ini membuktikan keunggulan bambu Petung dibandingkan dengan jenis bambu lainnya.

Selain itu, potensi bambu petung di Indonesia cukup besar, hal ini dapat dilihat dari penyebaran bambu petung di wilayah Indonesia meliputi daerah dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 2000 m dari muka laut dan mencakup pulau Jawa, Bali, Sumatra, Kalimantan, Sulawesi (Dransfield dalam Oka, 2005). Berdasarkan hasil analisis SIG (Sistem Informasi Geografis) dan survey lapangan, di Sulawesi Selatan bambu petung dapat ditemukan di daerah Parigi Kabupaten Gowa dan Kabupaten Tana Toraja (Daud dkk, 2016).

2.1.1 Bambu Petung

Bambu Petung mempunyai rumpun agak rapat, dapat tumbuh di dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 2000 m di atas permukaan laut. Pertumbuhannya cukup baik khususnya daerah yang tidak terlalu kering. Warna kulit batang umumnya warna hijau kekuning-kuningan. Panjang batang dapat mencapai antara 10 sampai 14 meter, panjang ruas berkisar antara 40 sampai 60

centimeter dengan diameter antara 6 sampai 15 centimeter dan tebal dindingnya antara 10 sampai 15 milimeter (Morisco, 1999).



Gambar 2.1 Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*)
(Sumber : Sutardi dkk, 2015)

Penggunaan bambu sebagai pengganti tulangan dipengaruhi oleh sifat fisika dan sifat mekanika yang dimiliki oleh bambu tersebut. Sifat fisika bambu terdiri dari berat jenis, kadar air dan kembang susut bambu. sedangkan sifat mekanika bambu meliputi kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, modulus lentur (*Modulus of Rupture / MOR*) dan modulus elastisitas (*Modulus of Elasticity / MOE*).

2.1.2 Sifat Fisika Bambu Petung

Sifat fisika bambu adalah perilaku fisik bambu sebagai tanggapan terhadap perubahan kondisi udara di sekitar tempat tumbuh bambu. Sifat fisika bambu terdiri dari berat jenis, kadar air dan kembang susut.

Menurut Eratodi (2017) kualitas bambu sangat tergantung dari nilai sifat fisika bambu. Sehingga dalam pemilihan bambu akan sangat perlu melihat sifat fisika dari bambu yang akan kita pakai. Semakin tinggi kualitas bambu akan ditunjukkan oleh nilai berat jenis yang tinggi, kadar air yang rendah dan kembang susut yang rendah.

Kadar air dan berat jenis merupakan sifat fisika bambu yang dapat mempengaruhi sifat mekanika bambu. Beberapa hal yang mempengaruhi sifat fisika bambu adalah umur, posisi ketinggian, diameter, tebal daging bambu, posisi

beban (pada buku atau ruas), posisi radial dari luar sampai ke bagian dalam dan kadar air bambu.

a. Kadar Air.

Kadar air bambu adalah banyaknya air dalam sepotong bambu yang dinyatakan sebagai presentase dari berat kering tanurnya. Menurut Frick (2004), prasyarat bambu yang digunakan sebagai bahan bangunan adalah bambu kering dengan kadar air $\pm 12\%$. Hal ini merupakan kadar air kesetimbangan pada kelembapan udara 70%, yang dapat dianggap sebagai nilai rata-rata yang wajar pada iklim tropis.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Oka (2005), kadar air rata-rata bambu petung yang diperoleh adalah 12,63%. Hal yang sama terjadi pada penelitian yang dilakukan Mustafa (2012) dengan nilai kadar air bambu petung $\pm 12\%$.

Kadar air bambu diuji dengan menggunakan rumus:

$$K_a = \frac{w_b - w_a}{w_b} \times 100\% \quad (2.1.1)$$

dengan : K_a = kadar air (%)
 w_a = berat bambu kering oven
 w_b = berat bambu kering udara

b. Berat Jenis / Kerapatan (*Density*)

Berat jenis adalah perbandingan massa suatu benda dengan volumenya. Berat jenis dari bahan bambu sekitar 0,5 - 0,8 g/cm³ (Eratodi, 2017). Pada penelitian yang dilakukan Oka (2005), menunjukkan berat jenis rata-rata bambu petung (kadar air rata-rata 12,63%) adalah 0,818 g/cm³.

Berat jenis bambu dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\rho_b = \frac{m_b}{V_b} \quad (2.1.2)$$

dengan : ρ_b = berat jenis bambu petung (gr/cm³)
 m_b = massa bambu
 V_b = volume bambu

Variasi berat jenis terjadi baik arah vertikal maupun horizontal. Batang bambu bagian luar mempunyai berat jenis lebih tinggi daripada bagian dalam, sedangkan pada arah memanjang berat jenis meningkat dari pangkal ke ujung (Mustafa, 2012). Hal ini dibuktikan pada penelitian yang dilakukan oleh Rini (2018) sebagai berikut.

Tabel 2.1 Nilai Rata-rata Berat Jenis Segar Bambu Petung

| Kode Sampel | Bagian bambu | | Rata-rata (g/cm ³) |
|-------------|--------------|-------|-----------------------------------|
| | Ruas | Buku | |
| Pangkal | 0.43 | 0.48 | 0.460 |
| Tengah | 0.57 | 0.55 | 0.559 |
| Ujung | 0.62 | 0.61 | 0.614 |
| Rata-rata | 0.539 | 0.549 | 0.544 |

(Sumber : Rini, 2018)

c. Kembang Susut Bambu

Bambu termasuk zat higroskopis, artinya bambu mempunyai afinitas terhadap air, baik dalam bentuk uap maupun cairan. Kayu atau bambu mempunyai kemampuan mengabsorpsi atau desorpsi yang tergantung dari suhu dan kelembaban udara disekelilingnya. (Budi, dkk, 2013)

Penyusutan bambu yang ditebang pada musim hujan sampai keadaan kering udara adalah pada arah longitudinal sebesar 0,2% – 0,5%, arah tangensial sebesar 10% – 20% dan arah radial sebesar 15% – 30% (Riyadi, 2005). Selain itu, hasil pengujian kembang susut bambu Petung yang dilakukan oleh Triwiyono dan Morisco (2000) terlihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.2 Hasil Uji Kembang Susut Bambu Petung

| Posisi | Muai rata-rata (%) | Susut rata-rata (%) | Kisaran (%) |
|---------|--------------------|---------------------|-------------|
| Pangkal | 1,852 | 9,261 | 9,261 |
| Tengah | 5,856 | 9,941 | 9,941 |
| Ujung | 2,935 | 9,699 | 9,699 |

(Sumber : Triwiyono dan Morisco, 2000)

Menurut Pathurahman (2003), timbulnya keraguan penggunaan tulangan bambu dalam beton karena lekatan antara bambu dan semen kurang baik, selain itu bambu sangat higroskopis, sedang kandungan air pada bambu sangat mempengaruhi kembang susut, yang lebih lanjut akan mempengaruhi lekatan antara bambu dan beton. Selain itu, ketika beton mengeras dan menyusut, muai susut bambu lebih besar sehingga terjadi rongga antara bambu dan beton.

Oleh karena itu, menurut Lopez dalam Morisco (2006) untuk penulangan beton, bambu yang digunakan diambil dari bagian kulit dengan ketebalan 30% dari tebal total. Hal ini dikarenakan pada bagian kulit luar bambu lebih kedap air maka kembang susutnya juga sangat kecil.

2.1.3 Sifat Mekanika Bambu Petung

Menurut Surjono dalam Putriariani (2009), sifat mekanik adalah sifat yang berhubungan dengan kekuatan bahan dan merupakan ukuran kemampuan suatu bahan untuk menahan gaya luar yang bekerja padanya. Menurut Frick (2004), secara teoritis sifat-sifat mekanika bambu bergantung pada:

- 1) Jenis bambu yang berkaitan dengan tumbuh-tumbuhan;
- 2) Umur bambu pada waktu penebangan
- 3) Kelembapan (kadar air kesetimbangan) pada batang bambu;
- 4) Bagian batang bambu yang digunakan (bagian kaki, pertengahan, atau kepala);
- 5) Letak dan jarak ruasnya masing-masing (bagian ruas kurang tahan terhadap gaya tekan dan lentur).

Sifat mekanika bambu meliputi kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, modulus lentur (*Modulus of Rupture / MOR*) dan modulus elastisitas (*Modulus of Elasticity / MOE*).

a. Kuat Tekan

Kekuatan bambu untuk menahan gaya tekan tergantung pada bagian ruas dan bagian antarruas batang bambu. Bagian batang tanpa ruas memiliki

kuat tekan (8 – 45)% lebih tinggi dari pada batang bambu yang beruas (Eratodi, 2017).

Berdasarkan pengujian yang dilakukan Morisco (1999) kuat tekan rata-rata bambu petung bulat pada bagian pangkal 2769 kg/cm², pada bagian tengah 4089 kg/cm² dan pada bagian ujung 5479 kg/cm².

Dalam penelitian lain, hasil pengujian yang dilakukan pada kadar air 12.63% menunjukkan kuat tekan rata-rata bambu petung sejajar serat adalah 50.29 MPa (Oka, 2005). Kuat tekan bambu petung dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_{tk} = \frac{P}{A} \quad (2.1.3)$$

dengan : σ_{tk} = kuat tekan bambu petung (kg/cm²)
 P = beban maksimum (kg)
 A = luas bidang tekan (cm²)

b. Kuat Tarik

Menurut Mustafa (2012), kuat tarik merupakan ketahanan suatu benda menahan gaya luar yang berupa gaya tarik yang bekerja pada benda tersebut. Serat bambu petung terdiri dari bundel serat dengan diameter 195-361 μ m dan serat ultimate dengan diameter 14,5-14,7 μ m. Bundel serat bambu petung memiliki kekuatan tarik rata-rata 179-310 MPa dan kekakuan tarik rata-rata 4,6-7,9 GPa (Judawisastra dkk, 2016). Dalam penelitian lain, kekuatan tarik sejajar serat bambu betung adalah 2309,00 kg/cm² atau 230,9 MPa (Yoresta, 2013).

Kekuatan bambu untuk menahan gaya tarik tergantung pada bagian batang yang digunakan. Pengujian kuat tarik bambu betung menggunakan sampel bagian dalam dan bagian luar memperlihatkan nilai tegangan berturut-turut adalah 970 kg/cm² dan 2850 kg/cm² (Morisco, 1999). Kuat tarik bambu petung juga dipengaruhi oleh ada atau tidaknya buku dan posisi pada bagian bambu (pangkal, tengah, dan ujung). Bagian ujung memiliki kekuatan terhadap gaya tarik 12% lebih rendah dibanding dengan bagian pangkal (Eratodi, 2017).

Kuat tarik bambu petung pada bagian pangkal, tengah dan ujung berturut-turut adalah sebesar 2278 kg/cm², 1770 kg/cm² dan 2080 kg/cm². Sedangkan kuat tarik bambu betung tanpa buku dan dengan buku masing-masing adalah 1900 kg/cm² dan 1160 kg/cm² (Morisco, 1999).

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan dan kekakuan tarik bundel serat bambu petung tertinggi diperoleh pada serat yang berasal dari bagian bawah (pangkal) tepi luar batang bambu. (Judawisastra dkk, 2016). Kuat tarik bambu petung dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_{tr} = \frac{P}{A} \quad (2.1.4)$$

dengan : σ_{tk} = kuat tarik bambu petung (kg/cm²)
P = beban maksimum (kg)
A = luas bidang tarik (cm²)

c. Modulus Lentur (*Modulus of Rupture / MOR*)

Modulus lentur merupakan keteguhan lentur suatu bahan, dimana merupakan refleksi dari kapasitas beban maksimum pada perlakuan (Eratodi, 2017).

Tabel 2.3 Tegangan Batas Lentur (MOR) Bambu.

| Jenis Bambu | Minimum | | Maximum | | Rata-rata | |
|--------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | Dengan Buku | Tanpa Buku | Dengan Buku | Tanpa Buku | Dengan Buku | Tanpa Buku |
| Bambu Apus | 28 | 42 | 155 | 199 | 80 | 124 |
| Bambu Temen | 35 | 79 | 226 | 389 | 103 | 184 |
| Bambu Petung | 61 | 95 | 207 | 337 | 124 | 207 |

(Sumber : Morisco, 1999)

Berdasarkan tabel tersebut, bambu petung memiliki nilai MOR rata-rata tertinggi dibandingkan dengan jenis bambu lainnya. Menurut Yoresta (2013), nilai MOR pengujian lentur dengan posisi bagian kulit bambu berada di atas (daerah tekan) adalah 826,36 kg/cm² sedangkan MOR dengan posisi bagian kulit bambu berada di bawah (daerah tarik) adalah 633,38 kg/cm².

d. Modulus Elastisitas (*Modulus of Elasticity / MOE*)

Modulus elastisitas merupakan keteguhan lentur pada batas elastis bahan. Keteguhan lentur adalah rasio beban terhadap regangan dibawah batas proporsional. Modulus elastisitas merupakan implikasi bahwa deformasi yang terjadi oleh beban yang rendah dapat kembali ke posisi semula secara sempurna setelah beban ditiadakan (Eratodi, 2017).

Tabel 2.4 Modulus Elastisitas Lentur (MOE) Bambu.

| Jenis Bambu | Minimum | | Maximum | | Rata-rata | |
|--------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | Dengan Buku | Tanpa Buku | Dengan Buku | Tanpa Buku | Dengan Buku | Tanpa Buku |
| Bambu Apus | 1.075 | 1.340 | 17.033 | 19.359 | 5.751 | 12.133 |
| Bambu Temen | 2.862 | 3.667 | 29.596 | 22.789 | 5.662 | 12139 |
| Bambu Petung | 3.267 | 12.247 | 26.672 | 31.547 | 10.329 | 21.658 |

(Sumber : Morisco, 1999)

Berdasarkan tabel tersebut, bambu petung memiliki nilai MOE rata-rata tertinggi dibandingkan dengan jenis bambu lainnya. Selain itu, nilai MOE pengujian lentur dengan posisi bagian kulit bambu berada di atas (daerah tekan) adalah 62118,90 kg/cm² sedangkan MOE dengan posisi bagian kulit bambu berada di bawah (daerah tarik) adalah 51563,20 kg/cm² (Yoresta, 2013).

Kuat batas dan tegangan izin bambu yang dibolehkan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.5 Kuat Batas dan Tegangan Ijin Bambu

| Posisi | Kuat Batas (kg/cm ²) | Tegangan Ijin (kg/cm ²) |
|-------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Kuat Tarik | 981 – 3.920 | 294,2 |
| Kuat Lentur | 686 – 2.940 | 98,07 |
| Kuat Tekan | 245 – 981 | 78,45 |
| Elastisitas Tarik | 98.070 – 294.200 | 196,1 x 10 ³ |

(Sumber : Morisco, 1999)

2.1.4 Bambu Sebagai Tulangan Beton Bertulang

Berkaitan dengan sifat fisika dan sifat mekanika bambu Petung, penelitian Hantara, dkk (2014) menunjukkan perbandingan kuat tarik dan tegangan luluh antara tulangan baja dan bambu Petung yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.6 Perbandingan Tulangan Baja dan Bambu Petung

| Jenis Tulangan | Tegangan Leleh (MPa) | Modulus Elastisitas (MPa) |
|----------------|----------------------|---------------------------|
| Baja (BjTP 24) | 335,4460 | 177723,02 |
| Bambu Petung | 313,2143 | 24427,71 |

(Sumber : Hantara, dkk, 2014)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan leleh bambu petung 88,12% terhadap tegangan leleh baja dan modulus elastisitas bambu petung 13,74% terhadap modulus elastisitas baja (Hantara dkk, 2014). Beberapa penelitian lain mengenai bambu Petung sebagai pengganti tulangan beton bertulang diuraikan sebagai berikut.

- a. Balok beton bertulangan bambu dengan 3 tonjolan memiliki kuat lentur yang lebih besar dibanding balok beton bertulangan bambu dengan 2 tonjolan dan balok beton tanpa tonjolan. Kuat lentur maksimum dengan bambu tanpa tonjolan 6458,3686 KNmm, bambu tulangan dengan 2 tonjolan 7291,6025 KNmm, dan bambu tulangan dengan 3 tonjolan 7499,9943 kNmm dengan dimensi balok persegi 100 / 200 mm², dan luas tampang bambu tulangan 400mm (Afifuddin, 1999).
- b. Hasil penelitian Putra dkk (2007) mengenai kapasitas lentur plat beton bertulangan bambu petung dengan menggunakan penulangan tunggal menunjukkan bahwa pada plat beton dengan luas tulangan tarik 90 mm² didapat beban merata ultimate rata-rata sebesar 248,722 KN/m², pada luas tulangan tarik 105 mm² didapat beban merata ultimate rata-rata sebesar 264,7 KN/m², pada plat beton dengan luas tulangan tarik 120 mm² didapat beban merata ultimate rata-rata sebesar 279,025 KN/m².

- c. Penelitian Budi dkk (2013) mengenai model balok beton bertulangan bambu sebagai pengganti tulangan baja menunjukkan kapasitas lentur balok tulangan bambu Petung takikan sekitar 41% dan bambu Wulung takikan sekitar 28% terhadap kapasitas lentur balok baja tulangan polos.
- d. Pengujian yang dilakukan Fahrina (2014) didapatkan nilai rata-rata kuat tarik bambu sejajar serat sebesar 350,9741 MPa dan untuk tegangan leleh bambu didapatkan rata-rata menjadi 242,47 MPa. Nilai kuat tarik yang didapatkan melebihi kuat tarik yang ditargetkan yaitu mutu baja U-22 dengan tegangan leleh 220 MPa. Selain itu, nilai kuat lekat bambu terhadap beton rata-rata adalah 0,341 MPa dan kuat lentur balok bertulang bambu sebesar 3,8735 MPa.
- e. Hasil analisis dan pengujian oleh Oktavianto, dkk (2015) diperoleh nilai kuat lekat rata-rata tulangan bambu ori polos, bambu petung polos dan bambu wulung polos terturut-turut adalah 0,117 MPa ; 0,162 MPa ; 0,144 MPa. Dari ketiga jenis bambu, bambu Petung memiliki nilai kuat lekat yang tertinggi.
- f. Hasil pengujian pull out bambu pilin untuk 3 variasi pola pilinan dan tulangan bambu tanpa dipilin sebagai kontrol didapatkan Pmaks rata-rata terbesar untuk tulangan bambu pilin pada pola 1 (kepang rambut) sebesar 1112,5 kg untuk satu buah tulangan. Untuk tulangan balok kontrol didapatkan Pmaks rata-rata sebesar 1325 kg per satu buah tulangan. Tulangan bambu piliinan tidak mengalami pergeseran atau tercabut saat dilakukan uji pull out karena adanya ikatan yang kuat antara beton dengan tulangan bambu pilin (Jahuranto, 2017).

Berdasarkan penelitian-penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa bambu Petung dapat dijadikan sebagai pengganti tulangan pada beton bertulang.

2.1.5 Pengawetan Bambu

Pada dasarnya bambu yang sudah memiliki perlindungan khusus, kulit luar bambu memiliki kandungan silika yang tinggi bersifat kedap yang berfungsi seperti jas hujan yang mencegah hama dan air masuk. Namun demikian, hama dan air tetap

bisa masuk ke dalam batang bambu melalui pembuluh dalam bambu. Maka proses pengawetan bambu harus tetap dilakukan guna meningkatkan durabilitas bambu.

Pengawetan bambu juga perlu diperhatikan karena tanpa melakukan langkah pengawetan, umur penggunaan bambu sebagai bahan bangunan akan lebih kecil dibandingkan dengan bambu yang telah diawetkan sebelumnya.

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam metode pengawetan bambu apapun adalah pengeringan. Penggunaan bambu yang benar-benar kering (kadar airnya tepat) dalam setiap metode pengawetan akan menghasilkan tingkat keawetan yang lebih baik dibanding penggunaan bambu yang masih basah (kadar air tinggi) (Eratodi, 2017).

Ada dua jenis metode pengawetan bambu, yaitu metode non-kimia / tradisional (tanpa menggunakan bahan pengawet) dan metode kimia (menggunakan bahan pengawet). Penggunaan bahan pengawet juga dapat meningkatkan kekuatan tarik bambu petung. Peningkatan kekuatan tarik optimum diperoleh pada larutan pengawet boraks dan 60% asam borat yang direndam selama 72 jam.

2.2 Beton Bertulang

2.2.1 Beton Bertulang

Beton adalah material konstruksi yang diperoleh dari pencampuran pasir, kerikil, batu pecah, semen serta air. Terkadang beberapa macam bahan tersebut dicampurkan ke dalam campuran tersebut dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat dari beton, yakni antara lain untuk meningkatkan *workability*, *durability* serta waktu pengerasan beton (Setiawan, 2016)

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun kuat tariknya lemah. Maka dari itu, beton diberikan tulangan atau yang biasa disebut dengan beton bertulang. Beton bertulang adalah kombinasi dari beton serta tulangan baja, yang bekerja secara bersama-sama untuk memikul beban yang ada. Tulangan baja akan memberikan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton.

Menurut Setiawan (2016), beberapa keuntungan penggunaan material beton bertulang adalah:

- a. Memiliki kuat tekan yang tinggi

- b. Memiliki ketahanan api yang lebih baik dibandingkan dengan material baja, apabila disediakan selimut beton yang mencukupi
- c. Membentuk struktur yang sangat kaku
- d. Memiliki umur layan yang panjang dengan biaya perawatan rendah
- e. Untuk beberapa tipe struktur seperti bendungan, pilar jembatan dan pondasi, beton bertulang merupakan pilihan material yang paling ekonomis
- f. Beton dapat dicetak menjadi bentuk penampang, sehingga sangat banyak digunakan dalam industry pracetak.
- g. Tidak terlalu dibutuhkan tenaga kerja dengan keterampilan yang tinggi, apabila dibandingkan dengan struktur baja.

2.2.2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton pada umumnya dijadikan acuan untuk menentukan mutu atau kualitas suatu material beton. Untuk menentukan besarnya kuat tekan beton dapat dilakukan uji kuat tekan dengan mengacu pada standar ASTM C39 / C39M – 12a.

Benda uji yang digunakan berupa silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Nilai kuat tekan beton yang disyaratkan, f'_c diperoleh dari benda uji silinder standar yang dirawat dan telah berumur 28 hari. Nilai kuat tekan inilah yang dicantumkan dalam gambar kerja proyek dan digunakan dalam perhitungan. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (2.2.1)$$

- dengan :
- f'_c = kuat tekan bambu petung (kg/cm^2)
 - P = beban maksimum (kg)
 - A = luas bidang tekan (cm^2)

Mutu beton dibedakan atas 3 macam menurut kuat tekannya (Ali Asroni, 2010) yaitu :

- a. Mutu beton dengan $f'_c \leq 10 \text{ Mpa}$, digunakan untuk beton non struktur (misalnya: kolom praktis dan balok praktis)

- b. Mutu beton dengan $10 \leq f_c' \leq 20$ Mpa, digunakan untuk beton struktur (misalnya: kolom, balok, pelat maupun pondasi)
- c. Mutu beton dengan $f_c' \geq 20$ Mpa, digunakan untuk struktur beton yang direncanakan tahan gempa.

2.2.3 Material Penyusun Beton

a. Semen

Semen yang merupakan salah satu bahan dasar pembuatan beton tergolong ke dalam jenis semen hidrolis. Jenis semen hidrolis yang banyak digunakan hingga saat ini adalah merupakan semen Portland yang dipatenkan di Inggris pada tahun 1824 atas nama Joseph Aspdin.

Berdasarkan tujuan penggunaannya semen Portland dibagi menjadi 5 (lima) jenis yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.7 Jenis dan Penggunaan Semen Portland

| Jenis Semen | Penggunaan |
|-------------|---|
| Jenis I | Yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain. |
| Jenis II | Yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang. |
| Jenis III | Yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi. |
| Jenis IV | Yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah. |
| Jenis V | Yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. |

(Sumber : SNI 15-2049-2004)

Tabel 2.8 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus

| Lokasi | Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg) | Nilai Faktor Air Semen Maksimum |
|---|--|----------------------------------|
| Beton di dalam ruang bangunan: | | |
| a. keadaan keliling non-korosif | 275 | 0,60 |
| b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif | 325 | 0,52 |
| Beton di luar ruangan bangunan: | | |
| a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | 325 | 0,60 |
| b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | 275 | 0,60 |
| Beton masuk ke dalam tanah: | | |
| a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti | 325 | 0,55 |
| b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah | | Lihat Tabel 5 (SNI 03-2834-2000) |
| Beton yang kontinyu berhubungan : | | |
| a. air tawar | | Lihat Tabel 6 (SNI 03-2834-2000) |
| b. air laut | | |

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Untuk beton normal, rasio air semen pada umumnya berkisar antara 0,40 hingga 0,60, sedangkan untuk beton mutu tinggi rasio air semen biasanya diambil cukup rendah hingga 0,20.

b. Agregat

Pada suatu campuran beton normal, agregat menempati 70% hingga 75% volume beton yang mengeras. Agregat penyusun beton diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

Agregat yang dapat melalui saringan No. 4 (4.75 mm) dapat diklasifikasikan sebagai agregat halus. Sedangkan agregat yang tertahan di saringan No.4 diklasifikasikan sebagai agregat kasar. Persyaratan gradasi agregat halus dan agregat kasar dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.9 Persyaratan Gradasi untuk Agregat Halus

| Ukuran Saringan | Persentasi Lolos Saringan (%) |
|-----------------|-------------------------------|
| 9,5 mm (3/8 in) | 100 |
| 4,75 mm (No.4) | 95 – 100 |
| 2,36 mm (No.8) | 80 – 100 |
| 1,18 mm (No.16) | 50 – 85 |
| 600 mm (N0. 30) | 25 – 60 |
| 300 mm (No.50) | 5 – 30 |
| 150 mm (No.100) | 0 – 10 |

(Sumber : ASTM C33-03)

Tabel 2.10 Persyaratan Gradasi untuk Agregat Kasar

| Ukuran Saringan | Persentasi Lolos Saringan (%) |
|-----------------|-------------------------------|
| 2 in (50 mm) | 100 |
| 1,5 in (38 mm) | 95 – 100 |
| 3/4 in (19 mm) | 35 – 70 |
| 3/8 in (9,5 mm) | 10 – 30 |
| No. 4 (4,75 mm) | 0 – 5 |

(Sumber : ASTM C33-03)

Di samping itu, ukuran maksimum agregat dibatasi menurut SNI 2847:2013 pasal 3.3.2 yaitu disyaratkan bahwa ukuran agregat tidak melebihi:

- 1) 1/5 kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan
- 2) 1/3 kali tebal pelat
- 3) 3/4 kali jarak bersih antara tulangan, jarring kawat baja, bundel tulangan, tendon, atau bundel tendon prategang.

Tabel 2.11 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air-Semen, dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai di Indonesia

| Jenis Semen | Jenis Batuan | Kekuatan Tekan (MPa) | | | | Bentuk Benda Uji |
|-------------------------------|--------------|----------------------|----|----|----|------------------|
| | | Pada Umur (hari) | | | | |
| | | 3 | 7 | 28 | 91 | |
| Semen Portland Tipe I | Alami | 17 | 23 | 33 | 40 | Silinder |
| | Batu Pecah | 19 | 27 | 37 | 45 | |
| Semen Tahan Sulfat Tipe II, V | Alami | 20 | 28 | 40 | 48 | Kubus |
| | Batu Pecah | 25 | 32 | 45 | 54 | |
| Semen Portland Tipe III | Alami | 21 | 28 | 38 | 44 | Silinder |
| | Batu Pecah | 25 | 33 | 44 | 48 | |
| | Alami | 25 | 31 | 46 | 53 | Kubus |
| | Batu Pecah | 30 | 40 | 53 | 60 | |

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

c. Air

Air yang dicampur dengan semen akan membungkus agregat halus dan agregat kasar menjadi satu kesatuan. Pencampuran semen dan air akan menimbulkan suatu reaksi kimia yang disebut dengan istilah reaksi hidrasi.

Berdasarkan SNI-03-2847-2002, air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dari bahan-bahan yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan. Adanya kotoran yang berlebih pada air tidak saja berpengaruh pada waktu ikat beton, kekuatan beton, dan stabilitas volume (perubahan panjang), namun juga dapat mengakibatkan pengkristalan atau korosi tulangan.

Perbandingan antara jumlah berat air dengan jumlah berat semen (rasio air semen) memegang peranan vital dalam hal kuat tekan beton. Jumlah air yang terlalu banyak akan menurunkan mutu beton, sedangkan jumlah air yang sedikit akan mengakibatkan permasalahan dalam pelaksanaan konstruksi, karena beton menjadi sulit dicetak. Karena beton

harus cukup kuat dan mudah dalam dicetak, maka keseimbangan perbandingan antara berat air dan semen harus mendapat perhatian yang cukup.

Tabel 2.12 Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m³) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pekerjaan Adukan Beton

| Besarnya Maks. Kerikil (mm) | Jenis Batuan | Slump (mm) | | | |
|-----------------------------|--------------|------------|---------|---------|---------|
| | | 0 – 10 | 10 – 30 | 30 – 60 | 60 – 80 |
| 10 | Alami | 150 | 180 | 205 | 225 |
| | Batu Pecah | 180 | 205 | 230 | 250 |
| 20 | Alami | 135 | 160 | 180 | 195 |
| | Batu Pecah | 170 | 190 | 210 | 225 |
| 40 | Alami | 115 | 140 | 160 | 175 |
| | Batu Pecah | 155 | 175 | 190 | 205 |

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

2.3 Pelat Lantai

2.3.1 Jenis Pelat Lantai

Menurut Setiawan (2016), pelat beton dibuat untuk menyediakan suatu permukaan horizontal yang rata pada lantai bangunan, atap, jembatan atau jenis struktur lainnya. Pelat beton dapat ditumpu oleh dinding balok, kolom, atau dapat juga terletak langsung di atas tanah (*slab on ground*).

Pelat beton yang memiliki perbandingan panjang antara bentang panjang terhadap bentang pendek lebih atau sama dengan 2 dikategorikan sebagai pelat satu arah. Pada sistem pelat satu arah, hampir seluruh beban dilimpahkan dalam arah pendek. Sedangkan, apabila pelat beton yang memiliki perbandingan antara bentang panjang dan bentang pendek kurang dari 2 dikategorikan sebagai pelat dua arah.

2.3.2 Perancangan Pelat Lantai

Pada struktur balok-pelat, umumnya balok dan pelat dicor secara bersamaan sehingga menghasilkan suatu kesatuan struktur yang monolit. Ketebalan dari pelat beton umumnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan ukuran bentangnya. Tebal dari suatu pelat lantai memainkan peranan yang penting di samping dimensi – dimensi lainnya dalam suatu perencanaan, baik dari segi kekuatan maupun kekakuannya.

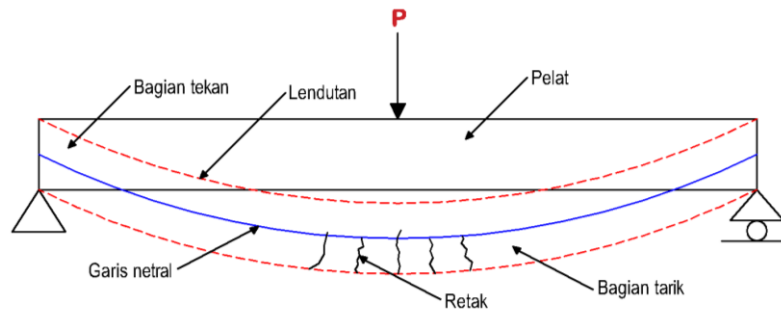
Struktur pelat lantai merupakan struktur beton bertulang, dimana pada bagian pelat dipasang rangkaian baja tulangan untuk menopang beban yang diterima oleh pelat lantai. Untuk struktur pelat lantai yang difungsikan sebagai rumah tinggal, tebal pelat yang digunakan adalah sekitar 12 cm. Untuk tulangan pada pelat biasanya digunakan ukuran baja D10 dengan jarak antartulangan berkisar 10 cm – 15 cm.

Karena tujuan dari penelitian ini adalah menemukan pengaruh anyaman bambu sebagai pengganti tulangan, maka ukuran bilah anyaman bambu yang dipakai disetarakan dengan ukuran baja Ø10 mm. Sedangkan jarak antarbilah bambu anyaman yang digunakan adalah 12 cm.

2.3.3 Kekuatan Pelat Lantai

Pelat lantai beton bertulang dengan tumpuan sederhana (*simple beam*), menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, maka akan terjadi deformasi lentur di dalam pelat tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, tegangan tekan terjadi pada bagian atas dan regangan tarik terjadi di bagian bawah dari penampa. Pembebanan yang terjadi mengakibatkan retak pada pelat.

Apabila beban bertambah terus, maka retak-retak di tengah bentang bertambah dan retak awal yang sudah terjadi semakin lebar dan semakin panjang menuju sumbu netral penampang. Hal ini bersamaan dengan semakin besarnya lendutan di tengah bentang. Besarnya momen maksimal adalah besarnya momen akibat beban, dimana pada pelat terjadi keruntuhan di daerah tarik (Arianto, 2013).



Gambar 2.2 Skema Pembebanan pada Pelat Lantai

Secara sederhana, perhitungan kuat lentur suatu pelat yang diberikan beban dan bertumpu pada suatu tumpuan sederhana sebagai berikut.

$$\text{Kuat lentur} = \frac{1}{4}PL + \frac{1}{8}qL^2 \quad (2.1)$$

dengan : P = beban maksimum (kg)

L = jarak tumpuan (m)

q = berat pelat uji (kg)

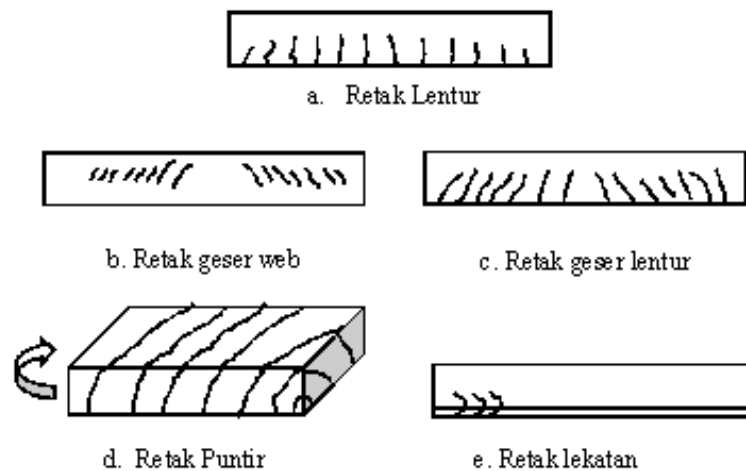
2.3.4 Pola Retak

Retak merupakan jenis kerusakan yang paling sering terjadi pada struktur beton, dimana terjadi pemisahan antara massa beton yang relatif panjang dengan yang sempit. Secara visual retak nampak seperti garis. Retak pada struktur beton terjadi sebelum beton mengeras maupun setelah beton mengeras. Retak akan terjadi saat beton mulai mengeras tapi telah dibebani, beton mengeras pada musim dingin, susut (*shrinkage*), penurunan (*settlement*) dan penurunan acuan (*formwork*) (Chelcea, 2017).

Retak struktural adalah retak yang terjadi setelah beton mengeras, terjadi karena adanya pembebanan yang mengakibatkan timbulnya tegangan lentur, tegangan geser dan tegangan tarik. Ada beberapa jenis retak struktural yang terjadi, antara lain sebagai berikut (Chelcea,2017).

- a. Retak lentur (*flexural crack*), terjadi di daerah yang mempunyai harga momen lentur lebih besar dan gaya geser kecil. Arah retak terjadi hampir tegak lurus pada sumbu balok.

- b. Retak geser pada bagian balok (*web shear crack*), yaitu keretakan miring yang terjadi pada daerah garis netral penampang dimana gaya geser maksimum dan tegangan aksial sangat kecil.
- c. Retak geser-lentur (*flexural shear crack*), terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. Retak geser lentur merupakan perambatan retak miring dari retak lentur yang sesudah terjadi sebelumnya.
- d. Retak puntir (*torsion crack*). Retak ini mirip retak geser terkecuali retak punter melingkar di sekeliling balok.
- e. Retak lekatan adalah retak yang terjadi di sekitar tulangan. Hal ini terjadi akibat kemampuan awal tulangan melawan beton, terjadi perpindahan pada tulangan di dalam beton dimana terjadi *interlocking* dan menghasilkan retak radial, tegangan lekat dan kekakuan beton ditahan oleh ulir tulangan di sepanjang penyaluran gaya di dalam beton.



Gambar 2.3 Pola Retak Struktural

(Sumber : Chelcea, 2017)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium yakni uji laboratorium dan analisis data. Uji laboratorium dilakukan dengan mengganti tulangan baja pada pelat lantai dengan anyaman bambu. Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh anyaman bambu sebagai pengganti tulangan terhadap kuat lentur pada pelat lantai beton bertulang.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan, Konstruksi dan Struktur Bangunan Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan. Penelitian dilakukan selama kurang lebih tiga bulan (Juli – Oktober 2019)

3.3 Variabel Penelitian

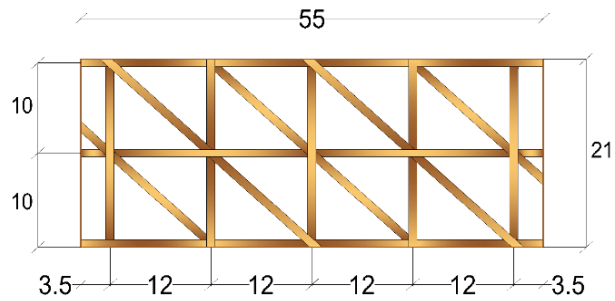
Penelitian ini menganalisis kuat lentur pelat beton bertulang yang dimana tulangan baja pada beton bertulang tersebut diganti menjadi anyaman bambu. Variabel penelitian tercantum pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

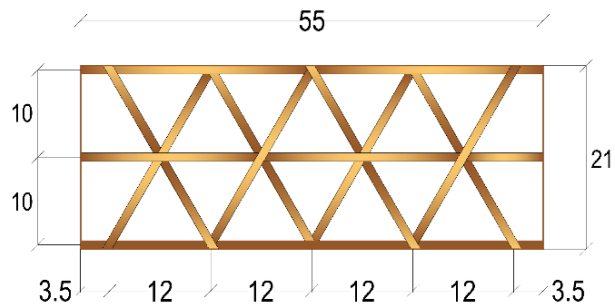
| | |
|------------------|---|
| Variabel Terikat | Kuat lentur pelat lantai |
| Variabel Bebas | Tipe anyaman dan jumlah susunan anyaman bambu (1 lapis dan 2 lapis) |
| Variabel Kontrol | Material penyusun beton (air, semen, agregat, dan), umur dan ukuran pelat uji, bilah bambu petung yang digunakan berukuran Ø10 mm dengan jarak antarbilah 120 mm. |

Tulangan bambu yang digunakan diambil dari bagian kulit dan daging batang bambu. Ukuran tulangan bambu yang dipakai disetarakan dengan ukuran tulangan baja yaitu D10 – 120 mm yang biasa digunakan pada pelat lantai beton

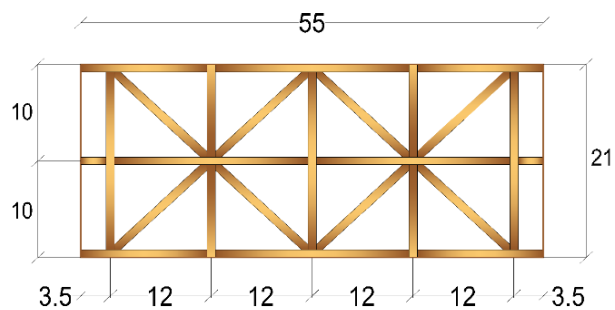
bertulang. Penentuan tipe pola anyaman yang digunakan tidak berdasarkan perhitungan pembebanan secara teoritis. Akan tetapi, pola yang digunakan merupakan tipe pola anyaman yang umumnya beredar di masyarakat yang diperkirakan dapat menahan beban. Kerapatan antartulangan anyaman tetap diperhatikan dalam penentuan pola yang digunakan. Hal tersebut dimaksudkan agar agregat beton dapat terisi secara merata pada pelat termasuk dalam celah-celah simpul anyaman yang akan berpengaruh terhadap daya lekat antara agregat beton dengan anyaman sebagai pengganti tulangan dan membuat pelat menjadi keropos. Berikut ini adalah tipe model anyaman yang digunakan.



Gambar 3.1 Tipe Tulangan Anyaman Bambu 1 (B1)

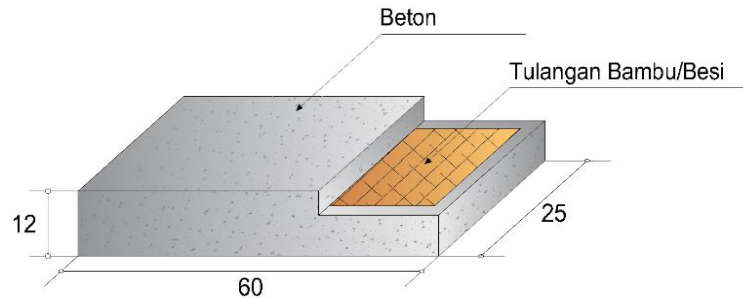


Gambar 3.2 Tipe Tulangan Anyaman Bambu 2 (B2)



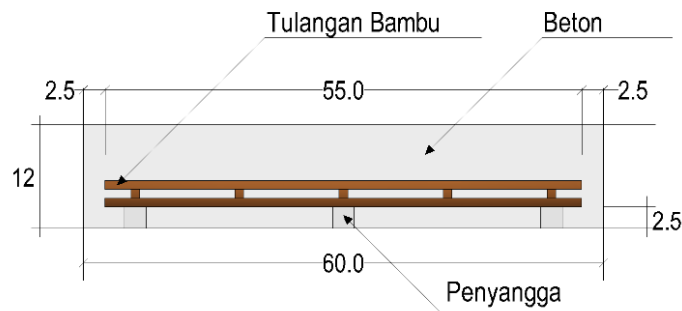
Gambar 3.3 Tipe Tulangan Anyaman Bambu 3 (B3)

Untuk ukuran pelat tulangan anyaman bambu yang diuji memiliki ukuran 60 cm x 25 cm x 12 cm.

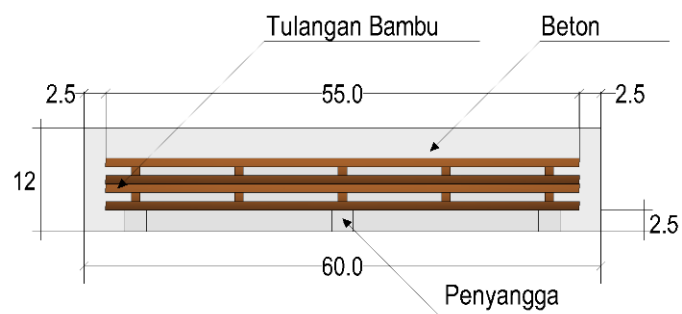


Gambar 3.4 Ukuran Pelat Anyaman Bambu yang Diuji

Susunan anyaman bambu pada pelat uji terdiri dari 1 lapisan dan 2 lapisan anyaman yang disusun secara acak. Berikut ini susunan anyaman bambu untuk pelat uji yang digunakan.



(a) Satu lapis tulangan



(b) Dua lapisan

Keterangan :

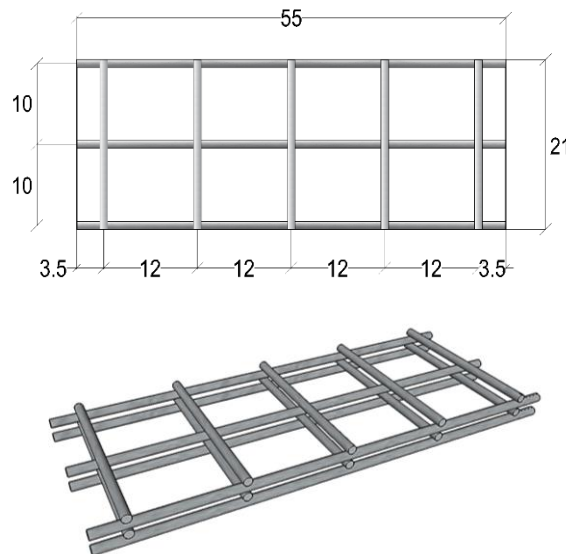
- = tulangan bambu
- = beton

Gambar 3.5 Model Susunan Anyaman Bambu yang Diuji

Tabel 3.2 Jumlah Pelat Uji Tulangan Anyaman Bambu

| Tipe Tulangan Anyaman | Jumlah Lapis Tulangan | Jumlah Pelat |
|-----------------------|-----------------------|--------------|
| B1 | 1 | 3 |
| | 2 | 3 |
| B2 | 1 | 3 |
| | 2 | 3 |
| B3 | 1 | 3 |
| | 2 | 3 |
| Baja Ø10 | | 3 |
| Total Pelat Uji | | 21 |

Setiap tipe anyaman terdiri dari satu dan dua lapisan tulangan. Setiap variasi dibuat masing-masing 3 buah pelat uji. Selain itu, dibuat juga pelat dengan tulangan baja polos Ø10 – 120 sebanyak tiga buah sebagai bahan pembanding, sehingga total pelat uji yang digunakan berjumlah 21 pelat uji.

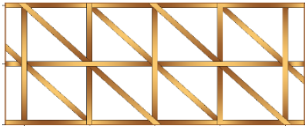
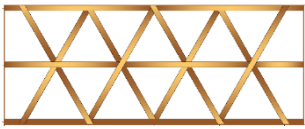

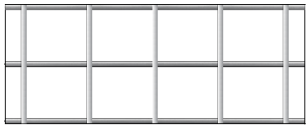


Gambar 3.6 Model Tulangan Baja Polos Ø10

Berikut ini adalah petunjuk pengkodean pada sampel pelat uji.



Tabel 3.3 Kode Sampel Pelat Uji Tulangan Anyaman Bambu

| Tipe Tulangan | Jumlah Lapisan Tulangan | Jumlah Pelat Uji | Kode Sampel |
|--|-------------------------|------------------|-------------|
|  <p>Tipe Anyaman B1</p> | 1 | 3 | B11a |
| | | | B11b |
| | | | B11c |
| | 2 | 3 | B12a |
| | | | B12b |
| | | | B12c |
|  <p>Tipe Anyaman B2</p> | 1 | 3 | B21a |
| | | | B21b |
| | | | B21c |
| | 2 | 3 | B22a |
| | | | B22b |
| | | | B22c |
|  <p>Tipe Anyaman B3</p> | 1 | 3 | B31a |
| | | | B31b |
| | | | B31c |
| | 2 | 3 | B32a |
| | | | B32b |
| | | | B32c |
|  <p>Baja Ø10</p> | | 3 | P1 |
| | | | P2 |
| | | | P3 |

3.4 Bahan dan Alat Penelitian

Adapun beberapa bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.4.1 Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan yang terdiri dari:

- a. Semen Portland, merek semen Tonasa.

- b. Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian adalah pasir di daerah Gowa.
- c. Agregat kasar (kerikil) yang digunakan dalam penelitian adalah kerikil dari Gowa.
- d. Air yang digunakan untuk campuran dan *curing* benda uji adalah air PDAM Laboratorium Struktur Teknik Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa
- e. Bambu petung yang berumur ± 3 tahun.
- f. Bahan pengawet berupa boraks dan asam borit.
- g. Baja tulangan polos $\varnothing 10$ mm.
- h. Kawat besi untuk begel pengikat tulangan.
- i. Papan bekisting
- j. Tripleks tebal 5 mm
- k. Paku 3 cm dan 5 cm
- l. Cat vernis untuk digunakan melapisi anyaman bambu agar kedap terhadap air.

3.4.2 Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan alat-alat yang tersedia di Laboratorium Bahan, Struktur, dan Konstruksi Bangunan Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

a. Timbangan

Timbangan digital merek “*Kinlee Smartweight*” dengan kapasitas 15 kg dan “Henhen” kapasitas 150 kg, digunakan untuk menentukan berat benda uji yang dibutuhkan.

b. Saringan/Ayakan

Alat ini digunakan untuk mengukur gradasi agregat sehingga dapat ditentukan nilai modulus kehalusan butir agregat. Saringan yang dipakai dengan diameter berturut-turut 37,5 mm, 19,00 mm, 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,20 mm, 0,60 mm, 0,30 mm, 0,15 mm yang dilengkapi dengan tutup (pan).

c. *Concrete Mixer*

Alat ini digunakan untuk mengaduk bahan campuran beton.

d. Oven

Alat ini digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan penelitian seperti agregat kasar, agregat halus, dan bilah-bilah bambu.

e. Mesin Penggetar Ayakan (*Shieve Shaker*)

Mesin ini digunakan sebagai dudukan sekaligus penggetar ayakan untuk memudahkan pekerjaan dibandingkan penggetaran secara manual. Alat ini digunakan pada saat pengujian gradasi (*sieve analysis*) baik untuuk agregat halus maupun agregat kasar.

f. Kerucut Abrams

Untuk mengukur *workability* adukan dengan percobaan *Slump Test*.

g. Tumpuan Baja

Digunakan sebagai tumpuan sederhana pada saat pengujian kuat lentur pelat tulangan anyaman bambu.

h. Alat uji kuat tekan beton (*Universal Testing Machine*)

Universal Testing Machine digunakan untuk pengujian kuat tekan beton, dan pengujian kuat lentur pelat uji.

i. Panel/Cetakan Benda Uji

Cetakan yang digunakan terbuat dari papan kayu dengan ukuran 60 cm x 25 cm x 12 cm.

j. Alat Bantu

Selama proses pembuatan benda uji digunakan beberapa alat bantu diantaranya adalah

- 1) Sekop, dan sendok semen
- 2) Ember, dan talam sebagai wadah penyimpanan material
- 3) Loyang digunakan sebagai tempat agregat halus, agregat kasar, semen pada saat penimbangan berat dan pengovenan.
- 4) Gayung untuk menimba air.

- 5) Keranjang digunakan sebagai wadah agregat saat menentukan berat di dalam air pada pengujian berat jenis agregat.
- 6) Pisau/parang/cutter untuk memotong bambu.
- 7) Bak perendaman.
- 8) Tang untuk menggunting kawat.
- 9) Penggaris/meteran.
- 10) Perojok besi digunakan untuk memadatkan agregat pada pengujian berat volume, pengujian slump dan pencetakan benda uji.
- 11) Kuas cat.

3.5 Tahap Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Tahap Persiapan Bahan dan Peralatan

Tahap pertama dalam pelaksanaan penelitian adalah menyiapkan seluruh bahan dan peralatan yang diperlukan. Usahakan semua bahan dan peralatan yang dibutuhkan sudah tersedia di tempat penelitian.

a. Penyediaan material bambu

Bambu yang digunakan adalah jenis bambu petung yang telah tua yakni berumur ± 3 tahun dengan ketebalan bambu minimal 10 mm. Digunakan bambu yang telah tua karena sifat mekanik pada bambu yang tua lebih baik daripada bambu yang masih muda.

b. Penyediaan material beton

Material penyusun beton seperti semen, agregat halus, dan agregat kasar berasal dari sekitar Makassar-Gowa. Sedangkan Air yang digunakan bersumber dari PDAM Laboratorium Bahan, Konstruksi dan Struktur Bangunan Departemen Arsitektur Unhas.

3.5.2 Tahap Pengeringan Bambu

Proses pengeringan ini bertujuan untuk mengurangi kadar air yang dikandung bambu serta mencegah bambu dari kerusakan. Setelah bambu ditebang, biarkan bambu kering oleh sinar matahari dan angin selama ± 5 hari. Selama proses ini hindari kontak langsung dengan tanah. Untuk memudahkan proses pengeringan

potong bambu menjadi ukuran yang lebih kecil yaitu dengan panjang ± 120 cm kemudian belah menjadi beberapa bagian.

Setelah proses pengeringan, bambu direndam dalam larutan air + pernis dengan perbandingan 1/2 liter pernis untuk 10 liter air. Banyaknya air yang digunakan disesuaikan dengan jumlah bambu yang direndam. Perendaman bambu dengan larutan pernis dimaksudkan agar larutan pernis dapat terserap ke dalam pori-pori bambu sehingga bambu lebih awet. Perendaman ini dilakukan selama ± 3 hari. Setelah direndam, bambu dijemur kembali selama ± 3 hari.

3.5.3 Tahap Pembuatan Tulangan Pelat Uji

Pada tahapan ini dibuat anyaman bambu sesuai tipe anyaman untuk digunakan sebagai tulangan pada pelat uji. Bambu diraut hingga diameter ± 10 mm dan dipotong menyesuaikan ukuran yang dibutuhkan. Setelah itu bambu dianyam sesuai dengan tipe tulangan anyaman. Perkuat posisi anyaman bambu dengan mengikat kawat besi pada bagian simpul anyaman agar tidak bergeser.

Karena bambu memiliki pori-pori yang dapat menyerap air maka tulangan bambu tersebut dicat dengan cat vernis yang berfungsi sebagai lapisan kedap air. Proses pengecatan dilakukan sebanyak 2 lapis pengecatan. Setelah itu, diamkan selama 3 hari hingga lapisan cat mengering. Sedangkan, untuk tulangan baja dipakai adalah baja tulangan polos D10 yang dirangkai seperti rangkaian penulangan pelat lantai pada umumnya dengan jarak antartulangan 12 cm.

3.5.4 Tahap Pemeriksaan Material Beton

Tahapan selanjutnya adalah pengujian agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari bahan tersebut telah memenuhi persyaratan atau tidak.

Hasil dari pemeriksaan ini digunakan dalam menentukan rancangan campuran beton (*Mix Design*). Berikut ini adalah tabel spesifikasi uji material agregat kasar dan halus.

Tabel 3.4 Spesifikasi Uji Material Agregat Kasar dan Agregat Halus

| Uji Material | Agregat Kasar | Agregat Halus |
|--------------------------------|--|--|
| Berat Volume (lepas dan padat) | SNI 03-4804-1998 Interval 1,6 – 1,9 kg/liter | SNI 03-4804-1998 Interval 1,4 – 1,9 kg/liter |
| Kadar Air | SNI 03-1971-1990 Interval 0,5% - 2,0% | SNI 03-1971-1990 Interval 2% - 5% |
| Kadar Lumpur | SNI 03-4142-1996 Maks 1 % | SNI 03-4142-1996 Maks 5 % |
| Kadar Organik | - | SNI 03-2816-1992 < No.3 |
| Berat Jenis dan Penyerapan Air | SNI 1969:2008 Interval 1,6 – 3,3 berat jenis dan 0,20% - 4,00% penyerapan air | SNI 1970:2008 Interval 1,6 – 3,3 berat jenis dan 0,20% - 2,00% penyerapan air |
| Analisa Saringan | SNI ASTM C136:2012 Interval 5,50 – 8,50 | SNI ASTM C136:2012 Interval 2,20 – 3,10 |

Sumber : Buku Pedoman Praktikum Penuntun Laboratorium Struktur dan Bahan Makassar. Laboratorium Struktur dan Material Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin

Adapun tahapan-tahapan dalam pengujian bahannya adalah sebagai berikut:

a. Berat Volume Agregat Halus

Pengujian bertujuan untuk menentukan berat isi agregat halus (pasir) dalam kondisi padat dan lepas.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

- 1) Mould/alat penakar
- 2) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- 3) Loyang
- 4) Tongkat pemadat dari baja
- 5) Kerikil dalam keadaan asli

Tahapan pengujiannya adalah:

- 1) Mould ditimbang dalam keadaan kosong
- 2) Pasir dimasukkan ke dalam mould dalam keadaan lepas dan dipadatkan
- 3) Mould yang telah terisi kemudian ditimbang dan dicatat hasilnya.

b. Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air agregat halus bertujuan untuk menentukan kadar air yang terdapat pada agregat halus (pasir) dengan cara pengeringan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan berat agregat dalam kondisi kering.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

- 1) Timbangan digital
- 2) Oven
- 3) Loyang
- 4) Pasir dalam keadaan asli

Tahapan pengujiannya adalah:

- 1) Pasir dalam keadaan asli ditimbang 1000 gram
- 2) Pasir yang telah ditimbang dikeringkan dengan oven selama ± 24 jam dengan suhu 110°C .
- 3) Keluarkan pasir dari oven, dan dinginkan.
- 4) Timbang berat pasir tersebut kemudian catat hasilnya.

c. Kebersihan Pasir terhadap Lumpur berdasarkan SNI 03-4142-1996

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kadar lumpur pasir.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

- 1) Timbangan digital
- 2) Oven
- 3) Loyang
- 4) Aquades
- 5) Saringan No. 200 dan No.16
- 6) Pasir dalam keadaan asli

Tahapan pengujiannya adalah:

- 1) Pasir kering ditimbang lalu dicuci dengan prosedur sebagai berikut:

Masukkan pasir kedalam saringan No.16 dan dibawahnya saringan No.200 kemudian diberi air pencuci secukupnya

sehingga kerikil terendam. Guncangkan saringan selama ± 5 menit dan ulangi prosedur sebelumnya hingga air cucian menjadi jernih (lumpur hilang).

- 2) Benda uji dikeringkan kembali dalam oven selama ± 24 jam dengan suhu 110°C .
- 3) Keluarkan pasir dari oven, dan dinginkan.
- 4) Timbang berat pasir (berat kering) tersebut kemudian catat hasilnya.

d. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu pada agregat halus (pasir). Proses penyerapan air dalam beton sangat berpengaruh terhadap waktu untuk beton mengeras.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

- 1) Timbangan digital dan piknometer
- 2) Loyang
- 3) Oven
- 4) Mould
- 5) Tongkat pemadat

Tahapan pengujiannya adalah:

- 1) Cuci dan keringkan benda uji dalam oven dengan suhu 110°C sampai beratnya tetap.
- 2) Dinginkan benda uji dengan suhu kamar selama 1-3 jam.
- 3) Rendam benda uji dalam air selama ± 24 jam.
- 4) Keringkan benda uji sampai kering permukaan (*SSD*) dengan cara:

Sebagian pasir yang telah direndam diangin-anginkan, masukkan ke dalam mould, lalu padatkan dengan tongkat pemadat sampai 25 kali tumbukan. Kondisi *SSD* (*Surface Dry Condition*)

diperoleh jika cetakan mould diangkat, maka pasir akan runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.

- 5) Timbang berat piknometer + air (B).
- 6) Masukkan contoh pasir 500 gram ke dalam piknometer.
- 7) Kemudian diisi lagi dengan air, putar dan guncangkan selama 15-20 menit untuk mengeluarkan udara yang terdapat dalam agregat.
- 8) Timbang piknometer berisi air + contoh pasir (Bt).
- 9) Keluarkan pasir dari piknometer lalu oven selama 24 jam
- 10) Timbang dalam keadaan kering dan catat hasilnya (Bk)

e. Analisis Saringan Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh modulus kehalusan pasir. Menurut SNI 03-2847-2002 kekasaran pasir dapat dibagi menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

- 1) Timbangan digital
- 2) Oven
- 3) Loyang
- 4) Pasir dalam keadaan asli.
- 5) Alat penggetar (shieve shaker)
- 6) Satu set saringan ASTM 2,36 mm, 1,20 mm, 0,60 mm, 0,15 mm, 0,075 mm dengan pan.

Tahapan pengujiannya adalah:

- 1) Pasir dikeringkan dalam oven selama \pm 24 jam dengan suhu 110°C.
- 2) Keluarkan kerikil dari oven, dan dinginkan selama 1 – 3 jam.
- 3) Timbang masing-masing saringan dalam keadaan kosong.
- 4) Masukkan kerikil ke dalam saringan dengan urutan saringan paling besar ditempatkan paling atas.
- 5) Saringan diguncangkan dengan mesin penggetar selama 15 menit.

- 6) Timbang kembali masing-masing saringan beserta isinya kemudian catat hasilnya.

f. Berat Volume Agregat Kasar

Pengujian bertujuan untuk menentukan berat isi agregat kasar dalam kondisi padat dan lepas.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

- 1) Mould/alat penakar
- 2) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- 3) Loyang
- 4) Tongkat pemadat dari baja
- 5) Kerikil dalam keadaan asli

Tahapan pengujiannya adalah:

- 1) Mould ditimbang dalam keadaan kosong
- 2) Kerikil dimasukkan ke dalam mould dalam keadaan lepas dan dipadatkan
- 3) Mould yang telah terisi kemudian ditimbang dan dicatat hasilnya.

g. Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian kadar air agregat kasar bertujuan untuk menentukan kadar air yang terdapat pada agregat kasar dengan cara pengeringan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan berat agregat dalam kondisi kering.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

- 1) Timbangan digital
- 2) Oven
- 3) Loyang
- 4) Kerikil dalam keadaan asli

Tahapan pengujiannya adalah:

- 1) Kerikil dalam keadaan asli ditimbang 2000 gram
- 2) Kerikil yang telah ditimbang dikeringkan dengan oven selama \pm 24 jam dengan suhu 110°C.

- 3) Keluarkan kerikil dari oven, dan dinginkan.
- 4) Timbang berat kerikil tersebut kemudian catat hasilnya.

h. Kebersihan Kerikil terhadap Lumpur berdasarkan SNI 03-4142-1996

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kadar lumpur yang terdapat pada kerikil.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

- 1) Timbangan digital
- 2) Oven
- 3) Loyang
- 4) Aquades
- 5) Saringan No. 200 dan No.16
- 6) Kerikil kering oven

Tahapan pengujiannya adalah:

- 1) Kerikil kering ditimbang lalu dicuci dengan prosedur sebagai berikut. Masukkan kerikil kedalam saringan No.16 dan dibawahnya saringan No.200 kemudian diberi air pencuci secukupnya sehingga kerikil terendam. Guncangkan saringan selama ± 5 menit dan ulangi prosedur sebelumnya hingga air cucian menjadi jernih.
- 2) Benda uji dikeringkan kembali dalam oven selama ± 24 jam dengan suhu 110°C .
- 3) Keluarkan kerikil dari oven, dan dinginkan.
- 4) Timbang berat kerikil tersebut kemudian catat hasilnya.

i. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis agregat kasar dalam kondisi kering permukaan. Proses penyerapan air dalam beton sangat berpengaruh terhadap waktu untuk beton mengeras. Masing-masing bahan campuran beton mempunyai tingkat resapan berbeda tergantung jumlah rongga udara yang terjadi.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

- 1) Timbangan digital
- 2) Oven
- 3) Keranjang saringan kawat kapasitas 2 kg
- 4) Kerikil \pm 2 kg (tertahan saringan No.4)

Tahapan pengujiannya adalah:

- 1) Cuci dan keringkan benda uji dalam oven dengan suhu 110°C sampai beratnya tetap.
- 2) Dinginkan benda uji dengan suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
- 3) Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama \pm 24 jam.
- 4) Keluarkan benda uji dari dalam air kemudian keringkan hingga kering permukaan.
- 5) Timbang berat benda uji (Bj) kemudian catat hasilnya.
- 6) Letakkan benda uji dalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap.
- 7) Tentukan beratnya dalam air (Ba).

j. Analisis Saringan Agregat Kasar

Analisis saringan agregat kasar ini bertujuan untuk mengukur distribusi ukuran/gradasi kerikil.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

- 1) Timbangan digital
- 2) Oven
- 3) Loyang
- 4) Kerikil yang telah dicuci bersih.
- 5) Alat penggetar (shieve shaker)
- 6) Satu set saringan 37,50 mm, 19,00 mm, 9,50 mm, 4,75 mm dengan pan.

Tahapan pengujiannya adalah:

- 1) Kerikil dikeringkan dalam oven selama \pm 24 jam dengan suhu 110°C.

- 2) Keluarkan kerikil dari oven, dan dinginkan selama 1 – 3 jam.
- 3) Timbang masing-masing saringan dalam keadaan kosong.
- 4) Masukkan kerikil ke dalam saringan dengan urutan saringan paling besar ditempatkan paling atas.
- 5) Saringan diguncangkan dengan mesin penggetar selama 15 menit.
- 6) Timbang kembali masing-masing saringan beserta isinya kemudian catat hasilnya.

k. Pemeriksaan Semen

Pemeriksaan terhadap semen dilakukan dengan cara visual yaitu semen dalam keadaan tertutup rapat dan setelah dibuka tidak ada gumpalan serta butirannya halus.

l. Pemeriksaan Air

Pemeriksaan terhadap air dilakukan secara visual yaitu air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan garam sesuai dengan persyaratan.

3.5.5 Tahap Perhitungan *Mix Design*

Mix design dilakukan untuk mengetahui proporsi kebutuhan material (kerikil, pasir, semen, dan air) dalam campuran beton. Di Indonesia rancangan adukan beton yang dipakai menggunakan cara Inggris (BS) dikenal dengan nama DOE (*Development of Environment*), yang biasa dipakai oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dimuat dalam buku Standar No. SK. SNI. T-15-1990-03 dengan judul “Tata Cara Pembuatan Campuran Normal”.

Langkah-langkah pembuatan *Mix Design* DOE sebagai berikut:

- a. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur yang direncanakan ($f_c = 25$ MPa).
- b. Menetapkan nilai standard deviasi (Sd)
Nilai standar deviasi dapat ditetapkan pada tabel daftar standard deviasi.
- c. Menghitung besarnya margin (M)

$$M = K \times S_r$$

dengan : M = nilai tambah

Sr = standard deviasi

K = 1,64 jika Sr < 4 MPa

K = 2,64 jika Sr > 4 MPa

- d. Menetapkan kuat tekan beton rata-rata (f'_{cr}) uji silinder umur 28 hari

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

dengan : f'_{cr} = kuat tekan rata-rata

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan

M = nilai tambah

- e. Menetapkan tipe semen

Semen yang dipakai adalah semen Portland Type I..

- f. Menetapkan tipe agregat kasar dan agregat halus

Dalam menghitung mix design beton, perlu dinyatakan tipe agregat yang dipakai yaitu pasir atau kerikil, karena hal ini mempengaruhi kekuatan dan kadar air bebas. Penetapan tipe agregat ini ditetapkan dalam tabel tipe agregat dan perkiraan kadar air bebas beton.

- g. Menetapkan faktor air semen (0,4 – 0,6)

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam pembuatan campuran beton. Besar faktor air semen (fas) berdasarkan kuat tekan rata-rata (f_{cr}) dalam grafik hubungan faktor air semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton.

- h. Menetapkan faktor air semen maksimum

Untuk berbagai kondisi lingkungan dimana beton yang dirancang campurannya akan di konstruksikan, diisyaratkan suatu factor air semen maksimum yaitu fas yang tidak boleh dilewati. Hal ini sudah ditetapkan oleh beberapa pedoman-pedoman beton.

- i. Menetapkan nilai slump

Nilai slump yang ditetapkan berpatokan pada tabel nilai slump berdasarkan jenis strukturnya.

- j. Menetapkan kadar air bebas

Kadar air bebas merupakan berat air yang dibutuhkan jika agregatnya jenuh kering muka (SSD). Penetapan besar kadar air bebas (air yang diluar air

jernih) ditetapkan berdasarkan nilai slump yang dipilih, ukuran maksimum agregat dan tipe agregat.

- k. Menentukan kadar semen (kg/m^3) beton

Untuk menetapkan kebutuhan semen digunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar semen} = \frac{\text{kadar air bebas}}{\text{faktor air semen}}$$

- l. Menentukan perkiraan berat jenis spesifik gabungan pasir dan kerikil

$$B_j \text{ spesifik gabungan} = (a\% \times B_j \text{ spesifik pasir}) + (b\% \times B_j \text{ spesifik kerikil})$$

dengan : a% = persentase penggabungan agregat halus (pasir) terbaik

b% = persentase penggabungan agregat kasar (kerikil) terbaik.

- m. Menentukan berat volume beton segar (basah)

Untuk memperkirakan berat volume basah beton digunakan grafik hubungan antara berat volume basah beton, kadar air bebas dan berat jenis gabungan SSD.

- n. Penetapan porsi agregat

$$\text{Berat agregat halus (pasir) } A = a\% \times (D - W_s - W_a)$$

$$\text{Berat agregat kasar (kerikil) } B = b\% \times (D - W_s - W_a)$$

dengan : a% = persentase penggabungan agregat halus

b% = persentase penggabungan agregat kasar

D = berat volume beton basah (kg/m^3)

W_s = kadar semen (kg/m^3) beton

W_a = kadar air bebas (kg/m^3) beton

A = berat agregat halus kondisi SSD (kg/m^3)

B = berat agregat kasar kondisi SSD (kg/m^3)

- o. Hasil rancangan campuran beton (bahan kondisi SSD)

- p. Koreksi campuran beton

3.5.6 Tahap Pembuatan Beton Segar

Setelah diperoleh hasil mix design tahapan selanjutnya adalah membuat campuran beton segar. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan beton segar adalah sebagai berikut:

- a. Bersihkan peralatan yang akan digunakan seperti mesin mixer (molen) , ember, sekop, timbangan, saringan, loyang, dan lain-lain.
- b. Kemudian siapkan bahan campuran beton yang dibutuhkan yang sesuai dengan perhitungan mix design.
- c. Sebelumnya basahi terlebih dahulu molen tersebut dengan air agar pada proses pencampuran komposisi air yang telah dihitung tidak berkurang akibat diserap oleh dinding-dinding bagian dalam mesin pencampur beton.
- d. Masukkan secara perlahan pasir dan semen.
- e. Putar mesin molen tersebut untuk beberapa menit agar material yang telah dimasukkan dapat tercampur dengan merata.
- f. Masukkan air secara bertahap sehingga campurannya menjadi homogen.
- g. Putar mesin molen tersebut hingga campuran homogen. Campuran yang telah homogen dikeluarkan dari mesin molen.

3.5.7 Tahap Pengujian Slump

Pengujian slump bertujuan untuk mengetahui workabilitas (kemudahan pengerjaan) dari campuran beton. Untuk perkerjaan pelat lantai nilai slump yang disyaratkan berkisar 7 cm - 15 cm. Berdasarkan SNI 03-1972-2008, berikut ini langkah-langkah metode pelaksanaannya.

- a. Menyiapkan sebuah plat datar yang telah diatur dengan waterpass agar benar-benar rata. Kerucut terpancung (kerucut Abrams) diletakkan di atas plat datar tersebut. Plat dan cetakan dibasahi.
- b. Mengisi cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis. Tiap lapis berisi 1/3 cetakan, setiap lapis dirojok dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali rojokan secara merata.

- c. Meratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh di sekitar cetakan harus disingkirkan. Kemudian kerucut diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas.
- d. Seluruh pengujian mulai dari pengisian sampai cetakan diangkat harus selesai dalam jangka waktu 2,5 menit.
- e. Membalik cetakan dan meletakkan perlahan-lahan disamping benda uji, kemudian mengukur slump dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.

3.5.8 Tahap Pencetakan Silinder Beton

Selain pengujian slump, dibuat pula beton silinder sebanyak 3 buah dengan ukuran diameter 20 cm dengan tinggi 10 cm untuk digunakan dalam pengujian kuat tekan beton. Berikut ini langkah-langkah pelaksanaannya.

- a. Siapkan cetakan silinder.
- b. Basahi cetakan.
- c. Tuangkan campuran beton dalam tiga tahapan (masing-masing dibagi 1/3 bagian) hingga memenuhi cetakan.
- d. Setiap selesai menuangkan campuran beton, lakukan perojokan dengan tongkat pemadat sebanyak 15 kali secara merata sampai tampak suatu lapisan mortar di atas permukaan beton yang dipadatkan.
- e. Ratakan permukaan atas cetakan.
- f. Diamkan silinder selama 24 jam.
- g. Setelah itu, lepaskan silinder dari cetakannya kemudian lakukan proses perawatan dengan mendiamkan dalam suhu ruangan hingga 28 hari.

3.5.9 Tahap Pencetakan Pelat Uji

Apabila hasil dari pengujian slump telah sesuai dengan yang direncanakan, maka tahapan selanjutnya adalah pencetakan pelat uji. Selain pelat uji bertulang anyaman yang ditentukan, dibuat juga pelat uji dengan tulangan baja D10 – 120 mm sebagai pembanding. Langkah-langkah dalam pencetakan pelat uji adalah sebagai berikut.

- 1) Pelat dengan tulangan anyaman bambu
 - a. Siapkan tulangan anyaman bambu sesuai dengan kode pelat uji.
 - b. Siapkan cetakan pelat uji berukuran 60 cm x 25 cm x 12 cm.
 - c. Letakkan tulangan anyaman bambu di dalam cetakan. Berikan penyangga di bawah tulangan agar tulangan tidak tenggelam saat campuran beton dituang
 - d. Tuangkan campuran beton hingga memenuhi 1/2 cetakan.
 - e. Lakukan perojokan dengan tongkat pemadat sebanyak 15 kali secara merata agar campuran beton dan anyaman dapat menyatu dengan baik.
 - f. Tuangkan lagi campuran beton hingga memenuhi cetakan
 - g. Lakukan perojokan dengan tongkat pemadat sebanyak 15 kali rojokan secara merata.
 - h. Ratakan permukaan atas cetakan.
 - i. Ulangi langkah c sampai g untuk setiap pelat uji.
- 2) Pelat dengan tulangan baja
 - a. Siapkan tulangan anyaman bambu sesuai dengan kode pelat uji.
 - b. Siapkan cetakan pelat uji berukuran 60 cm x 25 cm x 12 cm.
 - c. Letakkan tulangan anyaman bambu di dalam cetakan. Berikan penyangga di bawah tulangan agar tulangan tidak tenggelam saat campuran beton dituang.
 - d. Tuangkan campuran beton hingga memenuhi 1/2 cetakan.
 - e. Lakukan perojokan dengan tongkat pemadat sebanyak 15 kali secara merata agar campuran beton dan anyaman dapat menyatu dengan baik.
 - f. Tuangkan lagi campuran beton hingga memenuhi cetakan
 - g. Lakukan perojokan dengan tongkat pemadat sebanyak 15 kali rojokan secara merata.
 - h. Ratakan permukaan atas cetakan.
 - i. Ulangi langkah c sampai g untuk setiap pelat uji.

3.5.10 Tahap Perawatan Pelat Uji

Perawatan pelat uji (*curing*) adalah suatu langkah/tindakan untuk memberikan kesempatan pada semen/beton mengembangkan kekuatannya secara wajar dan sesempurna mungkin.

Pada tahap ini dilakukan perawatan pada pelat uji yang telah dicetak. Pelat yang telah dicetak didiamkan hingga campuran beton dan tulangan anyaman bambu menyatu dengan baik. Cetakan pelat uji dapat dilepaskan setelah pelat minimal berumur 14 hari.

Perawatan yang dilakukan merupakan perawatan *dry curing* dengan meletakkan pelat uji pada suhu ruangan bebas selama 28 hari (terhitung sejak pencetakan pelat uji).

3.5.11 Tahap Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

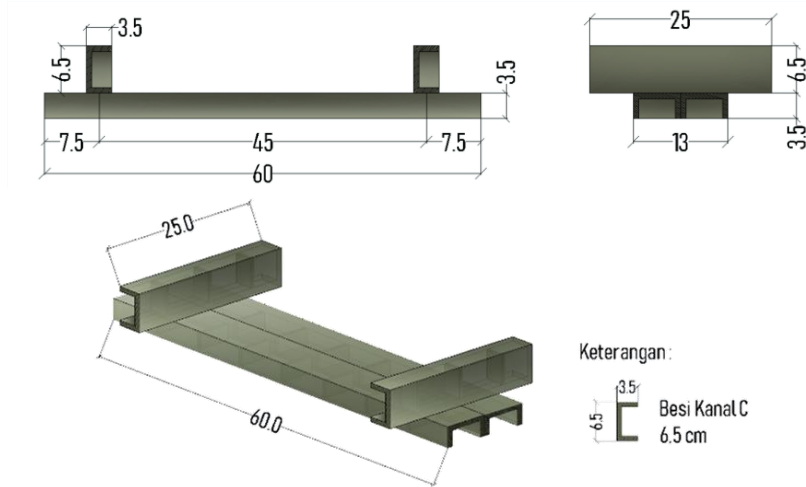
Silinder beton yang telah berumur 28 hari kemudian diuji dengan menggunakan *Universal Testing Machine*. Pada pengujian dilakukan pembacaan berdasarkan beban yang diterima oleh beton uji. Setiap hasil pengujian yang dilakukan dicatat dan didokumentasikan.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras dengan benda uji berbentuk silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pembebanan dilakukan sampai silinder beton hancur dan dicatat besarnya beban maksimum P yang selanjutnya digunakan untuk menentukan tegangan tekan beton (f'_c). Adapun langkah-langkahnya berdasarkan (SNI 03-1974-1990) adalah sebagai berikut:

- a. Beton perawatan kering disiapkan.
- b. Masing-masing silinder beton diukur diameter, tinggi dan beratnya.
- c. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentries.
- d. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/m² per detik.
- e. Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catat hasilnya.

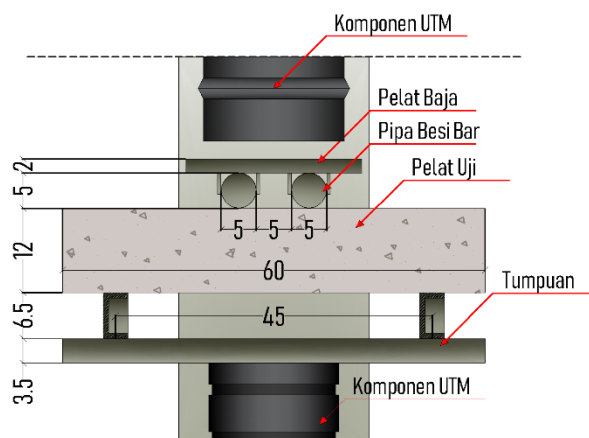
3.5.12 Pengujian Kuat Lentur Pelat Uji

Pelat uji yang telah berumur 28 hari kemudian diuji dengan menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)* yang dimodifikasi. Sebelum diuji, pelat harus diukur volume dan ditimbang beratnya terlebih dahulu. Data ini diperlukan untuk menghitung nilai kuat lentur pelat. Pengujian dilakukan dengan kondisi pelat uji bertumpu pada tumpuan sederhana. Tumpuan yang digunakan dibuat dengan menyesuaikan ukuran alat UTM dan ukuran pelat uji.

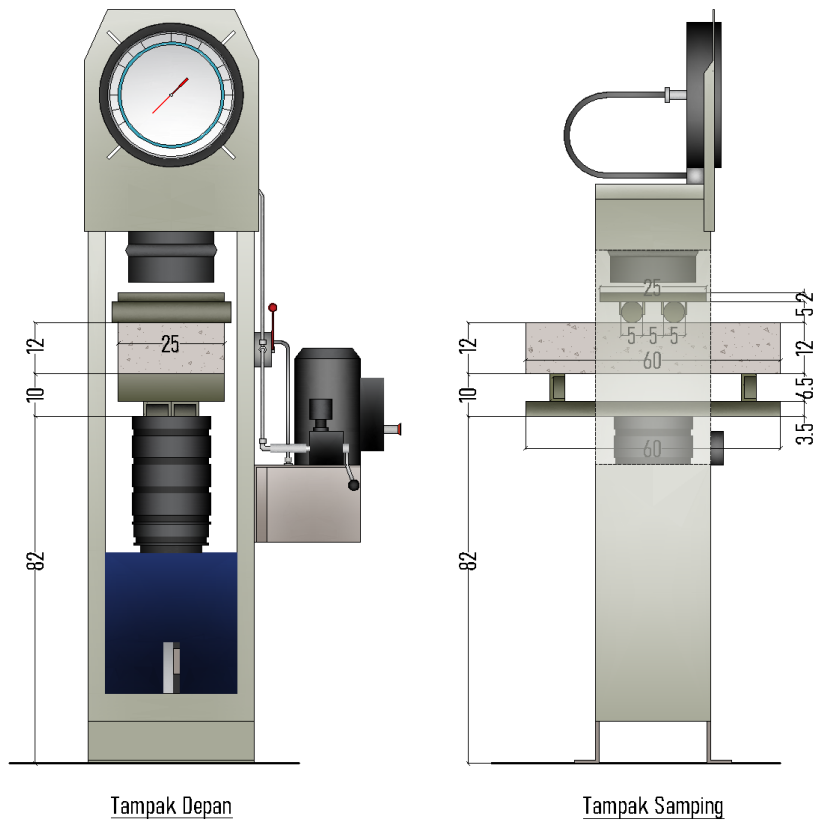


Gambar 3.7 Model Tumpuan Sederhana untuk Pengujian Kuat Lentur Pelat.

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban yang disetting berada pada tengah bentang pelat uji. Pembebanan diberikan hingga pelat uji mengalami retak (*crack*) atau sampai batas kemampuan alat yakni 1000 kg. Setiap tahapan proses pengujian dan nilai yang diperoleh kemudian dicatat dan didokumentasikan.

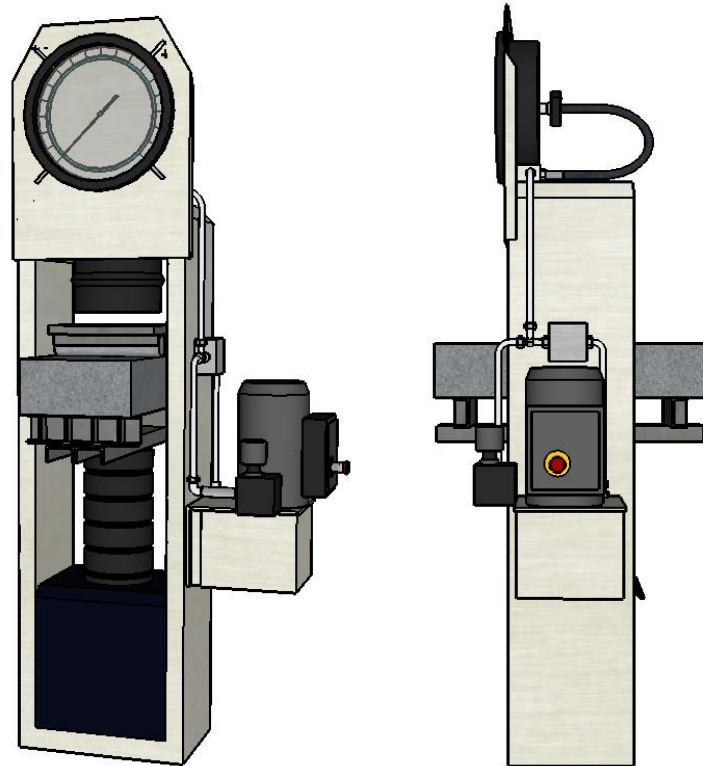


Gambar 3.8 Detail Setting Alat Pengujian Kuat Lentur



Tampak Depan

Tampak Samping



Gambar 3.9 Model Set-Up Alat Pengujian Kuat Lentur Pelat Lantai

3.5.13 Tahap Analisis Data Hasil Penelitian

Pada tahap ini, data - data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisis untuk mendapatkan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian.

Tahapan analisa data terdiri dari tiga bagian, yaitu 1) analisis perhitungan mix design, 2), analisis data hasil pengujian kuat tekan silinder beton dan 3) analisis kuat lentur pelat uji.

1) Analisis perhitungan mix design

a. Berat volume agregat halus (pasir)

$$\text{Berat volume} = \frac{w_1}{w_2} \quad (3.1.a)$$

dengan : w_1 = berat agregat halus (pasir)

w_2 = volume mould

b. Kadar air agregat halus (pasir)

$$\text{Kadar air agregat halus} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (3.1.b)$$

dengan : w_1 = berat pasir asli (gr)

w_2 = berat pasir kering oven

c. Kebersihan pasir terhadap lumpur

$$\text{Kadar lumpur pasir} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (3.1.c)$$

dengan : w_1 = berat pasir kering oven (gr)

w_2 = berat pasir setelah dicuci + oven(gr)

d. Berat jenis pasir dan penyerapan air agregat halus (pasir)

1) Persamaan untuk menghitung berat jenis:

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B + 500 - Bt} \quad (3.1.d)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan} = \frac{500}{B + 500 - Bt} \quad (3.1.e)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \quad (3.1.f)$$

2) Persamaan untuk menghitung air resapan:

$$\text{Air resapan} = \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\% \quad (3.1.g)$$

- dengan : Bk = berat contoh pasir kering oven (gr)
 B = berat piknometer + air (gr)
 Bt = berat piknometer + contoh pasir + air (gr)

e. Analisis saringan pasir

$$\text{Modulus kehalusan pasir } (F) = \frac{\sum \text{persen tertahan}}{100} \quad (3.1.h)$$

f. Berat volume agregat kasar (kerikil)

$$\text{Berat volume} = \frac{w_1}{w_2} \quad (3.1.i)$$

- dengan : w₁ = berat agregat kasar (kerikil)
 w₂ = volume mould

g. Kadar air agregat kasar (kerikil)

$$\text{Kadar air agregat kasar} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (3.1.j)$$

- dengan : w₁ = berat kerikil asli (gr)
 w₂ = berat kerikil kering oven

h. Kebersihan kerikil terhadap lumpur

$$\text{Kadar lumpur kerikil} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (3.1.k)$$

- dengan : w₁ = berat pasir kering oven (gr)
 w₂ = berat pasir setelah dicuci + oven (gr)

i. Berat jenis pasir dan penyerapan air agregat kasar (kerikil)

1) Persamaan untuk menghitung berat jenis:

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \quad (3.1.l)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (3.1.m)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \quad (3.1.n)$$

2) Persamaan untuk menghitung air resapan:

$$\text{Air resapan} = \frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\% \quad (3.1.o)$$

- dengan : Bk = berat contoh kerikil kering oven (gr)

B_j = berat kerikil setelah rendam + dikeringkan (gr)
 B_t = berat kerikil (direndam + dikeringkan) di dalam air
 (gr)

j. Analisis saringan kerikil

$$\text{Modulus kehalusan pasir } (F) = \frac{\sum \text{persen tertahan} + 5 \times 100}{100} \quad (3.1.p)$$

2) Analisis data hasil pengujian kuat tekan

Rumus kuat tekan beton

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (3.2)$$

dengan : f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang silinder uji (m²)

3) Analisis data hasil pengujian kuat lentur pelat uji

$$\text{Kuat lentur} = \frac{1}{4}PL + \frac{1}{8}qL^2 \quad (3.3)$$

dengan : P = beban maksimum (kg)

L = jarak tumpuan (m)

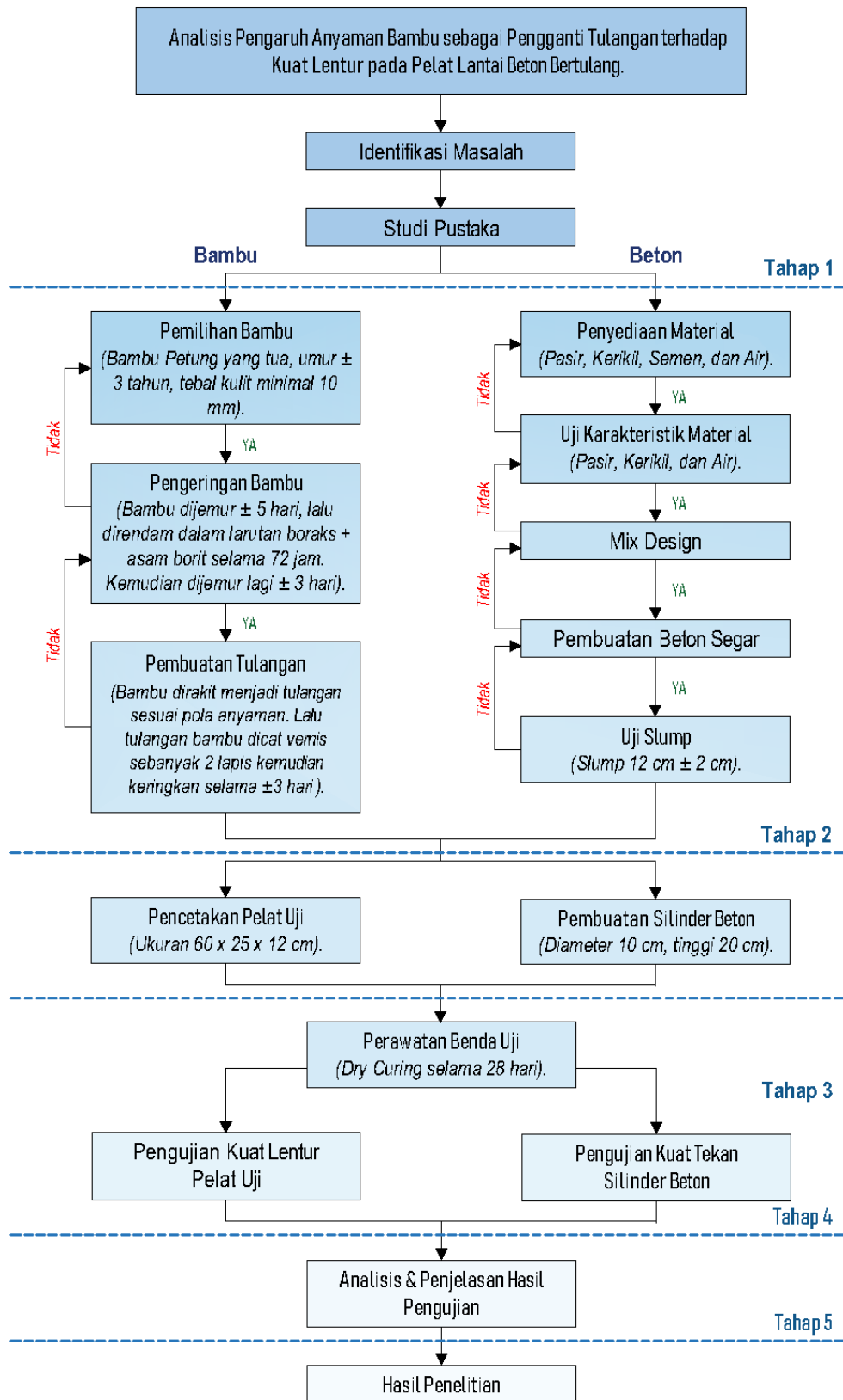
q = beban merata (kN/m)

3.5.14 Penarikan Kesimpulan Hasil Penelitian

Penarikan kesimpulan dilakukan setelah semua rangkaian analisis data telah selesai. Kesimpulan yang dibuat berhubungan dengan tujuan penelitian yang dilakukan.

3.6 Kerangka Pikir Penelitian

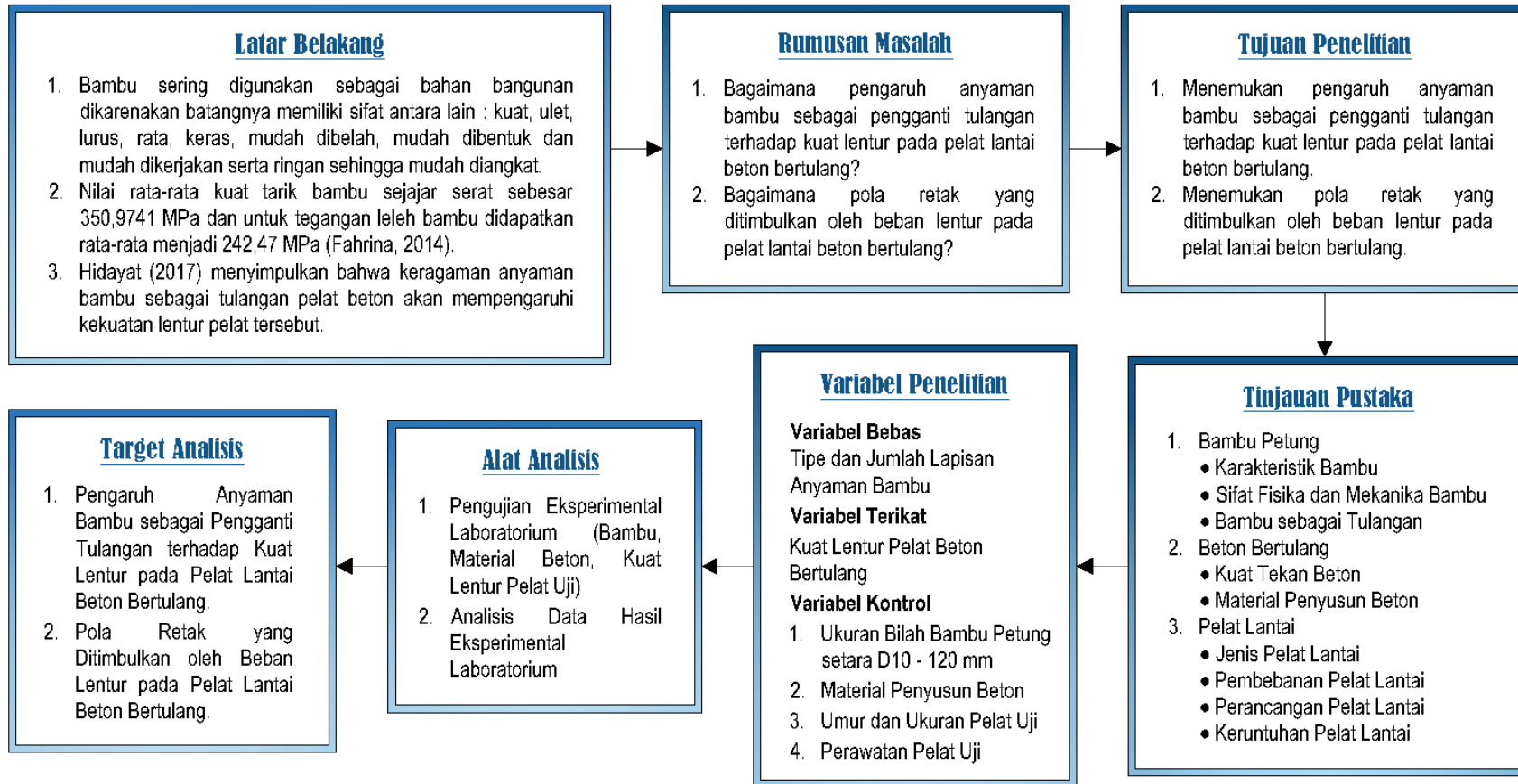
Secara skematis, tahapan – tahapan kerangka pikir penelitian ini digambarkan dalam bagan sebagai berikut.



Gambar 3.10 Kerangka Pikir Penelitian

3.7 Alur Pikir Penelitian

Secara skematis, kerangka pikir penelitian digambarkan dalam diagram sebagai berikut:



Gambar 3.11 Diagram Alur Pikir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pembuatan Benda Uji

4.1.1 Pembuatan Tulangan Anyaman Bambu

a. Pemilihan Batang Bambu

Bambu yang digunakan adalah jenis bambu petung yang telah tua yakni berumur ± 3 tahun dengan ukuran diameter bambu sekitar 10 – 15 cm, dan ketebalan daging bambu minimal 10 mm.



Gambar 4.1 Bambu Petung yang Digunakan

b. Pengawetan Bambu

Bambu yang telah ada kemudian dijemur selama ± 5 hari di bawah sinar matahari. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terdapat pada bambu. Agar proses penjemuran lebih maksimal, belah bambu menjadi ukuran yang lebih kecil.



Gambar 4.2 Penjemuran Bambu di Bawah Sinar Matahari

Bambu yang telah dijemur kemudian dibelah menjadi ukuran yang lebih kecil (bilah bambu) lalu direndam dalam larutan boraks + 60% asam borat selama 72 jam. Proses ini dinilai efektif untuk mengawetkan sekaligus meningkatkan kuat tarik bambu petung.

Proses pengawetan dilakukan agar batang bambu tahan terhadap serangan kumbang bubuk yang mengakibatkan batang bambu menjadi rusak. Perhitungan jumlah boraks dan asam borat yang digunakan disesuaikan dengan jumlah air yang dipakai untuk merendam bambu (lihat lampiran 1).

Bambu yang telah direndam dikeringkan di bawah sinar matahari selama \pm 2 hari. Setelah itu, simpan bambu ditempat yang kering dan tidak lembab.



Gambar 4.3 Bambu Dibelah Menjadi Ukuran yang Lebih Kecil untuk Memudahkan Proses Penyerapan Larutan Pengawet.



Gambar 4.4 Bahan Pengawet Bambu (Boraks dan Asam Borit)



Gambar 4.5 Perendaman Bambu dengan Bahan Pengawet



Gambar 4.6 Proses Pengeringan Bambu Setelah Perendaman

c. Perakitan Tulangan Anyaman Bambu

Bilah bambu yang telah kering diraut menjadi bulat dengan ukuran diameter ± 10 mm. Setelah itu, potong bilah bambu sesuai dengan panjang yang dibutuhkan. Bilah bambu dirakit sesuai dengan tipe tulangan yang ditentukan. Gunakan kawat besi untuk mengikat bagian simpul agar tidak mudah bergeser.

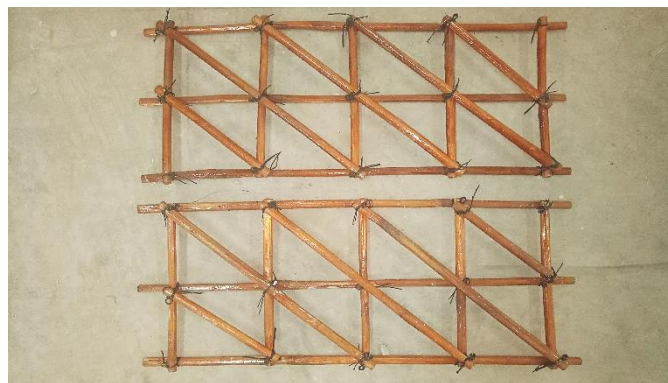


Gambar 4.7 Bilah Bambu yang Telah Diraut dan Dipotong

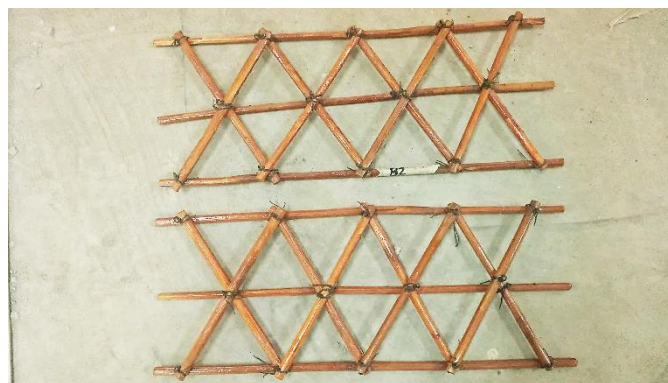


Gambar 4.8 Perakitan Tulangan Anyaman Bambu

Setelah semua rangkaian tulangan selesai dibuat, cat tulangan dengan cat vernis sebanyak 2 lapis. Pelapisan cat vernis ini bertujuan agar air pada campuran beton tidak terserap masuk ke dalam pori-pori tulangan bambu. Setelahnya, keringkan rangkaian tulangan selama ± 3 hari.



(Tipe Tulangan B1)



(Tipe Tulangan B2)



(Tipe Tulangan B3)

Gambar 4.9 Tulangan Bambu yang Telah Dilapisi Cat Vernis

4.1.2 Pembuatan Campuran Beton (Proses *Mix Design*)

a. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Material

1) Air

Menurut SK-SNI-S-04-1989-F air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual. Setelah dilakukan pengamatan secara visual terhadap air yang akan digunakan, menunjukkan sifat-sifat antara lain tidak berwarna, tidak berbau, jernih (tidak mengandung lumpur) dan benda terapung lainnya sehingga air tersebut dianggap memenuhi syarat.

2) Semen

Pemeriksaan secara visual menyimpulkan bahwa semen dalam keadaan baik yaitu berbutir halus, tidak terdapat gumpalan-gumpalan, sehingga semen dapat digunakan sebagai bahan susun beton. Jenis semen yang dipakai adalah semen Portland tipe I (merek Semen Tonasa).

3) Agregat Kasar / Agregat Halus

Sebelum digunakan agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) dicuci hingga bersih dari lumpur dan kotoran yang menempel. Hal tersebut ditandai dengan warna air cucian yang terlihat bening. Pastikan agregat yang digunakan dalam keadaan kering (tidak basah) sebab hal ini akan mempengaruhi kadar dan absorpsi air pada agregat. Adapun hasil

pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus diperoleh dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya dengan data sebagai berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

| No. | Karakteristik Agregat Halus | Interval Spesifikasi | Hasil Pengamatan | Keterangan |
|-----|-----------------------------|----------------------|------------------|------------|
| 1 | Berat Volume | | | |
| | a. Kondisi Lepas | 1,6 - 1,9 kg/ltr | 1,62 | Memenuhi |
| | b. Kondisi Padat | 1,6 - 1,9 kg/ltr | 1,60 | Memenuhi |
| 2 | Modulus Kekasaran | 5,50 – 8,50 | 6,72 | Memenuhi |
| 3 | Berat Jenis | | | |
| | a. BJ Curah | 1,6 – 3,3 | 2,35 | Memenuhi |
| | b. BJ Kering Permukaan | 1,6 – 3,3 | 2,39 | Memenuhi |
| | c. BJ. Semu | 1,6 – 3,3 | 2,45 | Memenuhi |
| 4 | Penyerapan | 0,20% – 4,00% | 1,75% | Memenuhi |
| 5 | Kadar Air | 0,5% - 2,0% | 1,25% | Memenuhi |
| 6 | Kadar Lumpur | Maksimal 1% | 0,5% | Memenuhi |

(Sumber : Adelisa, 2017)

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Agregat Halus

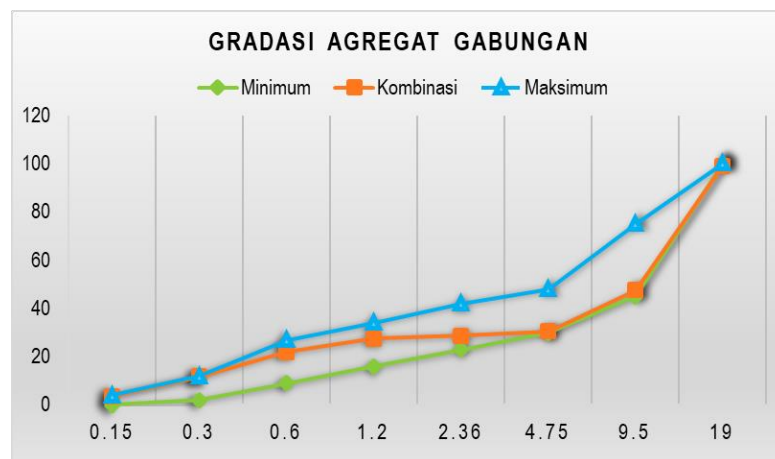
| No. | Karakteristik Agregat Halus | Interval Spesifikasi | Hasil Pengamatan | Keterangan |
|-----|-----------------------------|----------------------|------------------|------------|
| 1 | Berat Volume | | | |
| | c. Kondisi Lepas | 1,4 - 1,9 kg/ltr | 1,6 | Memenuhi |
| | d. Kondisi Padat | 1,4 - 1,9 kg/ltr | 1,4 | Memenuhi |
| 2 | Modulus Kekasaran | 2,20 – 3,10 | 2,70 | Memenuhi |
| 3 | Berat Jenis | | | |
| | a. BJ Curah | 1,6 – 3,3 | 2,00 | Memenuhi |
| | b. BJ Kering Permukaan | 1,6 – 3,3 | 2,63 | Memenuhi |
| | c. BJ. Semu | 1,6 – 3,3 | 2,08 | Memenuhi |
| 4 | Penyerapan | 0,20% – 2,00% | 2% | Memenuhi |
| 5 | Kadar Air | 2% - 5% | 4,5% | Memenuhi |
| 6 | Kadar Lumpur | Maksimal 5% | 4,08% | Memenuhi |

(Sumber : Adelisa, 2017)

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, diperoleh karakteristik agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) telah memenuhi kriteria spesifikasi material penyusun beton.

b. Gradasi Agregat Gabungan

Penggabungan agregat adalah pencampuran agregat halus (pasir) dan kasar (kerikil), sehingga menjadi campuran yang homogen dan mempunyai susunan butir sesuai standar. Gradasi penggabungan agregat diperoleh berdasarkan pengujian karakteristik agregat yang dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4.10 Grafik Gradasi Agregat Gabungan
(Sumber : Adalisa, 2017)

Grafik di atas menunjukkan bahwa hasil analisis gabungan agregat berada di antara batas gradasi maksimum dan minimum sehingga nilai gabungan agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir) memenuhi syarat analisis penggabungan agregat yang ideal.

c. Hasil Perhitungan Mix Design

Campuran beton yang digunakan pada penelitian ini adalah campuran beton normal yang berperan sebagai variabel kontrol penelitian. Data perhitungan mix design untuk pembuatan beton normal diambil dari data penelitian sebelumnya (lihat lampiran 2).

Tabel 4.3 Data Perhitungan *Mix Design*

| No. | Uraian | Nilai |
|-----|---|---------------------------|
| 1. | Kuat tekan f'_c | 25 MPa |
| 2. | Slump | 10 cm |
| 3. | Modulus kehalusan pasir | 2,7 |
| 4. | Ukuran maksimum agregat | 20 mm |
| 5. | Berat jenis spesifik SSD pasir | 2,63 |
| 6. | Berat jenis spesifik SSD kerikil | 2,39 |
| 7. | Kadar air pasir | 4,50% |
| 8. | Absorpsi pasir | 2,00% |
| 9. | Kadar air kerikil | 1,25% |
| 10 | Absorpsi kerikil | 1,75% |
| 11. | Presentase gabungan terbaik : • Pasir • Kerikil | 28,68% 71,32% |
| 12. | Berat volume kering lepas kerikil | 1620,00 kg/m ³ |

(Sumber : Adalisa, 2017)

Dari data di atas dilakukan perhitungan dengan metode *Development of Concrete* (DOE) yang menyesuaikan pada volume kebutuhan beton yang digunakan, sehingga diperoleh kebutuhan material beton sebagai berikut.

Tabel 4.4 Jumlah Kebutuhan Material Beton

| Material | Berat/Volume (Kg / m ³) | Kebutuhan 3 Pelat Uji | | Total Kebutuhan | |
|----------|--|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| | | Volume (m ³) | Berat (Kg) | Volume (m ³) | Berat (Kg) |
| Air | 205 | 0,0648 | 13,28 | 0,4574 | 93,77 |
| Semen | 372,7 | 0,0648 | 24,15 | 0,4574 | 170,47 |
| Pasir | 493 | 0,0648 | 31,95 | 0,4574 | 225,50 |
| Kerikil | 1081 | 0,0648 | 70,05 | 0,4574 | 494,45 |

d. Pencampuran Material Beton

Proses pencampuran material beton dilakukan dengan bantuan alat *Concrete Mixer* (molen). Jenis campuran beton yang digunakan pada penelitian ini adalah campuran beton normal. Material beton ditimbang sesuai dengan perhitungan mix design. Mengingat kapasitas molen yang terbatas, maka proses pencampuran dibagi dalam beberapa tahapan berdasarkan variasi tulangan pelat uji.

Proses pencampuran diawali dengan mencampur batu pecah, pasir (dalam keadaan SSD), semen ke dalam mesin pencampur beton (molen), sebelumnya basahi terlebih dahulu mesin molen tersebut dengan air agar pada proses pencampuran komposisi air yang telah dihitung tidak berkurang akibat diserap oleh dinding-dinding bagian dalam mesin pencampur beton. Kemudian mesin molen diputar dalam beberapa menit. Setelah itu, air dimasukkan dalam campuran hingga terbentuk adonan beton segar.



Gambar 4.11 Proses Pencampuran Material Beton

Pada saat memasukkan material tersebut lebih baik diselang-selingi agar material agregat kasar (kerikil) maupun agregat halus (pasir) dapat terputar secara sempurna dan tidak terjadi pengendapan di dalam molen. Namun teknik pencampuran tersebut kembali lagi kepada SOP (Standar Operasional Prosedur) yang diisyaratkan. Beton yang telah tercampur rata dalam molen dikeluarkan dan kemudian dilakukan pengujian slump (*slump test*).

e. Hasil Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan campuran beton, yang dapat menggambarkan kemudahan pengerjaan (*workability*) beton untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan penyusutan beton (segresi).

Pengujian dilakukan dengan memasukkan campuran beton secara bertahap ke dalam corong sambil dilakukan perojokan agar campuran beton menjadi padat dan tidak berongga. Setelah penuh, corong diangkat dan dilakukan pengukuran ketinggian adonan yang tercetak.

Untuk pekerjaan pelat lantai, nilai slump yang dianjurkan berkisar 7,5 cm – 15 cm. Adapun hasil yang diperoleh dari pengujian slump ini adalah 12 cm, yang berarti nilai slump campuran beton tersebut memenuhi kriteria yang dianjurkan.



Gambar 4.12 Pengujian Slump Campuran Beton

4.1.3 Pencetakan Benda Uji

Setelah pengujian slump dilakukan, selanjutnya adalah proses pencetakan benda uji (silinder beton / pelat uji). Untuk pencetakan pelat uji, pastikan tulangan telah terpasang sesuai dengan kode sampel yang ada sebelum campuran beton dimasukkan. Masukkan campuran beton ke dalam cetakan secara bertahap sambil dirojok dengan besi perojok agar campuran menjadi padat dan tidak berongga. Ratakan permukaan atas pelat.



Gambar 4.13 Persiapan Pencetakan Pelat Uji Tulangan Bambu



Gambar 4.14 Pencetakan Pelat Uji Tulangan Bambu

4.1.4 Perawatan Benda Uji

Proses selanjutnya adalah proses perawatan / curing. Perawatan yang dilakukan adalah perawatan *dry curing* dengan meletakkan benda uji dalam ruang dengan suhu bebas selama 28 hari. Untuk silinder beton, cetakan dapat dilepas setelah satu hari setelah pencetakan. Sedangkan pelat uji,

cetakan dapat dilepas minimal 14 hari setelah pencetakan. Hal ini agar tulangan dan campuran beton dapat saling melekat dengan baik.



Gambar 4.15 Perawatan *Dry Curing* Pelat Uji Tulangan Bambu

4.2 Pengaruh Anyaman Bambu sebagai Pengganti Tulangan Terhadap Kuat Lentur pada Pelat Lantai Beton Bertulang

Pada benda uji yang telah berumur 28 hari, dilakukan pengujian kuat tekan pada silinder beton dan pengujian kuat lentur pada pelat uji yang sesuai dengan tahapan dalam metode penelitian. Kedua pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Data yang diperoleh dari hasil pengujian ditabulasikan kemudian dianalisis.

4.2.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui besar kuat tekan campuran beton yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diperoleh kuat tekan silinder beton sebagai berikut.

Tabel 4.5 Nilai Kuat Tekan Silinder Beton

| Kode Sampel | Berat Silinder (Kg) | Beban Maksimum (KN) | Luas Penampang (cm ²) | Kuat Tekan | |
|-------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|-------|
| | | | | Kg/cm ² | MPa |
| S1 | 4,110 | 98 | 0,009 | 111,2 | 10,90 |
| S2 | 4,005 | 153 | 0,009 | 179,6 | 17,61 |
| Rata-Rata | 4,058 | 125,5 | 0,009 | 145,4 | 14,25 |

Dari pengujian kuat tekan beton, diperoleh nilai kuat tekan tertinggi sebesar $179,6 \text{ kg/cm}^2$ atau $17,61 \text{ MPa}$. Nilai kuat tekan tersebut setara dengan beton mutu K175 yang termasuk dalam kategori beton mutu rendah.

4.2.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur Pelat

Pengujian kuat lentur pelat bertujuan untuk mengetahui pengaruh anyaman bambu sebagai pengganti tulangan terhadap kuat lentur pelat lantai beton bertulang dengan variasi tulangan dan jumlah lapisan tulangan yang berbeda.

Pengujian dilakukan pada pelat uji yang berukuran $60 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} \times 12 \text{ cm}$. Sebelum diuji, pelat diukur volume dan ditimbang beratnya terlebih dahulu. Proses pengujian dilakukan dengan meletakkan pelat uji di atas tumpuan sederhana dengan jarak tumpuan 45 cm . Tumpuan tersebut didudukkan di atas dudukan mesin UTM. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban yang diatur berada pada tengah bentang pelat uji.



(a)

Pengukuran Volume Pelat



(b)

Penimbangan Berat Pelat Uji

Gambar 4.16 Proses Persiapan Sebelum Pengujian



Gambar 4.17 Set-Up Alat Pengujian Kuat Lentur menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)*



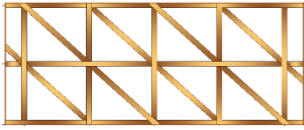


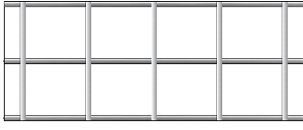
Gambar 4.18 Pengujian Kuat Lentur Pelat

Terdapat dua jenis pelat yang diuji, yaitu pelat tulangan anyaman bambu dan pelat tulangan baja sebagai pembanding. Pelat tulangan anyaman bambu terdiri dari pelat dengan variasi tipe tulangan anyaman bambu dan jumlah lapisan tulangan yang berbeda. Setiap variasi terdapat 3 buah pelat uji.

a. Kapasitas Beban Maksimum

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh data berupa beban maksimum yang dapat ditahan oleh pelat yang disajikan pada tabel berikut.

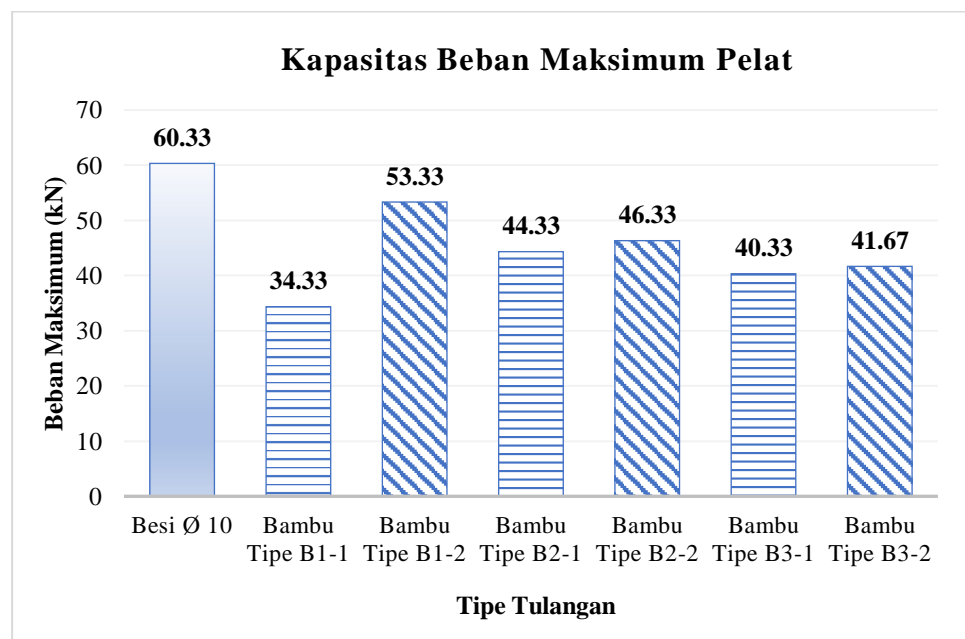
Tabel 4.6 Kapasitas Beban Maksimum Pelat

| Tipe Tulangan | Jumlah Lapisan Tulangan | Kode Sampel | Beban Maksimum (kN) | Rata-Rata Beban Maksimum (kN) |
|--|-------------------------|-------------|---------------------|-------------------------------|
|  <p>Tipe Anyaman B1</p> | 1 | B11a | 35 | 34,33 |
| | | B11b | 34 | |
| | | B11c | 34 | |
| | 2 | B12a | 50 | 53,55 |
| | | B12b | 52 | |
| | | B12c | 58 | |
|  <p>Tipe Anyaman B2</p> | 1 | B21a | 45 | 44,33 |
| | | B21b | 48 | |
| | | B21c | 40 | |
| | 2 | B22a | 50 | 46,33 |
| | | B22b | 44 | |
| | | B22c | 45 | |
|  <p>Tipe Anyaman B3</p> | 1 | B31a | 40 | 40,33 |
| | | B31b | 41 | |
| | | B31c | 40 | |
| | 2 | B32a | 45 | 41,67 |
| | | B32b | 40 | |
| | | B32c | 40 | |
|  <p>Baja Ø10</p> | | P1 | 71 | 60,33 |
| | | P2 | 55 | |
| | | P3 | 55 | |

Dari data pengujian di atas menunjukkan bahwa beban maksimum tertinggi ditahan oleh pelat dengan tulangan baja dengan rata-rata beban maksimum sebesar 60,33 kN. Sedangkan, untuk variasi pelat dengan 1 lapisan tulangan, pelat dengan tipe anyaman B2 mampu menahan beban maksimum rata-rata sebesar 44,33 kN. Dan untuk variasi pelat dengan 2

lapisan tulangan, pelat dengan tipe anyaman B1 mampu menahan beban maksimum rata-rata sebesar 53,55 kN.

Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa pelat dengan tulangan bambu memiliki kapasitas beban maksimum yang lebih rendah dibandingkan pelat dengan tulangan baja. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Nurmayadi (2018) yang menunjukkan bahwa kapasitas kuat balok bertulang baja (kontrol) masih unggul daripada balok bertulang bambu.



Gambar 4.19 Grafik Kapasitas Beban Maksimum Pelat Tulangan Bambu


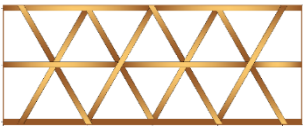


b. Pengaruh Tipe Pola Anyaman Bambu terhadap Kuat Lentur Pelat

Dari data pengujian yang diperoleh, dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai kuat lentur pelat yang dapat dihitung menggunakan rumus perhitungan (Arianto, 2013) berikut ini.

$$\text{Kuat lentur} = \frac{1}{4}PL + \frac{1}{8}qL^2$$

- dengan :
- P = beban maksimum (kg)
 - L = jarak tumpuan (m)
 - q = beban merata (kN/m)


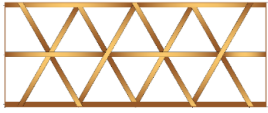

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Kuat Lentur Pelat

| Tipe Tulangan | Jumlah Lapisan Tulangan | Kode Sampel | Kuat Lentur (kN.m) | Kuat Lentur Rata-Rata (kN.m) |
|--|-------------------------|-------------|--------------------|------------------------------|
|  Tipe Anyaman B1 | 1 | B11a | 3.95 | 3.88 |
| | | B11b | 3.84 | |
| | | B11c | 3.84 | |
| | 2 | B12a | 5.64 | 6.02 |
| | | B12b | 5.87 | |
| | | B12c | 6.54 | |
|  Tipe Anyaman B2 | 1 | B21a | 5.08 | 5.00 |
| | | B21b | 5.42 | |
| | | B21c | 4.52 | |
| | 2 | B22a | 5.64 | 5.23 |
| | | B22b | 4.97 | |
| | | B22c | 5.08 | |
|  Tipe Anyaman B3 | 1 | B31a | 4.52 | 4.55 |
| | | B31b | 4.63 | |
| | | B31c | 4.52 | |
| | 2 | B32a | 5.08 | 4.70 |
| | | B32b | 4.51 | |
| | | B32c | 4.51 | |
|  Baja Ø10 | | P1 | 8.01 | 6.81 |
| | | P2 | 6.20 | |
| | | P3 | 6.20 | |

Hasil perhitungan kuat lentur pada Tabel 4.7, menunjukkan bahwa nilai rata-rata kuat lentur pelat dengan tulangan baja masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan kuat lentur pelat dengan tulangan bambu dengan nilai rata-rata kuat lentur sebesar 6,81 kN.m. Hal yang sama terjadi pada penelitian Juwanto, dkk (2014) yang menunjukkan bahwa hasil pengujian kapasitas lentur pelat beton bertulangan baja lebih besar daripada pelat

beton bertulang bambu Wulung dengan kapasitas lentur rerata sebesar 0,5262 ton.m, sedangkan kapasitas lentur pelat beton bertulangan bambu Wulung polos rerata sebesar 0,1678 ton.m.

Tabel 4.8 Jumlah Luas Tulangan Anyaman Bambu

| Tipe Tulangan | Luas Tulangan (cm ²) | | | |
|--|----------------------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | 1 Lapisan Tulangan | | 2 Lapisan Tulangan | |
| | Arah Sumbu - x | Arah Sumbu - y | Arah Sumbu - x | Arah Sumbu - y |
|  Tipe Anyaman B1 | 5,431 | 10,077 | 10,862 | 20,154 |
|  Tipe Anyaman B2 | 8,635 | 8,448 | 17,270 | 16,896 |
|  Tipe Anyaman B3 | 5,431 | 10,077 | 10,862 | 20,154 |

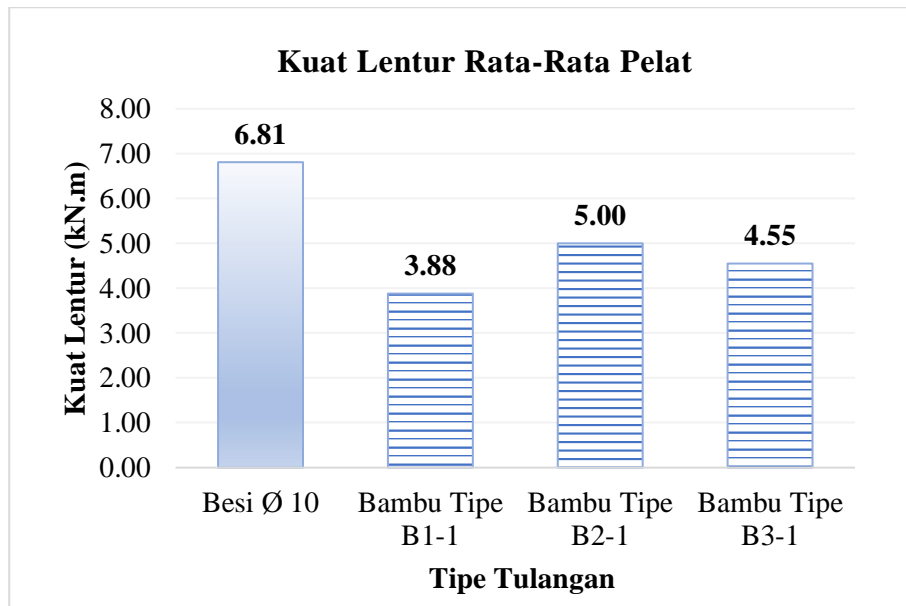
Berdasarkan penelitian Putra, dkk (2007), jumlah luasan tulangan tarik pada struktur pelat mempengaruhi nilai kuat lentur yang diperoleh. Semakin besar luasan tulangan tarik maka semakin besar pula nilai kuat lenturnya. Tipe anyaman B1 dan B3 memiliki luas tulangan tarik yang sama. Akan tetapi, nilai kuat lentur yang dihasilkan oleh pelat dengan tipe anyaman B1 dengan 2 lapisan cenderung lebih besar dibandingkan dengan pelat dengan tipe anyaman B3 dengan 2 lapisan padahal luasan tulangan kedua tipe anyaman ini sama besar.

Hal ini diasumsikan dipengaruhi oleh adanya perbedaan arah orientasi tulangan pada tipe anyaman tersebut. Pada tipe anyaman B1 arah orientasi

tulangan terdiri dari tiga arah penulangan. Sedangkan tipe anyaman B3 terdiri dari empat arah penulangan. Pada tipe anyaman B2, arah orientasi tulangan juga terdiri dari tiga arah penulangan dan nilai kuat lentur yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan tipe anyaman B3 (pada variasi 1 lapisan maupun 2 lapisan tulangan). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa hal yang mempengaruhi nilai kuat lentur yang dihasilkan adalah perbedaan tipe anyaman yang digunakan dalam hal ini berkaitan dengan arah orientasi tulangan pada anyaman bambu.

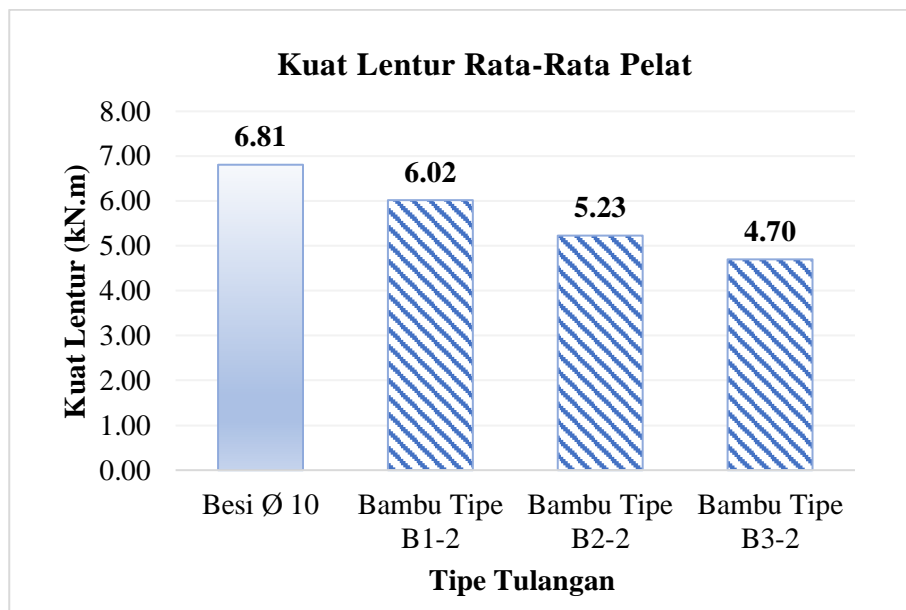
c. Pengaruh Jumlah Lapisan Tulangan Bambu terhadap Kuat Lentur Pelat

Pelat dengan tipe anyaman B2 memiliki kuat lentur tertinggi dengan rata-rata kuat lentur sebesar 5,00 kN.m atau sekitar 73% dari nilai kuat lentur pelat tulangan baja untuk kategori pelat dengan tulangan anyaman bambu dengan variasi 1 lapisan tulangan.



Gambar 4.20 Grafik Kuat Lentur Pelat Tulangan Bambu dengan Variasi 1 Lapisan Tulangan

Sedangkan, pada variasi 2 lapisan tulangan, pelat dengan tipe anyaman B1 memiliki kuat lentur tertinggi dengan rata-rata kuat lentur sebesar 6,02 kN.m atau sekitar 88% dari nilai kuat lentur pelat tulangan baja. Nilai ini sekaligus merupakan nilai rata-rata kuat lentur tertinggi yang diperoleh pelat dengan tulangan anyaman bambu.

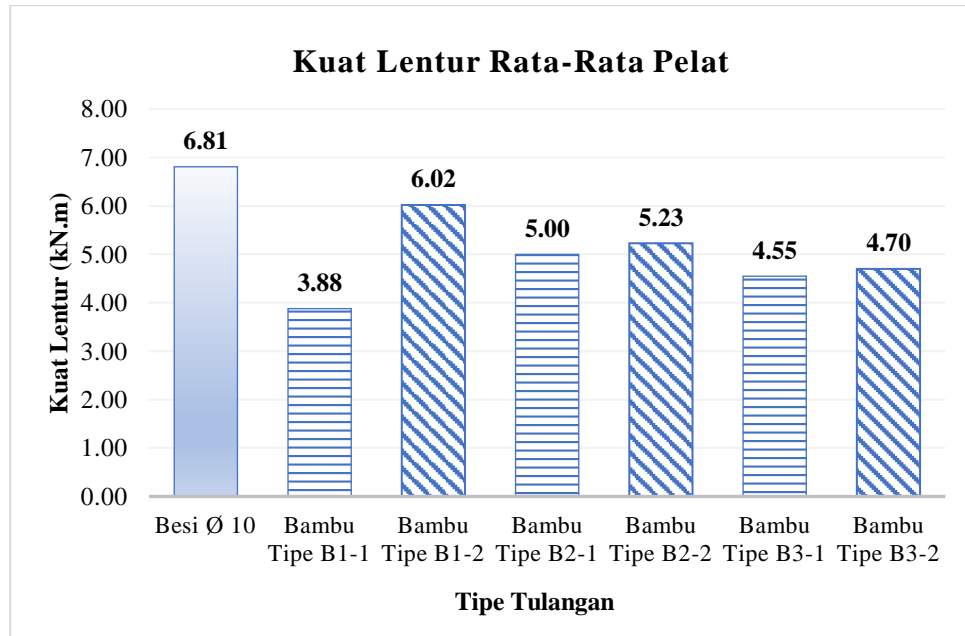


Gambar 4.21 Grafik Kuat Lentur Pelat Tulangan Bambu dengan Variasi 2 Lapisan Tulangan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pelat dengan tipe tulangan anyaman B1 terjadi peningkatan kuat lentur yang signifikan antara pelat yang memiliki 1 lapisan tulangan dengan pelat yang memiliki 2 lapisan tulangan. Sedangkan, pelat dengan tipe tulangan B2 dan B3, tidak terjadi peningkatan kuat lentur yang signifikan bahkan dapat dikatakan kuat lentur yang dimiliki hampir sama antara pelat yang memiliki 1 lapisan tulangan dengan pelat yang memiliki 2 lapisan tulangan (Lihat Gambar 4.20).

Secara keseluruhan, kuat lentur rata-rata pelat meningkat dengan adanya penambahan jumlah lapisan tulangan. Sejalan dengan hal tersebut, dalam penelitian Sujatmiko, dkk (2016) menyimpulkan bahwa penambahan tulangan bambu pada material papan semen eceng gondok menyebabkan kenaikan kuat lenturnya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa

jumlah lapisan tulangan bambu berpengaruh terhadap kuat lentur pelat beton bertulang.







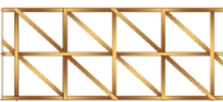













Gambar 4.22 Rekapitulasi Kuat Lentur Pelat Tulangan Bambu








4.3 Pola Retak Pelat

Pada proses pengujian kuat lentur, beban yang diberikan secara kontinyu mengakibatkan lendutan pada pelat. Saat beban yang diberikan telah melebihi beban ultimate maka akan terjadi retak pada pelat. Proses retak berawal pada daerah tarik kemudian meluas ke arah daerah tekan. Pada pengujian, keruntuhan pelat diawali dengan retak lentur yang terjadi di daerah tengah bentang. Pola retak yang terjadi pada pelat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.9 Pola Retak Pelat

| Gambar Tulangan | Pola Retak Pelat Tulangan Baja Ø10 | | |
|---|---|--|---|
| | P1 | P2 | P3 |
|  Baja Ø10 |  |  |  |
| | Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur |

| Gambar Tulangan | Pola Retak Pelat Tipe Tulangan B1 | | |
|--|---|--|---|
| | 1 Lapisan Tulangan | | |
|  <p>Tipe Anyaman B1</p> | B11a | B11b | B11c |
| |  |  |  |
| | Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur |
| | 2 Lapisan Tulangan | | |
| | B12a | B12b | B12c |
| |  |  |  |
| Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur | |
| Gambar Tulangan | Pola Retak Pelat Tipe Tulangan B2 | | |
| | 1 Lapisan Tulangan | | |
|  <p>Tipe Anyaman B2</p> | B21a | B21b | B21c |
| |  |  |  |
| | Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur |
| | 2 Lapisan Tulangan | | |
| | B22a | B22b | B22c |
| |  |  |  |
| Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur | |

| Gambar Tulangan | Pola Retak Pelat Tipe Tulangan B3 | | |
|--|---|--|---|
| | 1 Lapisan Tulangan | | |
|  Tipe Anyaman B3 | B11a | B11b | B11c |
| |  |  |  |
| | Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur |
| | 2 Lapisan Tulangan | | |
| | B12a | B12b | B12c |
| |  |  |  |
| Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur | |

Tabel di atas menunjukkan bahwa sebagian besar retak terjadi di bagian tengah bentangan pelat. Pola retak yang terjadi pada pelat adalah pola retak lentur. Hal ini dapat dilihat dari arah retak yang vertikal terhadap sumbu memanjang pelat. Hal yang sama diungkapkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Fahrina (2014) yang menjelaskan bahwa secara umum keruntuhan balok diawali dengan retak lentur yang terjadi di tengah bentang. Dan pola retak yang terjadi pada umumnya adalah retak lentur.

Pola retak pada pelat tulangan anyaman bambu terlihat lebih jelas daripada pelat tulangan baja. Hal ini dikarenakan, ketika beban yang diterima oleh pelat semakin bertambah, tulangan anyaman bambu cenderung melentur, berbeda dengan tulangan baja yang lebih kaku yang membuat retakan pada pelat semakin melebar hingga mengakibatkan patah pada bagian tengah bentang pelat.

BAB V

P E N U T U P

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa:

- a. Pengaruh anyaman bambu sebagai pengganti tulangan ditunjukkan oleh nilai kuat lentur yang dihasilkan. Dalam hasil penelitian, pelat dengan tulangan baja $\varnothing 10$ mm masih memiliki nilai kuat lentur rata-rata yang lebih tinggi jika dibandingkan pelat dengan tulangan anyaman bambu yakni sebesar 6,81 kN.m. Diantara pelat dengan tulangan anyaman bambu, pelat dengan tipe tulangan B1 dengan variasi 2 lapisan tulangan anyaman memiliki kuat lentur rata-rata tertinggi yakni sebesar 6,02 kN.m. Sedangkan pelat dengan tipe tulangan B2 memiliki nilai kuat lentur rata-rata tertinggi sebesar 5,00 kN.m untuk kategori pelat tulangan anyaman bambu dengan variasi 1 lapisan tulangan anyaman. Hal yang mempengaruhi nilai kuat lentur yang dihasilkan adalah perbedaan tipe anyaman yang digunakan dalam hal ini berkaitan dengan arah orientasi tulangan. Secara keseluruhan kuat lentur rata-rata pelat meningkat dengan adanya penambahan jumlah lapisan tulangan.
- b. Adanya pembebanan yang diterima oleh pelat mengakibatkan keretakan pada pelat uji. Pola retak yang terjadi pada pelat adalah pola retak lentur. Hal ini dapat dilihat dari arah retak yang vertikal terhadap sumbu memanjang pelat. Retak pada pelat dengan tulangan anyaman bambu lebih terlihat jelas dibandingkan dengan retak pada pelat dengan tulangan baja.

5.2 Saran

Hal-hal yang dapat disarankan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Perlu penelitian lebih lanjut tentang penggunaan bambu sebagai tulangan dengan skala yang lebih besar dengan pembebanan secara dua arah sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat.

- b. Karena panjang batang bambu yang lebih pendek daripada tulangan baja maka diperlukan pertimbangan mengenai cara penyambungan tulangan yang lebih efektif untuk menahan beban.
- c. Perlu ketelitian mengenai bagian batang bambu yang digunakan sebagai tulangan (pangkal/tengah/ujung dengan nodia/tanpa nodia) agar nilai kuat lentur yang diperoleh lebih akurat.
- d. Perlu adanya penelitian mengenai keawetan dan ketahanan penggunaan bambu sebagai pengganti tulangan dalam jangka panjang.
- e. Perlu diperhatikan perencanaan mix design yang sesuai dengan mutu beton yang disyaratkan untuk pekerjaan struktur pelat lantai.
- f. Perlu diperhatikan proses pemadatan campuran saat pencetakan pelat agar campuran beton menjadi padat dan tidak berongga.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifuddin dan Ibnu Khaldun. 1999. *Pemakaian Bambu Petung Sebagai Bahan Tulangan Untuk Beton Struktur Ringan*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
- Anandhita, G. 2017. *Anyaman Bambu Sebagai Tulangan Panel Beton Pracetak*. Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia 6 (2), Agustus 2017 hal 130-135. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Ardhiyansyah, Jhohan, dkk. 2014. *Penentuan Lendutan Pelat Beton Bertulang Bambu Dan Baja Dengan Metode Energi Dan Pengujian Di Laboratorium*. Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa Yahun 2014. Jember: Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Arianto. 2013. *Kajian Kuat Lentur Pelat Bertulang Biasa Dan Pelat Beton Bertulangan Kayu Dan Bambu Pada Tumpuan Sederhana*. Naskah Publikasi Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Budi, Agus Setiya, dkk. 2013. *Model Balok Beton Bertulangan Bambu Sebagai Pengganti Tulangan Baja (207s)*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7). Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Chelcea, Amalia. 2017. *Studi Perbandingan Pola Retak Pada Beton Normal dan Beton dengan Sambungan Model Takik Akibat Beban Siklik Lateral*. Skripsi Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
- Darma, Eko, dkk. 2017. *Evaluasi Penggunaan Bambu Sebagai Tulangan Pada Struktur Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jalan Raya*. CR Journal | Vol. 03 No. 01 Juni 2017. Bekasi: Universitas Islam 45.
- Daud, M Dkk. 2016. *Pemetaan Potensi Hasil Hutan Bukan Kayu Sebagai Bahan Bangunan Lokal di Provinsi Sulawesi Selatan*. (https://www.researchgate.net/profile/M_Daud2/publication/327424412_PEMETAAN_POTENSI_HASIL_HUTAN_BUKAN_KAYU_SEBAGAI

BAHAN_BANGUNAN_LOKAL_DI_PROVINSI_SULAWESI_SELATAN/links/5ba192bd92851ca9ed14b3a5/PEMETAAN-POTENSI-HASIL-HUTAN-BUKAN-KAYU-SEBAGAI-BAHAN-BANGUNAN-LOKAL-DI-PROVINSI-SULAWESI-SELATAN.pdf?origin=publication_detail).
Diakses tgl 7 Maret 2019

- Eratodi, I Gusti Lanang Bagus. 2017. *Struktur Dan Rekayasa Bambu*. Bali: Universitas Pendidikan Nasional Denpasar Bali.
- Fahrina, Ria dan Indra Gunawan. 2014. *Pemanfaatan Bambu Betung Bangka Sebagai Pengganti Tulangan Balok Beton Bertulangan Bambu*. Jurnal Fropil Vol 2 Nomor 1. Januari-Juni 2014. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.
- Fakultas Teknik Sipil Unhas. *Pedoman Praktikum Penuntun Laboratorium Struktur dan Bahan Makassar*. Laboratorium Struktur dan Material Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
- Frick, Heinz. 2004. *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu*. Semarang: SOEGIJAPRANATA UNIVERSITY PRESS.
- Gustav Anandhita. 2017. *Anyaman Bambu Sebagai Tulangan Panel Beton Pracetak*. Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia 6 (2), Agustus 2017. Institut Teknologi Bandung.
- Handoko, EB, dkk. 2015. Peningkatan Durabilitas Bambu sebagai Komponen Konstruksi Melalui Desain Bangunan dan Preservasi Material. Parahyangan: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan.
- Hantara, Hana, dkk. 2014. KAPASITAS LENTUR PLAT BETON BERTULANG BAMBU PETUNG POLOS. e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL Vol. 2 No. 1 Maret 2014 Hal. 16 – 23 ISSN 2354-8630. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Hidayat, Asep Kurnia dan Yusef Ramdani. 2017. *Analisis Efektivitas Beton Bertulang Bambu Dengan Strand Bamboo Woven (SBW) Pada Bangunan*

Air. Jurnal Siliwangi Vol.3. No.2, 2017 Seri Sains dan Teknologi ISSN 2477-3891. Siliwangi: Universitas Siliwangi.

Hidayat, M.Taufik. 2011. *Pengaruh Variasi Ukuran Tulangan Bambu Terhadap Kuat Lentur Panel Lapis Sirip Bambu Dengan Takikan Pada Permukaan Panel*. JURNAL REKAYASA SIPIL / Volume 5, No.1 – 2011 ISSN 1978 – 5658. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.

Jahuranto, Maria Veronika. 2017. *Uji Tarik Dan Pengaruh Variasi Pola Pilinan Bambu Terhadap Kuat Lekat Balok Beton*. Skripsi Universitas Brawijaya Fakultas Teknik Malang.

Judawisastra, Hermawan, dkk. 2016. *Karakteristik Sifat Tarik Serat Bambu Petung (Dendrocalamus asper)*. Institut Teknologi Bandung. (<https://www.researchgate.net/publication/321938900>). Diakses tanggal 7 Maret 2019.

Juwanto, dkk. 2014. *Kajian Kapasitas Lentur Plat Beton Bertulangan Bambu Wulung Polos (Alternatif Pengganti Tulangan Baja Pada Plat Lantai)*. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil Vol. 2 No. 2/ Juli 2014. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Morisco, 1999, *Rekayasa Bambu*, Nafiri Offset, Yogyakarta.

Morisco. 2006. *Pemberdayaan Bambu Untuk Kesejahteraan Rakyat dan Kelestarian Lingkungan dalam Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Universitas Gadjah Mada*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Mulyati dan Arman A. 2018. *Kekuatan Balok Beton Bertulang Bambu dengan Beberapa Perlakuan pada Tulangan*. Jurnal Momentum Vol. 20 No. 1 Februari 2018 ISSN : 1693-752X. Padang: Institut Teknologi Padang.

Mustafa, Sidik. 2012. *Karakteristik Sifat Fisika Dan Mekanika Bambu Petung Pada Bambu Muda, Dewasa Dan Tua (Studi Kasus: Bagian Pangkal)*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada.

- Nurmayadi, Dicky, dan Moh. Syarif Al-Huseiny. 2018. *Pemanfaatan Material Bambu Sebagai Alternatif Pengganti Besi Pada Konstruksi Beton Bertulang*. Jurnal Technoper Vol. 2 ISSN 2579-356X. Tasikmalaya: Universitas Perjuangan.
- Oka, Gusti Made. 2005. *Cara Penentuan Kelas Kuat Acuan Bambu Petung*. Jurnal “MEKTEK” Tahun VI No. 18 Januari 2005. Universitas Tadulako Palu.
- Oktavianto, Arizka Fadhil dkk. 2015. *Kuat Lekat Tulangan Polos Bambu (Ori, Petung, Wulung)*. e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL/September 2015. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Pathurahman, Jauhar Fajrin dan Dwi Anggraini Kusuma. 2003. *Aplikasi Bambu Pilitan Sebagai Tulangan Balok Beton*. Civil Engineering Dimension, Vol. 5, No. 1, 39–44, March 2003 ISSN 1410-9530. Mataram: Universitas Mataram.
- Putra, Dharma dkk. 2007. *Kapasitas Lentur Plat Beton Bertulangan Bambu*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.11, No.1, Januari 2007. Universitas Udayana Denpasar.
- Putriariani, Rizki. 2009. *Pengaruh Isian Mortar Terhadap Kuat Lentur Bambu*. Skripsi Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.
- Rini, Dwi Sukma. 2018. *Sifat Fisika Bambu Petung (Dendrocalamus Asper (Schult. F.) Backer Ex Heyne) Dari Khdtk (Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus) Senaru Berdasarkan Posisi Aksial*. Jurnal Belantara [JBL] Vol. 1, No. 2, Agustus 2018 (101-106) E-ISSN 2614-3453. Universitas Mataram.
- Riyadi, Muhtaram, dan Amalia. 2005. *Diktat Teknologi Bahan I*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- Rosario, Domingos dkk. 2017. *Pengaruh Penggunaan Tulangan Bambu Pada Struktur Pelat Atap/Lantai Dengan Mutu Beton $f_c' = 25,5$ Mpa*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang. (<https://publikasi.unitri.ac.id/index.php/teknik/article/viewFile/862/670>). Diakses tanggal 7 Maret 2019.

Setiawan, Agus. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Erlangga.

Sujatmiko, Ahmad Fitri, dkk. 2016. Pengaruh Penambahan Tulangan Bambu Terhadap Kuat Lentur Panel Semen Eceng Gondok. *Media Teknik Sipil* Volume 14 Nomor1, Februari 2016 Hal 8-14 ISSN 1693-3095. Universitas Muhammadiyah Malang.

Yoresta, Fengky S. 2013. *Sifat Mekanis Bambu Betung (Dendrocalamus Asper)*. *Jurnal Hutan Tropis* Volume 1 No. 3, Edisi November 2013. Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB

ASTM C33-03 *Standard Specification for Concrete Aggregates*.

SNI 03-2834-2000 “*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*”.

SNI 07-2052-2002 “*Baja Tulangan Beton*”

SNI 15-2049-2004 “*Semen Portland*”

SNI 1969:2008 “*Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*”

SNI 1970:2008 “*Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*”

SNI 1972:2008 “*Cara Uji Slump Beton*”.

SNI 2847:2013 “*Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*”

LAMPIRAN



Lampiran 1

Perhitungan Kebutuhan Bahan Pengawet Bambu

Larutan pengawet yang digunakan adalah kombinasi larutan boraks + 60% asam borat dengan perbandingan volume boraks : asam borat adalah 1 : 0,6. Artinya, jika jumlah larutan boraks yang digunakan adalah 1 liter maka jumlah asam borat yang digunakan adalah 0,6 liter larutan.

Konsentrasi larutan yang digunakan adalah 0,05 M boraks dalam 1 liter akuades dan 0,05 M asam borat dalam 1 liter akuades. Berat (gram) dari serbuk boraks dan asam borat diperoleh dari perhitungan sebagai berikut.

$$M = \frac{n}{\text{volume}}$$

$$0,05 \text{ M} = \frac{n}{1 \text{ Liter}}$$

$$n = 0,05$$

Boraks,

$$n = \frac{\text{berat}}{M_r}$$

$$0,05 = \frac{n}{381,37}$$

$$\text{berat} = 19,06 \text{ gram}$$

Asam Borat,

$$n = \frac{\text{berat}}{M_r}$$

$$0,05 = \frac{n}{381,37}$$

$$\text{berat} = 3,09 \text{ gram}$$

Maka, berat boraks dalam 1 liter akuades adalah **19,06 gram** dan berat asam borat dalam 1 liter akuades adalah **3,09 gram**. Untuk merendam bambu, dibutuhkan sekitar 160 liter larutan, maka jumlah larutan boraks adalah 100 liter dan jumlah larutan asam borat adalah 60 liter. Sehingga, dibutuhkan,

$$\begin{aligned} \text{Boraks} &= \text{volume larutan} \times \text{berat per 1 larutan} \\ &= 100 \text{ liter} \times 19,06 \text{ gram} \\ &= \mathbf{1906 \text{ gram}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asam borat} &= \text{volume larutan} \times \text{berat per 1 larutan} \\ &= 60 \text{ liter} \times 3,09 \text{ gram} \\ &= \mathbf{185,4 \text{ gram}} \end{aligned}$$



Lampiran 2

Data Pengujian Karakteristik Material Campuran Beton

Tabel 6.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

| No. | Karakteristik Agregat Halus | Interval Spesifikasi | Hasil Pengamatan | Keterangan |
|-----|-----------------------------|----------------------|------------------|------------|
| 1 | Berat Volume | | | |
| | a. Kondisi Lepas | 1,6 - 1,9 kg/ltr | 1,62 | Memenuhi |
| | b. Kondisi Padat | 1,6 - 1,9 kg/ltr | 1,60 | Memenuhi |
| 2 | Modulus Kekasaran | 5,50 – 8,50 | 6,72 | Memenuhi |
| 3 | Berat Jenis | | | |
| | a. BJ Curah | 1,6 – 3,3 | 2,35 | Memenuhi |
| | b. BJ Kering Permukaan | 1,6 – 3,3 | 2,39 | Memenuhi |
| | c. BJ. Semu | 1,6 – 3,3 | 2,45 | Memenuhi |
| 4 | Penyerapan | 0,20% – 4,00% | 1,75% | Memenuhi |
| 5 | Kadar Air | 0,5% - 2,0% | 1,25% | Memenuhi |
| 6 | Kadar Lumpur | Maksimal 1% | 0,5% | Memenuhi |

(Sumber : Adelisa, 2017)

Tabel 6.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

| No. | Karakteristik Agregat Halus | Interval Spesifikasi | Hasil Pengamatan | Keterangan |
|-----|-----------------------------|----------------------|------------------|------------|
| 1 | Berat Volume | | | |
| | a. Kondisi Lepas | 1,4 - 1,9 kg/ltr | 1,6 | Memenuhi |
| | b. Kondisi Padat | 1,4 - 1,9 kg/ltr | 1,4 | Memenuhi |
| 2 | Modulus Kekasaran | 2,20 – 3,10 | 2,70 | Memenuhi |
| 3 | Berat Jenis | | | |
| | a. BJ Curah | 1,6 – 3,3 | 2,00 | Memenuhi |
| | b. BJ Kering Permukaan | 1,6 – 3,3 | 2,63 | Memenuhi |
| | c. BJ. Semu | 1,6 – 3,3 | 2,08 | Memenuhi |
| 4 | Penyerapan | 0,20% – 2,00% | 2% | Memenuhi |
| 5 | Kadar Air | 2% - 5% | 4,5% | Memenuhi |
| 6 | Kadar Lumpur | Maksimal 5% | 4,08% | Memenuhi |

(Sumber : Adelisa, 2017)



Lampiran 3

Penggabungan Agregat Kasar dan Agregat Halus

Cara Analitis

Rumus :

$$Y \text{ izin} = [a\% \text{ Pasir} \cdot Y_a] + [b\% \text{ Kerikil} \cdot Y_b]$$

Penentuan nilai a dan b

$$Y = \frac{a}{100} \cdot Y_a + \frac{b}{100} \cdot Y_b$$

$$a + b = 100$$

$$b = 100 - a$$

$$= a(Y_a - Y_b) + 100 \cdot Y_b$$

$$100(Y - Y_b) = a - (Y_a - Y_b)$$

$$a = \frac{(Y - Y_b)}{(Y_a - Y_b)} \times 100\%$$

Dimana:

Y = Persentase kumulatif agregat gabungan lolos pada masing-masing saringan

Y_a = Persentase kumulatif pasir yang lolos pada masing-masing saringan

Y_b = Persentase kumulatif kerikil yang lolos pada masing-masing saringan

a = Persentase pasir untuk penggabungan agregat

b = Persentase kerikil untuk penggabungan agregat

- **Pehitungan untuk # 1 1/2 in (37.5)**

$$\begin{aligned} a_1 &= [(Y_{\text{izin}}(1) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\% \\ &= [(100 - 100) / (100 - 100)] \times 100\% \\ &= \sim \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_2 &= [(Y_{\text{izin}}(2) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\% \\ &= [(100 - 100) / (100 - 100)] \times 100\% \\ &= \sim \end{aligned}$$

- **Pehitungan untuk # 3/4 in (19.0)**

$$\begin{aligned} a_1 &= [(Y_{\text{izin}}(1) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\% \\ &= [(100 - 98.74) / (100 - 98.74)] \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_2 &= [(Y_{\text{izin}}(2) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\% \\ &= [(100 - 98.74) / (100 - 98.74)] \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$



- **Phitungan untuk #3/g in (9.50)**
a1 = $[(Y_{izin} (1) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\%$
= $[(45 - 26.59) / (100 - 26.59)] \times 100\%$
= 25%
a2 = $[(Y_{izin} (2) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\%$
= $[(75 - 26.59) / (100 - 26.59)] \times 100\%$
= 65.9%
- **Phitungan untuk #4 in (4.75)**
a1 = $[(Y_{izin} (1) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\%$
= $[(30 - 2.54) / (100 - 2.54)] \times 100\%$
= 28.17%
a2 = $[(Y_{izin} (2) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\%$
= $[(48 - 2.54) / (100 - 2.54)] \times 100\%$
= 46.6%
- **Phitungan untuk #8 in (2.36)**
a1 = $[(Y_{izin} (1) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\%$
= $[(23 - 0) / (100 - 0)] \times 100\%$
= 23%
a2 = $[(Y_{izin} (2) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\%$
= $[(42 - 0) / (100 - 0)] \times 100\%$
= 42%
- **Phitungan untuk #16 in (1.20)**
a1 = $[(Y_{izin} (1) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\%$
= $[(16 - 0) / (95.79 - 0)] \times 100\%$
= 16.7%
a2 = $[(Y_{izin} (2) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\%$
= $[(34 - 0) / (95.79 - 0)] \times 100\%$
= 35.49%
- **Phitungan untuk #30 in (0.60)**
a1 = $[(Y_{izin} (1) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\%$
= $[(9 - 0) / (76.89 - 0)] \times 100\%$
= 11.7%
a2 = $[(Y_{izin} (2) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\%$
= $[(27 - 0) / (76.89 - 0)] \times 100\%$
= 35.11%
- **Phitungan untuk #50 in (0.30)**
a1 = $[(Y_{izin} (1) - Y_b) / (Y_a - Y_b)] \times 100\%$



**LABORATORIUM BAHAN, KONSTRUKSI & STRUKTUR BANGUNAN
DEPARTEMEN ARSITEKTUR**

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN

Kampus Teknik Gowa Jl. Poros Malino K.M. 6 ☎ Fax.0411 – 586015

Gowa 92172, Sulawesi Selatan

$$= [(2 - 0) / (41.09 - 0)] \times 100\%$$

$$= 4.86\%$$

$$a2 = [(Yizin (2) - Yb) / (Ya - Yb)] \times 100\%$$

$$= [(12 - 0) / (41.09 - 0)] \times 100\%$$

$$= 29.2\%$$

- **Pehitungan untuk #100 in (0.15)**

$$a1 = [(Yizin (1) - Yb) / (Ya - Yb)] \times 100\%$$

$$= [(0 - 0) / (12.69 - 0)] \times 100\%$$

$$= 0\%$$

$$a2 = [(Yizin (2) - Yb) / (Ya - Yb)] \times 100\%$$

$$= [(4 - 0) / (12.69 - 0)] \times 100\%$$

$$= 31.52\%$$

- **Pehitungan untuk #200 in (0.075)**

$$a1 = [(Yizin (1) - Yb) / (Ya - Yb)] \times 100\%$$

$$= [(0 - 0) / (2.69 - 0)] \times 100\%$$

$$= 0\%$$

$$a2 = [(Yizin (2) - Yb) / (Ya - Yb)] \times 100\%$$

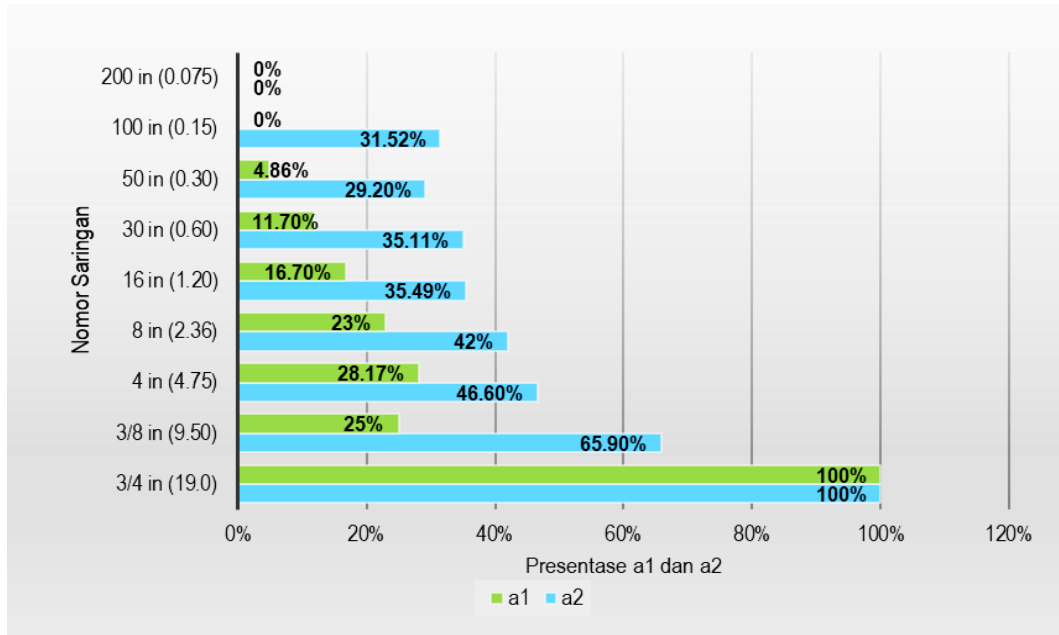
$$= [(0 - 0) / (2.69 - 0)] \times 100\%$$

$$= 0\%$$

Tabel 6.3 Hasil Perhitungan Gabungan Agregat

| Nomor Saringan | Y izin (1) | Y izin (2) | Ya | Yb | a1 | a2 |
|-----------------|------------|------------|-------|-------|--------|--------|
| 1 1/2 in (37.5) | 100 | 100 | 100 | 100 | ~ | ~ |
| 3/4 in (19.0) | 100 | 100 | 100 | 98.74 | 100% | 100% |
| 3/8 in (9.50) | 45 | 75 | 100 | 26.59 | 25% | 65.9% |
| 4 in (4.75) | 30 | 48 | 100 | 2.54 | 28.17% | 46.6% |
| 8 in (2.36) | 23 | 42 | 100 | 0 | 23% | 42% |
| 16 in (1.20) | 16 | 34 | 95.79 | 0 | 16.7% | 35.49% |
| 30 in (0.60) | 9 | 27 | 76.89 | 0 | 11.7% | 35.11% |
| 50 in (0.30) | 2 | 12 | 41.09 | 0 | 4.86% | 29.2% |
| 100 in (0.15) | 0 | 4 | 12.69 | 0 | 0% | 31.52% |
| 200 in (0.075) | 0 | 0 | 2.69 | 0 | 0% | 0% |

(Sumber : Adalisa, 2017)



Gambar 6.1 Grafik Perhitungan Agregat Gabungan

(Sumber : Adalisa, 2017)

Berdasarkan grafik tersebut, diperoleh :

$$a_{kr} = 28.17\%$$

$$a_{kn} = 29.20\%$$

Maka nilai a diambil dari rata-rata

$$a = \frac{a_{kr} + a_{kn}}{2}$$

$$= 29.20 + 28.17$$

$$= 28.68\%$$

$$b = 100\% - a$$

$$= 100\% - 28.68\%$$

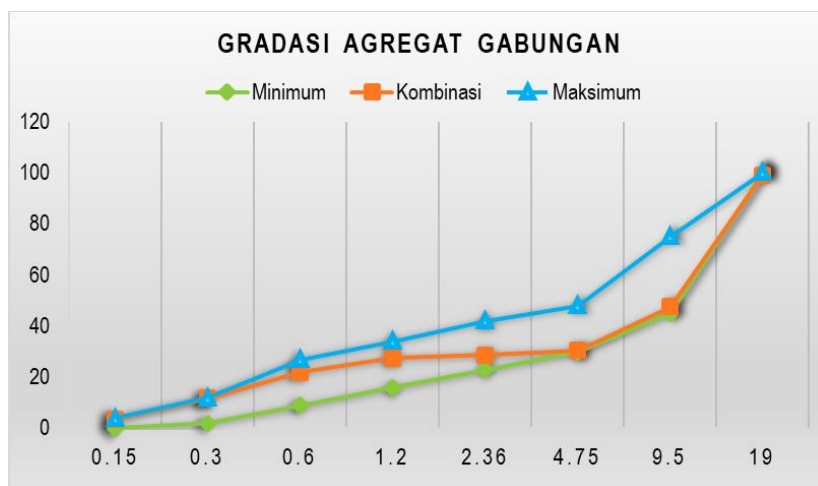
$$= 71.32\%$$



Tabel 6.4 Rekapitulasi Hasil Gabungan Agregat

| Nomor Saringan | Lolos Pasir | Lolos Kerikil | Pasir 28.68% | Kerikil 71.32% | Kombinasi | Batas Gradasi | Keterangan |
|-----------------|-------------|---------------|--------------|----------------|-----------|---------------|------------|
| 1 1/2 in (37.5) | 100 | 100 | 28.68 | 71.32 | 100 | | Memenuhi |
| 3/4 in (19.0) | 100 | 98.74 | 28.68 | 70.42 | 99.1 | 100 | Memenuhi |
| 3/8 in (9.50) | 100 | 26.59 | 28.68 | 18.96 | 47.64 | 45-75 | Memenuhi |
| 4 in (4.75) | 100 | 2.54 | 28.68 | 1.9 | 30.58 | 30-48 | Memenuhi |
| 8 in (2.36) | 100 | 0 | 28.68 | 0 | 28.68 | 23-42 | Memenuhi |
| 16 in (1.20) | 95.79 | 0 | 27.47 | 0 | 27.47 | 16-34 | Memenuhi |
| 30 in (0.60) | 76.89 | 0 | 22.05 | 0 | 22.05 | 9-27 | Memenuhi |
| 50 in (0.30) | 41.09 | 0 | 11.78 | 0 | 11.78 | 2-12 | Memenuhi |
| 100 in (0.15) | 12.69 | 0 | 3.63 | 0 | 3.63 | 0-4 | Memenuhi |
| 200 in (0.075) | 2.69 | 0 | 0.7 | 0 | 0.7 | | Memenuhi |

(Sumber : Adelisa, 2017)



Gambar 6.2 Grafik Gradasi Agregat Gabungan

(Sumber : Adelisa, 2017)



Lampiran 4

Perencanaan *Mix Design*

Metode yang digunakan untuk perencanaan *Mix Design* penelitian ini adalah *Development of Environment Method (DoE)*.

Tabel 6.5 Data Perhitungan Rencana *Mix Design*

| No. | Uraian | Nilai |
|-----|---|---------------------------|
| 1. | Kuat tekan f'_c | 25 MPa |
| 2. | Slump | 10 cm |
| 3. | Modulus kehalusan pasir | 2,7 |
| 4. | Ukuran maksimum agregat | 20 mm |
| 5. | Berat jenis spesifik SSD pasir | 2,63 |
| 6. | Berat jenis spesifik SSD kerikil | 2,39 |
| 7. | Kadar air pasir | 4,50% |
| 8. | Absorpsi pasir | 2,00% |
| 9. | Kadar air kerikil | 1,25% |
| 10. | Absorpsi kerikil | 1,75% |
| 11. | Presentase gabungan terbaik : <ul style="list-style-type: none">• Pasir• Kerikil | 28,68% 71,32% |
| 12. | Berat volume kering lepas kerikil | 1620,00 kg/m ³ |
| 13. | Volume silinder | 0,0016 m ³ |
| 14. | Volume pelat | 0,018 m ³ |



Development Of Environment Method

- 1) Menetapkan Kuat Tekan Beton

$$\text{Kuat tekan } f'c = 25 \text{ MPa}$$

- 2) Menentukan Deviasi Standar

Deviasi standar diketahui dari besarnya jumlah (volume) campuran beton yang akan dibuat. Berdasarkan nilai kuat tekan yang disyaratkan yaitu 25 MPa atau 295 kg/cm² (silinder), maka :

$$\begin{aligned} \text{Deviasi Standar (Sr)} &= 60 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 5.08 \text{ MPa} > 4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 3) Menghitung Nilai Tambah (Margin)

$$\begin{aligned} M &= K \times Sr \\ &= 2.64 \times 5.08 \\ &= 13.40 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$K = 1.64 \text{ jika } Sr < 4 \text{ MPa}$$

$$K = 2.64 \text{ jika } Sr > 4 \text{ MPa}$$

$$Sr = \text{Standar Deviasi}$$

- 4) Menghitung Kuat Tekan Rata-rata

$$\begin{aligned} f'cr &= f'c + M \\ &= 25 + 13.40 \text{ MPa} \\ &= 38.40 \text{ MPa} \\ &= 453.88 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

$$f'cr = \text{Kuat Tekan Rata-rata}$$

$$f'c = \text{Kuat Tekan yang disyaratkan}$$



5) Menetapkan Tipe Semen

Jenis Semen yang digunakan adalah Type I

6) Menetapkan Tipe Agregat

- Agregat Kasar = Batu Pecah
- Agregat Halus = Pasir

7) Menetapkan Faktor Air Semen

Besar faktor air semen (fas) diambil dari harga terkecil factor air semen yang diperoleh dari :

- Berdasarkan kuat tekan rata-rata (f'_{cr}) = 0.50
- Fas max ditentukan = 0.55

8) Menetapkan Nilai Slump

Slump yang ditentukan adalah 75 – 150 mm = 12 cm

Tabel 6.6 Nilai Slump untuk Pekerjaan Struktur Bangunan

| Pemakaian Beton | Slump (cm) | |
|--|------------|---------|
| | Maksimum | Minimum |
| Dinding, Pelat Pondasi dan Pondasi Telapak Bertulang | 12.5 | 5.0 |
| Pondasi Telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur bawah tanah | 9.0 | 2.5 |
| Pelat, Balok, Kolom, dan Dinding | 15.0 | 7.5 |
| Perkerasan Jalan | 7.5 | 5.0 |
| Pembetonan Massal | 7.5 | 2.5 |

(Sumber : Adalisa, 2017)

9) Menetapkan Kadar Air Bebas

Berdasarkan nilai slump 75 – 150 mm dan maksimum agregat 20 mm, maka diperoleh :



LABORATORIUM BAHAN, KONSTRUKSI & STRUKTUR BANGUNAN
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN

Kampus Teknik Gowa Jl. Poros Malino K.M. 6 ☎ Fax.0411 – 586015

Gowa 92172, Sulawesi Selatan

Tabel 6.7 Perkiraan Kebutuhan Air Per m³ Beton

| Slump (mm) | | 0-10 | 10-30 | 30-60 | 60-180 |
|-------------------------------------|---------------------|------|-------|-------|--------|
| Ukuran besar butir agregat maksimum | Jenis agregat | --- | --- | --- | --- |
| 10 | Batu tak dipecahkan | 150 | 180 | 205 | 225 |
| | Batu pecah | 180 | 205 | 230 | 250 |
| 20 | Batu tak dipecahkan | 135 | 160 | 180 | 195 |
| | Batu pecah | 170 | 190 | 210 | 225 |
| 40 | Batu tak dipecahkan | 115 | 140 | 160 | 175 |
| | Batu pecah | 155 | 175 | 190 | 205 |

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

$$\text{Kadar Air Bebas Alami (Wf)} = 195 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kadar Air Bebas Batu Pecah (Wc)} = 225 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, kadar air bebas} &= (2/3 \times Wf) + (1/3 \times Wc) \\ &= (2/3 \times 195) + (1/3 \times 225) \\ &= 205 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

10) Menetapkan Kadar Semen

$$\begin{aligned} \text{Kadar Semen} &= \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{faktor air semen}} = \frac{205}{0,55} \\ &= 372,7 \text{ kg/m}^3 \text{ beton} \end{aligned}$$

11) Menentukan Berat Jenis Gabungan Agregat

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Gabungan} &= (a\% \times B_j \text{ Pasir}) + (b\% \times B_j \text{ Kerikil}) \\ &= (0.2868 \times 2.63) + (0.7132 \times 2.39) \\ &= 0.754 + 1.704 \\ &= 2.458 \end{aligned}$$

12) Menentukan Volume Agregat Total

$$\begin{aligned} \text{Volume Semen} &= \frac{\text{Jumlah semen}}{B_j \text{ semen}} = \frac{372,7}{3,15} \\ &= 118,31 \text{ liter} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Volume Air} &= \frac{\text{Jumlah air}}{\text{Bj air}} = \frac{205}{1,00} \\ &= 205 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Udara} &= 4\% \times 1000 \text{ liter (asumsi kadar air udara 4\%)} \\ &= 40 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Agregat} &= 1000 - V. \text{ Semen} - V. \text{ Air} - V. \text{ Udara} \\ &= 1000 - 118,31 - 205 - 40 \\ &= 636,69 \text{ liter} \end{aligned}$$

13) Berat Masing – Masing Agregat

$$\begin{aligned} \text{Volume Pasir} &= 28,68\% \times 636,69 \text{ liter} \\ &= 182,60 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Kerikil} &= 71,32\% \times 636,69 \text{ liter} \\ &= 454,09 \text{ liter} \end{aligned}$$

Tabel 6.8 Mix Design SSD Karakteristik Per m³

| Material | Volume (Liter) | Density (Kg/Liter) | Berat (Kg) |
|----------|----------------|--------------------|------------|
| Air | 205 | 1.000 | 205 |
| Semen | 118,31 | 3.150 | 372,7 |
| Udara | 40 | 0 | 0 |
| Pasir | 182,60 | 2.630 | 480,23 |
| Kerikil | 454,09 | 2.390 | 1085,27 |
| Jumlah | 1000,00 | | 2143,00 |

14) Hasil Mix Design SSD Karakteristik

- Air (W_a) = 205 kg/m³
- Semen (W_s) = 372,7 kg/m³
- Pasir (B_{SSDP}) = 480,23 kg/m³
- Kerikil (B_{SSDK}) = 1085,27 kgm³



15) Koreksi Campuran Beton untuk Pelaksanaan (Koreksi secara eksak)

$$\begin{aligned} \text{Berat Lapangan Pasir (BLP)} &= \frac{B_{SSDP}}{(1 + R_p) \times (1 - W_p)} \\ &= \frac{480,23}{(1 + 0,02000) \times (1 - 0,0450)} \end{aligned}$$

$$= 493 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Lapangan Kerikil (BLK)} &= \frac{B_{SSDK}}{(1 + R_k) \times (1 - W_k)} \\ &= \frac{1085,27}{(1 + 0,0175) \times (1 - 0,0125)} \end{aligned}$$

$$= 1081 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

16) Hasil Perhitungan *Mix Design* (Kebutuhan Material)

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh berat material per m³ beton sebagai berikut.

Tabel 6.9 Berat Material Per m³ Beton

| Material | Berat (Kg) | Rasio Terhadap Jumlah Semen |
|----------|------------|-----------------------------|
| Air | 205 | 0,55 |
| Semen | 372,7 | 1,00 |
| Pasir | 493 | 1,32 |
| Kerikil | 1081 | 2,90 |

17) Volume Benda Uji

- Silinder Ø 10 cm, tinggi 20 cm

$$\begin{aligned} \text{Volume Silinder} &= 3,14 \times (0,05)^2 \times 0,2 \\ &= 0,0016 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Silinder} = 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Volume} &= 2 \times 0,0016 \text{ m}^3 \\ &= 0,0032 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



- Pelat Uji 60 cm x 25 cm x 12 cm
Volume Pelat Uji = $0,6 \times 0,25 \times 0,12$
= $0,018 \text{ m}^3$
Volume 3 Pelat Uji = $3 \times 0,018$
= $0,054 \text{ m}^3$
Jumlah Total Pelat = 21 buah
Total Volume Pelat = $21 \times 0,018 \text{ m}^3$
= $0,378 \text{ m}^3$
- Volume Benda Uji = Total volume pelat + volume silinder
= $0,0032 + 0,378$
= $0,3812 \text{ m}^3$

18) Faktor Kehilangan (FK)

Volume benda uji ditambah dengan faktor kehilangan sebesar 20%, maka nilai FK = $100 \% + 20 \% = 120\%$. Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Volume 3 Pelat Uji} &= 120\% \times 0,054 \text{ m}^3 \\ &= 0,0648 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Total Benda Uji} &= 120\% \times 0,3812 \text{ m}^3 \\ &= 0,4574 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

19) Hasil Perhitungan *Mix Design* (Kebutuhan Material)

Berdasarkan data di atas, maka jumlah kebutuhan material beton yang digunakan dapat dihitung sebagai berikut.

Tabel 6.10 Jumlah Kebutuhan Material Beton

| Material | Berat/Volume (Kg / m ³) | Kebutuhan 3 Pelat Uji | | Total Kebutuhan | |
|----------|--|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| | | Volume (m ³) | Berat (Kg) | Volume (m ³) | Berat (Kg) |
| Air | 205 | 0,0648 | 13,28 | 0,4574 | 93,77 |
| Semen | 372,7 | 0,0648 | 24,15 | 0,4574 | 170,47 |
| Pasir | 493 | 0,0648 | 31,95 | 0,4574 | 225,50 |
| Kerikil | 1081 | 0,0648 | 70,05 | 0,4574 | 494,45 |



Lampiran 5

Perhitungan Kuat Lentur Pelat Uji

Tabel 6.11 Data Hasil Pengujian Pelat Umur 28 Hari^{*)}

| Tipe Tulangan | Kode Sampel | Beban Maksimum (kN) | Berat Pelat (kg) | Jarak Tumpuan (m) |
|--------------------|-------------|---------------------|------------------|-------------------|
| Baja Ø10 | P1 | 71 | 43.78 | 0.45 |
| | P2 | 55 | 42.34 | 0.45 |
| | P3 | 55 | 41.66 | 0.45 |
| Rata - Rata | | 60.33 | 42.59 | |
| 1 Lapisan Tulangan | | | | |
| B1 | B11a | 35 | 37.62 | 0.45 |
| | B11b | 34 | 37.45 | 0.45 |
| | B11c | 34 | 35.71 | 0.45 |
| Rata - Rata | | 34.33 | 36.93 | |
| B2 | B21a | 45 | 38.59 | 0.45 |
| | B21b | 48 | 41.05 | 0.45 |
| | B21c | 40 | 39.72 | 0.45 |
| Rata - Rata | | 44.33 | 39.79 | |
| B3 | B31a | 40 | 38.78 | 0.45 |
| | B31b | 41 | 36.45 | 0.45 |
| | B31c | 40 | 37.09 | 0.45 |
| Rata -Rata | | 40.33 | 37.44 | |
| 2 Lapisan Tulangan | | | | |
| B1 | B12a | 50 | 36.17 | 0.45 |
| | B12b | 52 | 38.93 | 0.45 |
| | B12c | 58 | 38.70 | 0.45 |
| Rata - Rata | | 53.55 | 37.93 | |
| B2 | B22a | 50 | 36.87 | 0.45 |
| | B22b | 44 | 37.54 | 0.45 |
| | B22c | 45 | 38.00 | 0.45 |
| Rata – Rata | | 46.33 | 37.50 | |
| B3 | B32a | 45 | 36.79 | 0.45 |
| | B32b | 40 | 35.33 | 0.45 |
| | B32c | 40 | 36.04 | 0.45 |
| Rata -Rata | | 41.67 | 36.05 | |

^{*)} Data masih perlu diolah untuk menentukan nilai kuat lentur pelat



LABORATORIUM BAHAN, KONSTRUKSI & STRUKTUR BANGUNAN
DEPARTEMEN ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Kampus Teknik Gowa Jl. Poros Malino K.M. 6 ☎ Fax.0411 – 586015
 Gowa 92172, Sulawesi Selatan

Berdasarkan data tersebut, dilakukan perhitungan kuat lentur pelat dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Kuat lentur} = \frac{1}{4}PL + \frac{1}{8}qL^2$$

dengan : P = beban maksimum (kN)

L = jarak tumpuan (m)

q = beban merata (kN/m)

Tabel 6.12 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Lentur Pelat

| Tipe Tulangan | Jumlah Lapisan Tulangan | Kode Sampel | Dimensi Pelat Uji | | | Beban Maksimum (P) | Beban Maksimum Rata-Rata | Beban Pelat | Beban Merata (q) | Jarak Tumpuan (L) | Kuat Lentur | Rata-rata Kuat Lentur |
|---------------|-------------------------|-------------|-------------------|-------|-------|--------------------|--------------------------|-------------|------------------|-------------------|-------------|-----------------------|
| | | | p | b | h | | | | | | | |
| | | | m | m | m | P (kN) | (kN) | (kN) | (kN/m) | (m) | (kN.m) | (kN.m) |
| B1 | 1 | B11a | 0.600 | 0.254 | 0.122 | 35 | 34.33 | 0.369 | 0.614 | 0.45 | 3.95 | 3.88 |
| | | B11b | 0.600 | 0.256 | 0.126 | 34 | | 0.367 | 0.612 | 0.45 | 3.84 | |
| | | B11c | 0.602 | 0.254 | 0.120 | 34 | | 0.350 | 0.581 | 0.45 | 3.84 | |
| | 2 | B12a | 0.596 | 0.258 | 0.122 | 50 | 53.33 | 0.354 | 0.595 | 0.45 | 5.64 | 6.02 |
| | | B12b | 0.603 | 0.253 | 0.120 | 52 | | 0.382 | 0.633 | 0.45 | 5.87 | |
| | | B12c | 0.605 | 0.253 | 0.122 | 58 | | 0.379 | 0.627 | 0.45 | 6.54 | |



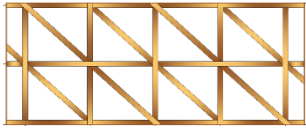


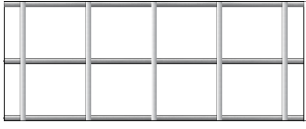
**LABORATORIUM BAHAN, KONSTRUKSI & STRUKTUR BANGUNAN
DEPARTEMEN ARSITEKTUR**

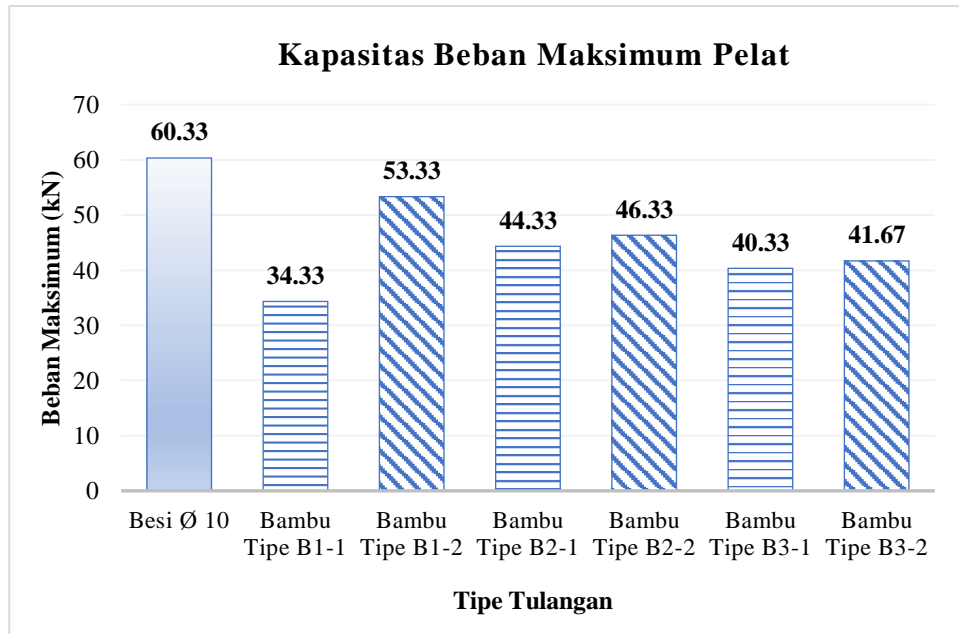
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Kampus Teknik Gowa Jl. Poros Malino K.M. 6 ☎ Fax.0411 – 586015
Gowa 92172, Sulawesi Selatan

| Tipe Tulangan | Jumlah Lapisan Tulangan | Kode Sampel | Dimensi Pelat Uji | | | Beban Maksimum (P) | Beban Maksimum Rata-Rata | Beban Pelat | Beban Merata (q) | Jarak Tumpuan (L) | Kuat Lentur | Rata-Rata Kuat Lentur |
|---------------|-------------------------|-------------|-------------------|----------|----------|--------------------|--------------------------|-------------|------------------|-------------------|-------------|-----------------------|
| | | | <i>p</i> | <i>b</i> | <i>h</i> | | | | | | | |
| | | | m | m | m | P (kN) | (kN) | (kN) | (kN/m) | (m) | (kN.m) | (kN.m) |
| B2 | 1 | B21a | 0.604 | 0.253 | 0.125 | 45 | 44.33 | 0.378 | 0.626 | 0.45 | 5.08 | 5.00 |
| | | B21b | 0.605 | 0.253 | 0.127 | 48 | | 0.402 | 0.665 | 0.45 | 5.42 | |
| | | B21c | 0.600 | 0.260 | 0.125 | 40 | | 0.389 | 0.649 | 0.45 | 4.52 | |
| | 2 | B22a | 0.600 | 0.245 | 0.125 | 50 | 46.33 | 0.362 | 0.604 | 0.45 | 5.64 | 5.23 |
| | | B22b | 0.600 | 0.250 | 0.120 | 44 | | 0.368 | 0.613 | 0.45 | 4.97 | |
| | | B22c | 0.603 | 0.255 | 0.120 | 45 | | 0.372 | 0.618 | 0.45 | 5.08 | |
| B3 | 1 | B31a | 0.600 | 0.258 | 0.120 | 40 | 40.33 | 0.380 | 0.633 | 0.45 | 4.52 | 4.55 |
| | | B31b | 0.600 | 0.250 | 0.120 | 41 | | 0.357 | 0.595 | 0.45 | 4.63 | |
| | | B31c | 0.605 | 0.255 | 0.125 | 40 | | 0.363 | 0.601 | 0.45 | 4.52 | |
| | 2 | B32a | 0.604 | 0.257 | 0.123 | 45 | 41.67 | 0.361 | 0.597 | 0.45 | 5.08 | 4.70 |
| | | B32b | 0.605 | 0.250 | 0.124 | 40 | | 0.346 | 0.572 | 0.45 | 4.51 | |
| | | B32c | 0.610 | 0.256 | 0.120 | 40 | | 0.353 | 0.579 | 0.45 | 4.51 | |
| Baja Ø10 | | P1 | 0.607 | 0.252 | 0.124 | 71 | 60.33 | 0.429 | 0.707 | 0.45 | 8.01 | 6.81 |
| | | P2 | 0.603 | 0.255 | 0.120 | 55 | | 0.415 | 0.688 | 0.45 | 6.20 | |
| | | P3 | 0.600 | 0.253 | 0.120 | 55 | | 0.408 | 0.680 | 0.45 | 6.20 | |

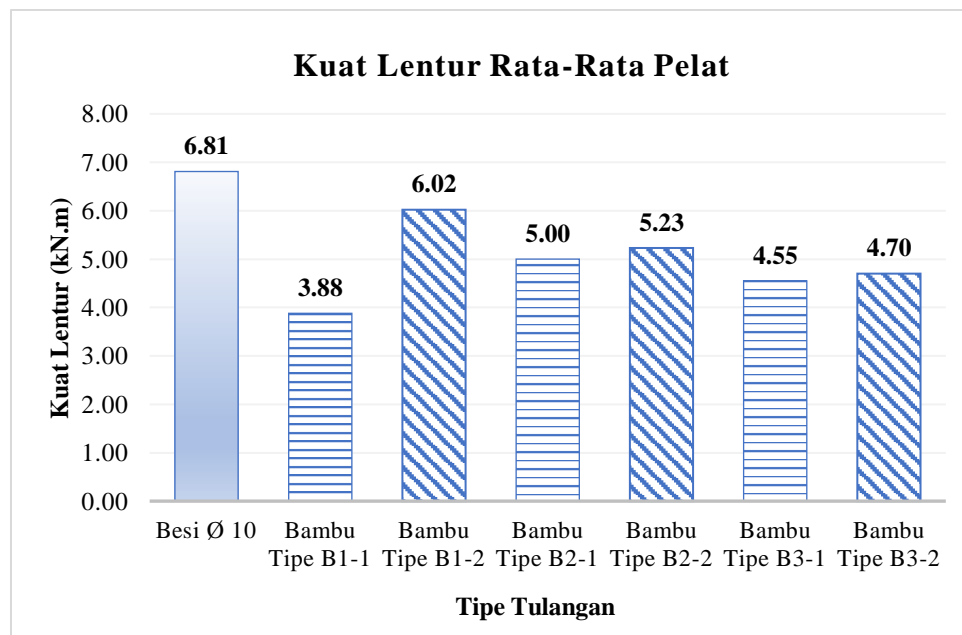


Tabel 6.13 Rekapitulasi Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Lentur Pelat

| Tipe Tulangan | Jumlah Lapisan Tulangan | Kode Sampel | Kuat Lentur (kN.m) | Kuat Lentur Rata-Rata (kN.m) |
|--|-------------------------|-------------|--------------------|------------------------------|
|  Tipe Anyaman B1 | 1 | B11a | 3.95 | 3.88 |
| | | B11b | 3.84 | |
| | | B11c | 3.84 | |
| | 2 | B12a | 5.64 | 6.02 |
| | | B12b | 5.87 | |
| | | B12c | 6.54 | |
|  Tipe Anyaman B2 | 1 | B21a | 5.08 | 5.00 |
| | | B21b | 5.42 | |
| | | B21c | 4.52 | |
| | 2 | B22a | 5.64 | 5.23 |
| | | B22b | 4.97 | |
| | | B22c | 5.08 | |
|  Tipe Anyaman B3 | 1 | B31a | 4.52 | 4.55 |
| | | B31b | 4.63 | |
| | | B31c | 4.52 | |
| | 2 | B32a | 5.08 | 4.70 |
| | | B32b | 4.51 | |
| | | B32c | 4.51 | |
|  Baja Ø10 | | P1 | 8.01 | 6.81 |
| | | P2 | 6.20 | |
| | | P3 | 6.20 | |







Gambar 6.3 Grafik Kapasitas Beban Maksimum Pelat










Gambar 6.4 Grafik Kuat Lentur Pelat Tulangan Bambu

















Tabel 6.14 Pola Retak Pelat

| Gambar Tulangan | Pola Retak Pelat Tulangan Baja Ø10 | | |
|---|---|--|---|
| | P1 | P2 | P3 |
|  Baja Ø10 |  |  |  |
| | Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur |

| Gambar Tulangan | Pola Retak Pelat Tipe Tulangan B1 | | |
|--|---|--|---|
| | 1 Lapisan Tulangan | | |
|  Tipe Anyaman B1 | B11a | B11b | B11c |
| |  |  |  |
| | Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur |
| | 2 Lapisan Tulangan | | |
| | B12a | B12b | B12c |
| |  |  |  |
| Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur | |



| Gambar Tulangan | Pola Retak Pelat Tipe Tulangan B2 | | |
|--|--|---|--|
| | 1 Lapisan Tulangan | | |
|  Tipe Anyaman B2 | B21a | B21b | B21c |
| |  |  |  |
| | Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur |
| | 2 Lapisan Tulangan | | |
| | B22a | B22b | B22c |
| |  |  |  |
| Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur | |

| Gambar Tulangan | Pola Retak Pelat Tipe Tulangan B3 | | |
|--|---|--|---|
| | 1 Lapisan Tulangan | | |
|  Tipe Anyaman B3 | B11a | B11b | B11c |
| |  |  |  |
| | Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur |
| | 2 Lapisan Tulangan | | |
| | B12a | B12b | B12c |
| |  |  |  |
| Retak Lentur | Retak Lentur | Retak Lentur | |



Lampiran 6

Dokumentasi Kegiatan Penelitian

1) Pembuatan Tulangan Anyaman Bambu

a. Pemilihan Batang Bambu



Gambar 6.5 Bambu Petung yang Digunakan

b. Pengeringan Bambu



Gambar 6.6 Bambu Dibelah Menjadi Beberapa Bagian Sebelum Dijemur



Gambar 6.7 Penjemuran Bambu di Bawah Sinar Matahari



c. Pengawetan Bambu



Gambar 6.8 Bambu Dibelah Menjadi Ukuran yang Lebih Kecil



Gambar 6.9 Bahan Pengawet Bambu (Boraks dan Asam Borit)



Gambar 6.10 Perendaman Bambu dengan Bahan Pengawet



Gambar 6.11 Proses Pengeringan Bambu Setelah Perendaman

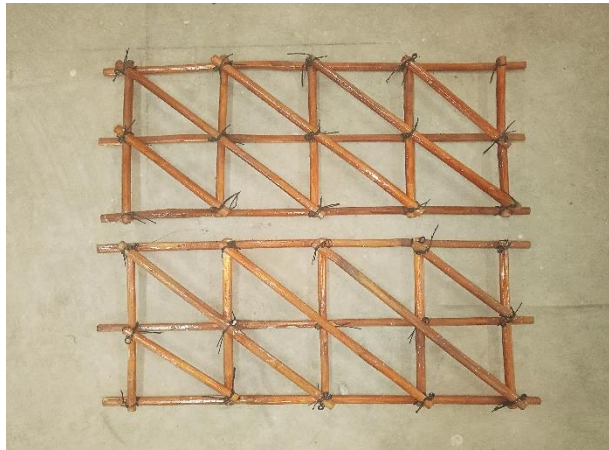
d. Perakitan Tulangan Anyaman Bambu



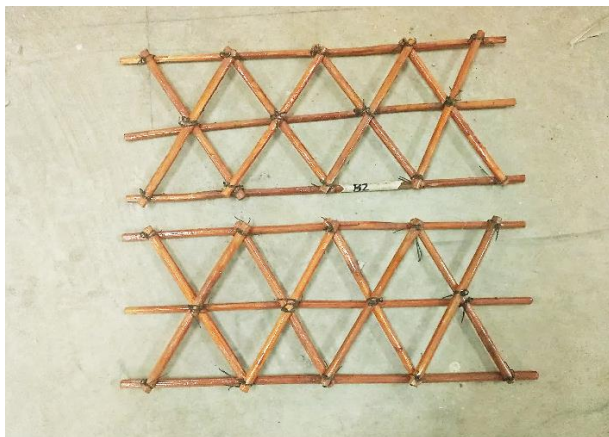
Gambar 6.12 Bilah Bambu yang Telah Diraut dan Dipotong



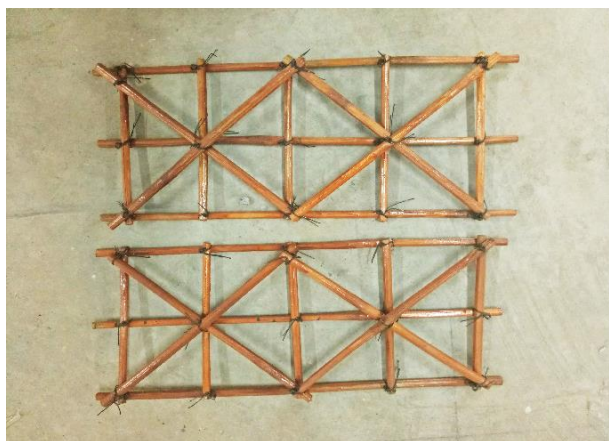
Gambar 6.13 Perakitan Tulangan Anyaman Bambu



(Tipe Tulangan B1)



(Tipe Tulangan B2)



(Tipe Tulangan B3)

Gambar 6.14 Tulangan Bambu yang Telah Dilapisi Cat Vernis



- 2) Pembuatan Campuran Beton
 - a. Persiapan Material Beton



Gambar 6.15 Proses Pencucian Material Beton



Gambar 6.16 Penimbangan Material Beton

- b. Pencampuran Material Beton



Gambar 6.17 Proses Pencampuran Material Beton



Gambar 6.18 Campuran Beton yang Siap Cetak

3) Pengujian Slump



Gambar 6.19 Pengujian Slump Campuran Beton



Gambar 6.20 Hasil Pengujian Slump Campuran Beton



4) Pencetakan Benda Uji



Gambar 6.21 Cetakan Pelat Uji



Gambar 6.22 Pencetakan Pelat Uji Tulangan Bambu



5) Perawatan Benda Uji (*Dry Curing*) 28 Hari



Gambar 6.23 Perawatan *Dry Curing* Pelat Uji Tulangan Bambu

6) Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton



Gambar 6.24 Penimbangan Berat Silinder Beton



(a)



(b)

Silinder Beton Sebelum Pengujian Silinder Beton Setelah Pengujian

Gambar 6.25 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

7) Pengujian Kuat Lentur Pelat



(a)



(b)

Pengukuran Volume Pelat

Penimbangan Berat Pelat Uji

Gambar 6.26 Proses Persiapan Sebelum Pengujian



Gambar 6.27 Set-Up Alat Pengujian Kuat Lentur menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)*



Gambar 6.28 Pengujian Kuat Lentur Pelat



Gambar 6.29 Kondisi Pelat Sebelum Pengujian



Gambar 6.30 Kondisi Pelat Setelah Pengujian



Gambar 6.31 Hasil Pengujian Kuat Lentur



LABORATORIUM BAHAN, KONSTRUKSI & STRUKTUR BANGUNAN
DEPARTEMEN ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Kampus Teknik Gowa Jl. Poros Malino K.M. 6 ☎ Fax.0411 – 586015
Gowa 92172, Sulawesi Selatan
