

**KEKUATAN TEKAN DAN BENDING KOMPOSIT SANDWICH
DENGAN INTI BETON SELULAR DIPERKUAT PIN BAMBU**

Tugas Akhir

Untuk memenuhi sebagai persyaratan
mencapai derajat Serjana S - 1 Jurusan Teknik Mesin



OLEH :

Muhammad Tri Prijaya

F1C 118 023

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MATARAM

2023

Tugas Akhir

**KEKUATAN TEKAN DAN BENDING KOMPOSIT SANDWICH
DENGAN INTI BETON SELULAR DIPERKUAT PIN BAMBU**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing :

1. Pembimbing Utama

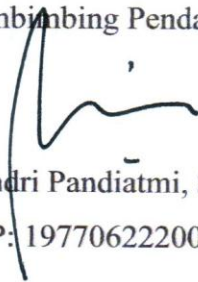


Agus Dwi Catur, S.T., M.T.

NIP: 197406022000031002

Tanggal: 13 Januari 2023

2. Pembimbing Pendamping



Pandri Pandiatmi, S.T., M.T.

NIP: 197706222006042003

Tanggal: 17 Januari 2023

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Mataram



Arif Mulyanto, S.T., M.T.

NIP: 197004051999031001

Tugas Akhir

**KUAT TEKAN DAN BENDING KOMPOSIT SANDWICH
DENGAN INTI BETON SELULAR DI PERKUAT PIN BAMBU**

Oleh:

Muhammad Tri Prijaya

F1C 118 023

Telah diperthankan didepan Dewan Penguji

pada tanggal 30 Januari 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat sarjana S-1

Jurusan Teknik Mesin

1. Penguji I



Dr-Ing. Salman, ST.,M.Sc.
NIP: 197310111999031002

2. Penguji II



Paryanto Dwi Setyawan, ST.,MT.
NIP: 197509082000031002

Mataram, Januari 2023
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Muhamad Syamsu Iqbal ST.,MT.,Ph.D.
NIP: 197202221999031002

SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Tri Prijaya

NIM : F1C118023

Program Studi : Teknik Mesin

Perguruan Tinggi : Universitas Mataram

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang telah saya buat dengan judul “Kuat Tekan Dan *Bending* Komposit *Sandwich* Dengan Inti Beton Selular Di Perkuat Pin Bambu” adalah asli (orisinil) atau tidak plagiat (menjiplak) dan belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dimanapun dan dalam bentuk apapun.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar – benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun juga. Apabila dikemudian hari ternyata saya memberikan keterangan palsu dan ada pihak lain yang mengklaim bahwa tugas akhir yang telah saya buat adalah hasil karya milik seseorang atau badan tertentu, saya bersedia diproses baik secara pidana maupun perdata dan kelulusan saya dari Universitas Mataram dicabut/dibatalkan.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 25 Januari 2023

Yang menyatakan

Muhammad Tri Prijaya

NIM : F1C 118 023

PRAKATA

Puji syukur Penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, dan karunia-NYA, sehingga Penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal tugas akhir ini. Tugas akhir ini berjudul “**Kekuatan Tekan dan *Bending* Komposit *Sandwich* Dengan Inti Beton Selular Diperkuat Pin Bambu ”**”

Format penulisan dari Tugas Akhir ini mengikuti pedoman TA yang ditetapkan di Fakultas Teknik yang nantinya Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan ilmu pengetahuan bagi pembacanya serta dapat di jadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun akan sangat diharapkan agar mendapat hasil yang lebih baik lagi. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Mataram, Januari 2023

Muhammad Tri Prijaya

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul “**Kekuatan Tekan dan *Bending* Komposit Sandwich Dengan Inti Beton Selular Diperkuat Pin Bambu**”.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan berkat bimbingan dan dukungan ilmiah maupun materil dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Arif Mulyanto, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram.
2. Bapak Agus Dwi Chatur, ST., MT. selaku dosen pembimbing utama Tugas Akhir atas segala bimbingan, arahan serta saran maupun pada proses penelitian yang diberikan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Ibu Pandri Pandiatmi, ST., MT. selaku dosen pembimbing pendamping Skripsi yang telah membantu penulis dalam mengikuti dan menyelesaikan proses pembuatan Tugas Akhir sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Ibu Ir. Emmy Dyah Sulistyowati, MT., Bapak Dr. Ing. Salman. ST., MT., & Bapak Paryanto Dwi Setyawan, ST., MT. selaku dosen pembahas yang telah memberikan penusil masukan dan kritikan serta saran dalam penyusunan Tugas Akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
5. Kedua orang tua penulis orang tua penulis yang sudah mensupport dan memberikan doa untuk penulis dalam proses pembuatan maupun penilitian Tugas Akhir penulis, dukungan maupun materi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
6. Seluruh staff pengajar Fakultas Teknik Universitas Mataram yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang berharga selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Mataram.
7. Sahabat penulis andri saputra dan basir abdat yang telah memberikan semangat serta masukan dan bantuan dalam pengerjaan Tugas Akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
8. Teman – teman angkatan 2018 sore yang telah menemani penulis dalam masa

studi sampai pada tahap penyusunan Tugas Akhir ini banyak sekali suka duka yang telah dilewati bersama penulis dan dukungan serta saran dan kritikan yang diberikan pada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.

9. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang banyak terlibat dalam proses penyusunan Tugas Akhir.

Semoga ALLAH SWT membalas semua kebaikan dengan imbalan yang lebih atas bantuan yang telah diberikan kepenulis. Amin Yarobbal Alamin.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN PEMBAHAS	Error! Bookmark not defined.
SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR	i
PRAKATA	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Tempat dan Waktu Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Pengertian Komposit	8
2.2.2 Komponen Komposit.....	9
2.2.3 Klasifikasi Komposit	10
2.2.4 Komposit <i>Sandwich</i>	12
2.2.5 Beton Ringan.....	12
2.2.6 Uji Kuat Tekan	13
2.2.7 Uji Kuat <i>Bending</i>	14
2.2.8 Uji Massa Jenis.....	16
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Diagram Alir	17
3.2 Metode Penelitian.....	18
3.3 Persiapan Alat dan Bahan.....	18
3.4 Prosedur Penelitian.....	19

3.4.1	Sketsa Spesimen Pengujian Tekan dan <i>Bending</i>	19
3.4.2	Menentukan Ukuran <i>Calsibord</i> dan Pin Bambu	20
3.4.3	Pembuatan Cetakan	22
3.4.4	Pembuatan Komposit.....	22
3.4.5	Proses Pengeringan.....	24
3.4.6	Pengujian Spesimen.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Hasil Pengujian	27
4.1.1	Uji Tekan.....	27
4.1.2	Uji <i>Bending</i>	31
4.1.3	Uji Massa Jenis.....	34
4.1.4	Hasil Komparasi Peneliti Dengan Peneliti Terdahulu.....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	37
DAFTAR PUSTAKA.....		38
LAMPIRAN		41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Komposit Berdasarkan Penguatnya.	11
Gambar 3.1 Diagram Aliran	17
Gambar 3.2 Tampak dari spesimen pengujian tekan	19
Gambar 3.3 Tampak dari spesimen pengujian <i>bending</i>	19
Gambar 3.4 kalsiboard.....	20
Gambar 3.5 Pin bambu dari tusuk sate merek TOP.....	21
Gambar 3.6 Tampak pemasangan pin bamboo variasi derajat 90°.....	21
Gambar 3.7 Tampak pemasangan pin bamboo variasi derajat 75°.....	21
Gambar 3.8 Tampak pemasangan pin bamboo variasi derajat 60°.....	22
Gambar 3.9 Cetakan beton ringan	22
Gambar 3.10 Hasil percobaan awal pembuatan komposit <i>sandwich</i> beton ringan diperkuat pin bambu	23
Gambar 3.11 Skema <i>foam reactor</i>	24
Gambar 3.12 Proses pengeringan spesimen	25
Gambar 3.13 skema uji tekan <i>flat</i> dan tepi	26
Gambar 3.14 Skema uji <i>bending</i>	26
Gambar 4.1 Hubungan nilai rata-rata kuat tekan.....	29
Gambar 4.2 hasil pengujian tekan arah <i>flat</i> variasi sudut 90°	30
Gambar 4.3 Hasil pengujian tekan arah <i>flat</i> variasi sudut 75°	30
Gambar 4.4 Hasil pengujian tekan arah <i>flat</i> variasi sudut 60°	30
Gambar 4.5 Hasil pengujian tekan arah tepi variasi sudut 90°	31
Gambar 4.6 Hasil pengujian tekan arah tepi variasi sudut 75°	31
Gambar 4.6 Hasil pengujian tekan arah tepi variasi sudut 60°	31
Gambar 4.7 Hubungan nilai rata-rata kuat <i>bending</i>	33
Gambar 4.8 Hasil pengujian <i>bending</i>	34
Gambar 4.9 Grafik hasil pengujian tekan dengan variasi jarak pemasangan pin	36
Gambar 4.10 Grafik hasil pengujian tekan dengan variasi sudut pemasangan pin	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Beton Berdasarkan Berat Jenisnya	13
Tabel 4.1 Data hasil uji tekan <i>flat</i>	27
Tabel 4.2 Data hasil uji tekan tepi	28
Tabel 4.3 Hasil perhitungan pengujian <i>bending</i>	32
Tabel 4.4 Data hasil perhitungan massa jenis uji tekan <i>flat</i>	34
Tabel 4.5 Data hasil perhitungan massa jenis uji tekan tepi	35

DAFTAR NOTASI

- σ = Kuat tekan benda uji (Mpa)
- σ_b = Kuat *bending* benda uji (Mpa)
- P = Beban maksimal yang diberikan (N)
- L = Lebar spesimen (mm²)
- t = Tebal spesimen (mm²)
- L_s = Panjang span (mm)
- t = Pebal skin Komposit (mm)
- P = panjang komposit sandwich (mm)
- d = Tebal komposit sandwich (mm)
- c = Tebal core (mm)
- = Panjang spesimen (mm)

ABSTRAK

Bambu merupakan salah satu jenis rumput-rumputan yang termasuk ke dalam *familia Gramineae* bagian dari komoditas hasil hutan bukan kayu. Beton memiliki kekuatan tekan tinggi namun dengan adanya gelembung atau *agent foam* yang ditambahkan pada campuran beton membuat beton ringan sangat rapuh dan memiliki kekuatan tekan lebih rendah dari beton biasanya, sehingga diperlukan penyangga yang menghubungkan sisi atas dan sisi bawah beton ringan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari penyisipan atau penyangga yang berupa pin bambu pada pengujian tekan dan *bending* dengan variasi sudut 90, 75 dan 60 derajat dengan jarak pin yaitu 1 cm. Dengan adanya pin pada beton dapat menyelesaikan masalah yang ada pada beton seperti kuat tekan dengan rata-rata nilai tetinggi *flat* 2.5 Mpa dan tepi 2.5 Mpa, sedangkan kuat *bending* 17.31 Mpa, sehingga mampu menahan gaya tekan dan *bending* secara efisien.

Kata kunci: Bambu, Beton, Beton Ringan, Komposit *Sandwich*, Pin Bambu.

ABSTRACT

Bamboo is a type of grass that belongs to the Gramineae family part of non-timber forest products. Concrete has a high compressive strength but with the presence of bubbles or agent foam added to the concrete mixture makes the concrete light very fragile and has a lower compressive strength than the usual concrete, so a support is needed that connects the upper and lower sides of the lightweight concrete. The purpose of this study was to determine the influence of insertion or support in the form of bamboo pins on pressing and bending tests with angular variations of 90, 75 and 60 degrees with a pin distance of 1 cm. The presence of pins on concrete can solve problems that exist in concrete such as compressive strength with an average flat height value of 2.5 Mpa and an edge of 2.5 Mpa, while the bending strength is 17.31 Mpa, so it is able to withstand compressive and bending forces efficiently

Keywords: Bamboo, Concrete, Lightweight Concrete, Sandwich Composite, Bamboo Pin.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil dan batu pecah atau agregat – agregat lain yang di campur jadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*) dan waktu pengerasan (Mc.Cormac, 2004).

Beton yang memiliki kualitas bagus mempunyai beberapa kelebihan diantaranya mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, tahan terhadap pembusukan atau rapuh yang disebabkan oleh kondisi lingkungan, tahan aus, dan tahan terhadap cuaca (panas, dingin dan hujan). Beton juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu lemah terhadap kuat Tarik, mengembang dan menyusut apabila terjadi perubahan suhu, sulit kedap air secara sempurna dan bersifat getas (Tjokrodinuljo, 1996)

Beton ringan seluler memenuhi harapan sebagai inti pada panel berstruktur komposit *sandwich* dalam hal berat jenis, namun konsekuensi dengan adanya rongga udara di dalam beton ringan seluler kekuatan tekannya menjadi kecil. *Problem* yang akan dihadapi ketika memakai beton ringan seluler sebagai bahan inti panel komposit *sandwich* adalah material ini tidak kuat menahan tekanan terutama arah *flat*. Gaya reaksi tekan bahan ini tergantung pada kemampuan menahan dari elemen penyusun bahan. Gaya tekan dikenakan ke kulit panel komposit *sandwich* dan diteruskan ke intinya. Kekuatan tekan *core* yang kecil menyebabkan kekuatan tekan panel komposit *sandwich* arah sumbu-z juga kecil.

Beton memiliki kekuatan tekan tinggi namun dengan adanya gelembung atau *agent foam* yang ditambahkan pada campuran beton membuat beton ringan sangat rapuh dan memiliki kekuatan tekan lebih rendah dari beton biasanya, sehingga diperlukan penyangga yang menghubungkan sisi atas dan sisi bawah beton ringan. Bahan penyangga atau pin yang digunakan adalah bambu, karena bambu awet dan ketersediaannya sangat mudah dijumpai.

Beberapa bentuk penguatan berbahan plastik yang disisipkan pada *core* berbahan plastik tanpa banyak menambah berat komposit *sandwich* yang dikembangkan oleh para peneliti adalah penguat berbentuk tenunan, jahitan, bundelan, pasak dan stik

(Asintha Nanayakkara dkk, 2012). Sedangkan penguatan pada inti komposit *sandwich* berbahan beton ringan telah dilakukan banyak peneliti dengan memasukkan serat ke dalam beton ringan. Penggunaan serat dapat meningkatkan sifat mekanik panel beton. Serat yang sering digunakan dalam material beton antara lain serat baja, serat gelas, serat polietilen, serat polipropilen, serat polivinil alkohol, serat polyester, serat basal, dan serat alami lain.

Belum ada penguatan beton ringan pada inti panel komposit *sandwich* yang menggunakan pin yang menghubungkan antara dua kulit. Solusi yang dapat dikembangkan untuk mengatasi *problem* tersebut adalah dengan menambahkan penguat pada *core* panel komposit *sandwich* dengan bahan yang murah dan mudah dalam perosesanya yaitu berupa pin bambu. Pin bambu menghubungkan kedua kulit panel komposit *sandwich* yang mengapit inti berbahan beton ringan. Perlu pembuktian secara eksperimental bahwa pin bambu tersebut mampu menaikkan kekuatan mekanik panel komposit *sandwich* berbahan beton ringan selular pada *core* nya.

Bambu merupakan salah satu jenis rumput-rumputan yang termasuk ke dalam *familia Gramineae* dan merupakan bagian dari komoditas hasil hutan bukan kayu. Novriyanti, (2005) dalam Arsad (2014) mengemukakan bahwa bambu sangat potensial sebagai bahan substitusi kayu karena rumpunan bambu dapat terus berproduksi selama pemanenannya terkendali dan terencana. Bambu memiliki beberapa keunggulan dibanding kayu yaitu memiliki rasio penyusutan yang kecil, dapat dilengkungkan atau memiliki elastisitas yang tinggi. Sulastiningsih (2005), mengemukakan bahwa bambu merupakan tanaman cepat tumbuh dan mempunyai daur yang relative pendek 3 - 4 tahun sudah bisa dipanen. Bambu sebagai salah satu bahan baku yang mudah dibelah, dibentuk dan mudah pengerjaannya, disamping itu harganya relatif murah dibandingkan bahan kayu. Bambu merupakan tumbuhan yang mengandung legnoselulosa dan bisa dimanfaatkan untuk banyak keperluan.

Bambu mempunyai serat yang sejajar, sehingga kekuatannya terhadap gaya normal cukup baik. Struktur bambu cukup ringan dan lentur sehingga mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap goyangan. Bambu berbentuk pipa bersekat dalam jarak tertentu. Disamping sifat-sifat positif diatas, bambu juga mempunyai kelemahan yaitu kurang kuat menahan gaya geser baik akibat pembebanan jangka panjang maupun jangka pendek. Kekuatan tarik beberapa jenis bambu ada yang lebih tinggi dari kekuatan tarik baja, hanya saja umur teknis bambu jauh dibawah baja serta ketahanan

terhadap cuaca merupakan hal yang perlu dipikirkan (Shultoni, 1983). Dalam perkembangannya, bambu dapat digunakan sebagai struktur pengganti baja, misalnya penggunaan bambu pada inti beton.

Oleh karena itu perlunya sebuah penelitian yang dimana dapat memanfaatkan sumber daya alam seperti bambu ini dapat digunakan dengan optimal sehingga dilakukan penelitian mengenai penambahan pin bambu pada pembuatan beton ringan yang berfungsi sebagai penguat terhadap beton ringan dengan tujuan dapat menghasilkan kekuatan tekan dan *bending* yang kokoh.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas timbul sebuah pemikiran untuk menguatkan beton ringan dengan memanfaatkan sumber daya alam yaitu bambu, yang dimana penggunaan bambu pada beton ringan digunakan sebagai penguat yang berbentuk pin sebagai penguat beton ringan.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari permasalahan yang meluas, dalam penelitian ini perlu diberikan batasan- batasan masalah sebagai berikut :

1. Permasalahan hanya dibatasi pada pengujian tekan, *bending* dan berat jenis.
2. Permasalahan hanya dibatasi pada variasi sudut pin bambu
3. Bahan uji yang digunakan adalah beton ringan selular.
4. Bahan yang digunakan sebagai penguat adalah pin bambu.
5. Variasi sudut kemiringan pin bambu 90°, 75° dan 60°.
6. Pengujian tekan hanya dilakukan dibagian *flat* dan tepi.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui karakter material panel komposit *sandwich*.
2. Untuk mengetahui kekuatan panel komposit *sandwich* dengan diperkuat pin bambu.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Untuk memberikan tambahan ilmu terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang teknologi material non logam khususnya komposit *sandwich* untuk bahan bangunan.
2. Pemenuhan kebutuhan manusia akan material yang ramah lingkungan, murah, dan mudah dibuat serta mampu menggantikan material lain dari kayu maupun material dari logam.
3. Pemanfaatan sumber daya yang melimpah dibidang rekayasa material dengan digunakannya bambu yang banyak ditemukan di sekitar kita.

1.6 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Material Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram.

1.7 Sistematika Penelitian

Adapun sistematika penulisan dari tugas akhir ini:

Bab I Pendahuluan

Bab ini mencakup latar belakang penelitian, batasan masalah yang akan diteliti, rumusan masalah yang akan diteliti, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas tentang landasan teori yang menjadi acuan untuk proses pengambilan data, analisa data serta pembahasan.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini membahas tentang peralatan dan bahan penelitian, diagram alir penelitian, dan prosedur penelitian.

Bab IV Metode Pengujian dan Analisa Data

Bab ini membahas tentang data hasil penelitian dan analisa data yang diperoleh dari penelitian.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisikan tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian dan memberikan saran untuk penelitian yang lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Kekuatan mekanik material pada umumnya dipengaruhi oleh kerapatan atau densitas material. Material yang kuat cenderung memiliki densitas yang besar. Rekayasa material diperlukan agar diperoleh material dengan kekuatan yang tinggi dan densitas yang rendah atau moderat. Rekayasa struktural pada komposit menghasilkan material yang disebut komposit *sandwich*. Konstruksi komposit *sandwich* umumnya berupa dua kulit yang mengapit inti komposit, diterapkan ketika diharapkan kekakuan *bending* yang memadai dengan berat yang relatif ringan. Kekuatan komposit ini berasal dari kulit komposit yang kuat sedangkan sifat ringan komposit ini berasal dari inti komposit. Kedua sifat ini dipadu menjadi konstruksi yang ringan tapi kuat yaitu konstruksi komposit *sandwich*. *Core* terbuat dari bahan yang ringan seperti *styrofoam*, *polyurethane rigid foam*, *aluminum foam*, *aluminum honeycomb*, *paper honeycomb*, kayu ringan, batuan ringan atau bahan padat ringan buatan lainnya seperti beton ringan.

Beton mempunyai sifat getas yaitu ketidakmampuan untuk berdeformasi *elastis* dan hanya sebatas berdeformasi *plastis* saja, selanjutnya beton mengalami patah (*fracture*) jika beban diperbesar. Sifat getas pada beton memungkinkan terjadinya patahan secara mendadak. Untuk menghindari terjadinya patah secara mendadak maka beton diberi penguat baja atau material lain yang mempunyai kuat tekan dan modulus *elastisitas* tinggi sehingga mampu menahan kuat tekan pada beton. Bambu apus jelas mempunyai kekuatan tekan jauh lebih besar dari kuat tekan beton, hal ini membuat bambu secara teoritis dapat dipakai untuk memperkuat beton.

Beton banyak digunakan secara luas dalam konstruksi bangunan. Hal ini disebabkan karena beton mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya harga yang relatif murah, bentuknya yang dapat disesuaikan dengan keinginan, ketahanan yang baik terhadap cuaca dan lingkungan sekitar, memiliki kuat tekan yang tinggi dan dapat direncanakan. Memakai beton sebagai inti komposit *sandwich* tentunya tidak sesuai dengan tujuan pembuatan komposit *sandwich* karena beton mempunyai densitas yang tinggi. Banyak upaya telah dilakukan mengubah beton dengan densitas tinggi menjadi densitas rendah yang kemudian disebut beton ringan. Salah satunya adalah meniadakan

agregat kasar dan memasukkan rongga udara ke dalam beton dengan *foaming agent*. Beton ringan ini disebut *lightweight foamed concrete* (LFC) atau juga disebut *cellular lightweight concrete* (CLC).

Penggolongan kelas beton ringan berdasarkan berat jenis dan kuat tekan yang harus dipenuhi dapat dibagi menjadi tiga, yaitu :

1. Beton ringan dengan berat volume rendah (*Low Density Concretes*) untuk non struktur dengan berat volume antara $300-800 \text{ kg/m}^3$ dan kuat tekan antara $0,35-7 \text{ Mpa}$ (Neville, A.M., Brooks J.J, “*Concrete technology*” 1987) yang umumnya digunakan seperti untuk dinding pemisah atau dinding isolasi.
2. Beton ringan dengan kekuatan menengah (*Moderate Strength Concretes*) untuk struktur ringan dengan berat $800-1350 \text{ kg/m}^3$ dan kuat tekan antara $7-17 \text{ Mpa}$ (ASTM C 331-81) yang digunakan seperti dinding yang juga memikul beban.
3. Beton ringan struktursl (*Structural Light-weight Concretes*) untuk struktur dengan berat volume $1350-1900 \text{ kg/m}^3$ dan kuat tekan lebih dari 17 Mpa (ASTM C330-82a) yang dapat digunakan sebagaimana beton normal.

Inti komposit *sandwich* berbahan seluler seperti beton ringan mempunyai kekuatan tekan dan kekakuan bending yang kecil, sehingga komposit *sandwich* mengalami gagal saat menerima tekanan arah tegak lurus kulit (sumbu-z). Kekuatan tekan komposit *sandwich* dengan inti beton seluler tanpa penguatan arah tegak lurus permukaan kulit (arah-z) sangat kecil, kekuatan ini hanya ditentukan oleh tegangan tekan maksimal yang dapat ditahan oleh beton seluler saat aktuator ditekankan dipermukaanya (Sedaghatdoost A. dkk, 2017; Pamungkas MD. Dkk, 2020; Marfranklin M. dkk, 2019). Gaya tekan aktuator diteruskan ke beton seluler oleh lapisan kulit komposit, kekuatan tekan *core* yang kecil menyebabkan kekuatan tekan komposit *sandwich* arah sumbu-z juga kecil. Jika kedua kulit dihubungkan dengan bahan yang mempunyai kekuatan yang lebih besar daripada kekuatan inti *sandwich* maka gaya tekan akan lebih banyak diterima oleh penghubung dua kulit tersebut. Penghubung antara kedua kulit itu disebut z-pin. Bahan yang lebih kuat dari beton ringan selular adalah bambu yang kemudian dibuat menjadi batang kecil pin bambu dalam penelitian ini. Pin bambu menghubungkan kedua kulit panel komposit *sandwich* yang mengapit inti berbahan beton ringan.

Bambu yang dimasa ini juga mengalami peningkatan dalam jumlah pemakaian selain menjadi perabotan atau furnitur kebutuhan rumah tangga dan lainnya, Bambu merupakan alternatif yang menarik karena bambu mempunyai pertumbuhan yang cepat, dan dapat dipanen 3-4 tahun (Amada et al., 1997). Ketersediaan bambu di Indonesia (terutama di Nusa Tenggara Barat) melimpah dan tersebar hampir di sebagian wilayah. Sesuai SK Menteri Kehutanan RI No.598/Menhut-II/2009 tanggal 2 Oktober 2009 menyatakan, bahwa luas daratan kawasan hutan Propinsi NTB mencapai 1.035.838 ha yang menghasilkan produk kayu maupun nonkayu.

Salah satu hasil hutan non kayu adalah bambu. Menurut data dari Dinas kehutanan Propinsi NTB (2011) Hutan NTB menghasilkan produk bambu sebanyak 231.264 batang/tahun yang tersebar di Kabupaten Lombok Barat, Lombok Timur, Lombok Tengah, Sumbawa Barat, Sumbawa, dan Bima. Dengan jumlah yang demikian melimpah, perlu dilakukan rekayasa teknologi terhadap bambu agar menghasilkan produk material yang mampu menggantikan material dari logam. Salah satu upaya tersebut adalah dengan menjadikan bambu sebagai bahan utama serat pada komposit *sandwich*. Serat bambu secara mekanik mempunyai kekuatan tarik yang tinggi (140-800 MPa), dan modulus *elastisitas* yang tinggi, 140 GPa (Defoirdt et al., 2010), setara dengan kekuatan tarik baja ringan. Sehingga serat bambu telah menjadi objek penelitian dalam mengembangkan material baru yang ramah lingkungan dengan digabungkan dengan polimer untuk membentuk material komposit (Anggela, 2006; Trisono, 2007; Setyawan dan Sugiman, 2013; Kalapaksi dkk, 2014; Zaen dkk, 2014).

2.2 Landasan Teori

Pada penelitian ini adapun dasar teori yang dapat menunjang pembuatan komposit sandwich dengan inti beton selular, dasar teori yang terkait dengan penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

2.2.1 Pengertian Komposit

Pada umumnya bentuk dasar suatu bahan komposit adalah tunggal namun terdapat paling tidak, terdapat dua unsur yang bekerja baersama untuk menghasilkan sifat-sifat bahan yang berbeda terhadap sifat unsur bahan penyusunnya. Material komposit terdiri lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Material komposit

memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat yang lebih ringan. Kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi terhadap korosi dan aus (Smallman & Bishop 2000).

Kata komposit memberikan suatu pengertian yang sangat luas dan berbeda beda mengikut situasi dan perkembangan bahan itu sendiri. Gabungan dua atau lebih bahan merupakan suatu konsep yang diperkenalkan untuk menerangkan definisi dari komposit (Harris, 1999). Meskipun demikian, pengertian ini terlalu umum karena komposit ini merangkumi semua bahan termasuk plastik yang diperkuat dengan serat, paduan logam, keramik, polimer, plastik berpengisi atau apa saja campuran dua bahan atau lebih untuk mendapatkan suatu bahan yang baru.

Bentuk (dimensi) dan struktur penyusun komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit, begitu pula jika terjadi intraksi antara penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit. Material komposit terdiri lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Dibanding dengan material konvensional, bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya memiliki kekuatan yang dapat diatur, berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi, dan terhadap keausan (Bishop dan Smallman, 2000).

2.2.2 Komponen Komposit

Secara umumnya bahan komposit terdiri dari :

a. Matriks

Matriks dalam struktur komposit berasal dari bahan polimer atau logam. Syarat pokok matriks yang digunakan dalam komposit adalah harus bisa meneruskan beban, sehingga serat bisa melekat pada matriks dan kompatibel antara serat dan matriks. Matriks dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar bekerja dengan baik. Matriks juga berfungsi sebagai pelapis serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan lunak dan liat. Pemilihan bahan matriks dan serat memainkan peranan penting dalam menentukan sifat mekanik dan sifat komposit. Gabungan matriks dan serat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi (Gibson, 1994).

b. *Filler*

Filler atau bahan pengisi adalah partikel yang ditambahkan pada bahan pengikat (plastik, komposit dan beton) yang dapat meningkatkan sifat tertentu, membuat produk lebih murah dan ringan antara campuran keduanya. *Filler* (pengisi) juga merupakan bahan pengisi matrik yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matriks pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

c. Penguat

Reinforcement (penguat) adalah salah satu bagian utama dari komposit yang berperan untuk menahan beban yang diterima oleh material komposit sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari penguat yang digunakan. Bahan penguat biasanya kaku dan tangguh. Bahan penguat yang umum digunakan adalah jenis partikel, serat alam, serat karbon, serat gelas dan keramik (Van Vlack, 1985).

2.2.3 Klasifikasi Komposit

Klasifikasi komposit dapat dibentuk dari sifat dan strukturnya. Bahan komposit dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis. Secara umum klasifikasi komposit sering digunakan antara lain seperti :

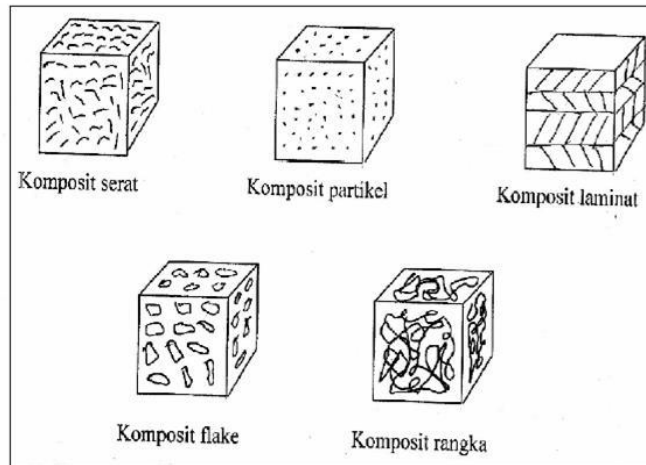
- a. Klasifikasi menurut kombinasi material utama, seperti *metal-organic* atau *metal anorganic*.
- b. Klasifikasi menurut karakteristik *bulk-form*, seperti sistem matrik atau laminasi.
- c. Klasifikasi menurut distribusi unsur pokok, seperti *continous* dan *discontinous*.
- d. Klasifikasi menurut fungsinya, seperti elektrikal atau struktural.

Penguat (*reinforcement*) bagian utama dalam komposit yang berfungsi sebagai penahan beban pada material komposit. komposit dapat dibagi lima (5) berdasarkan konstituennya yaitu (*Schwartz, 1992*) :

- a. Komposit serat yang terdiri dari serat dengan atau tanpa matriks
- b. Komposit *flake* yang terdiri dari *flake* dengan atau tanpa matriks
- Komposit partikel yang terdiri dari partikel dengan atau tanpa matriks

- c. Komposit rangka (komposit terisi) yang terdiri dari matriks rangka selang yang terisi dengan bahan kedua
- d. Komposit laminat yang terdiri dari konstituen lapisan atau laminat.

Adapun ilustrasi dari komposit berdasarkan penguatnya dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.1 Ilustrasi Komposit Berdasarkan Penguatnya.

Adapun keunggulan material komposit dibandingkan dengan material-material konvensional adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan tarik dari komposit 4-6 kali lebih besar dari baja atau Aliminium.
2. Memperbaiki sifat torsional, kekakuan dan impact.
3. Batas ketahanan *fatigue* lebih tinggi ($> 60\%$ dari kekuatan tariknya).
4. Tahan lama, tahan *fatigue*, tahan *impact* sehingga mengurangi biaya perawatan.
5. Bobotnya ringan, *flexible* dalam disain, stabilitas dimensi baik, kekuatan dielektrik tinggi.
6. Sifat produk dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Karena yang menjadi pokok permasalahan dari penelitian ini mengenai bahan komposit partikel maka hanya bahan ini yang akan dibahas lebih lanjut.

2.2.4 Komposit Sandwich

Komposit sandwich adalah material yang terdiri dari dua buah *skin* dimana diantara dua *skin* tersebut terdapat *core*. Komposit *sandwich* dibuat untuk mendapatkan struktur yang ringan tetapi mempunyai kekuatan yang tinggi. Biasanya pemilihan komposit *sandwich*, syaratnya adalah ringan, tahan panas dan tahan korosi, serta harga juga harus dipertimbangkan (Schawrtz, 1984).

Berikut bagian bagian komposit *sandwich*, yaitu :

a. *Skin*

Skin merupakan bagian yang berfungsi untuk menahan *tensial* dan *compressive*. *Skin* biasanya mempunyai *rigidity* atau tingkatan yang rendah (Hartomo, 2009)

b. *Core*

Core merupakan salah satu bagian yang penting dari konposit *sandwich*. Dimana bagian ini harus cukup kaku agar jarak antara permukaan terjaga. Dengan kekuatannya *core* harus mampu menahan geseran agar tidak terjadi *slide* antara permukaan. Bahan dengan tingkatan kekuatan yang rendah tidak baik untuk *core*, karena kekuatan pada lapisan *sandwich* nya akan berkurang atau hilang. Tidak hanya mempunyai syarat lain. Seperti kadar air, *buckling*, umur panjang dan sebagiannya (Hartomo, 2009).

2.2.5 Beton Ringan

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen *hidraulik* yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat (SK SNI T-15-1991). Beton normal yang dibuat agregat normal mempunyai berat jenis sekitar 2,3–2,4. Apabila dibuat dengan pasir atau kerikil yang ringan atau diberikan rongga udara maka berat jenis beton bisa kurang dari 2,0. Jenis-jenis beton menurut berat jenisnya dan macam-macam pemakaiannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.1 Jenis Beton Berdasarkan Berat Jenisnya

Jenis beton	Berat jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1,00	Non struktur
Beton ringan	1,00 – 2,00	Struktur ringan
Beton normal (biasa)	2,30 – 2,40	Struktur
Beton berat	> 3,00	Perisai sinar X

Sumber: Tjokrodinuljo, 2007

2.2.6 Uji Kuat Tekan

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, di asumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 Part 115; Part 116 pada umur 28 hari. (Mulyono, 2003).

Pengujian kuat tekan beton ringan pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 10 cm x 10 cm dengan tebal 5.5 cm jumlah 3 benda uji dengan standar . Pengujian dilakukan pada silinder beton uji dengan menggunakan *Compression Testing Machine* untuk mengetahui besar gaya desak maksimum (saat beton mulai retak). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berapa besar kuat tekan beton ringan dari benda uji tersebut dilakukan dengan persamaan:

Rumus :

a. Uji tekan *flat*

$$\sigma = \frac{P}{l \cdot L}$$

b. Uji tekan tepi

$$\sigma = \frac{P}{t \cdot L}$$

Dimana :

σ = Kuat tekan benda uji (Mpa)

P = Beban yang di berikan (KN)

L = Panjang spesimen (mm)

l = Lebar spesimen (mm)

t = Tebal spesimen (mm)

2.2.7 Uji Kuat Bending

Untuk mengetahui kekuatan *bending* suatu material dapat dilakukan dengan pengujian *bending* terhadap material komposit tersebut. Pengujian *bending* mengacu pada standar ASTM D790 dengan kondisi pengujian statis. Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat pengujian *bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah. Hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan *bending* pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan *bending* pada sisi bagian bawah. Berdasarkan standar pengujiannya yang digunakan yaitu ASTM D790.

Pengujian kekuatan *bending* pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran area 400 mm x 100 mm dengan jarak pin bambunya 10 mm. adapun rumus yang digunakan pada pengujian bending ini yaitu

Rumus :

$$\sigma = \frac{P.L}{2t(d + c)b}$$

Dimana :

σ = kekuatan *bending* komposit *sandwich* (Mpa)

P = Beban maksimum bending (KN)

L = Panjang span (mm)

t = Tebal *skin* Komposit (mm)

P = Panjang komposit *sandwich* (mm)

d = Tebal komposit *sandwich* (mm)

c = Tebal *core* (mm)

b = Lebar komposit *sandwich* (mm)

□ = Panjang spesimen (mm)

2.2.8 Uji Massa Jenis

Pengujian massa jenis pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui massa jenis dari spesimen beton ringan. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung massa jenis beton ringan sebagai berikut.

Rumus :

massa jenis (kg/m^3)

$$S = w / v$$

Rumus volume

$$v = p \times l \times t$$

Dimana :

S = Massa jenis (Kg/m^3)

w = Berat spesimen (Kg)

v = Volume (m^3)

p = Panjang spesimen (mm)

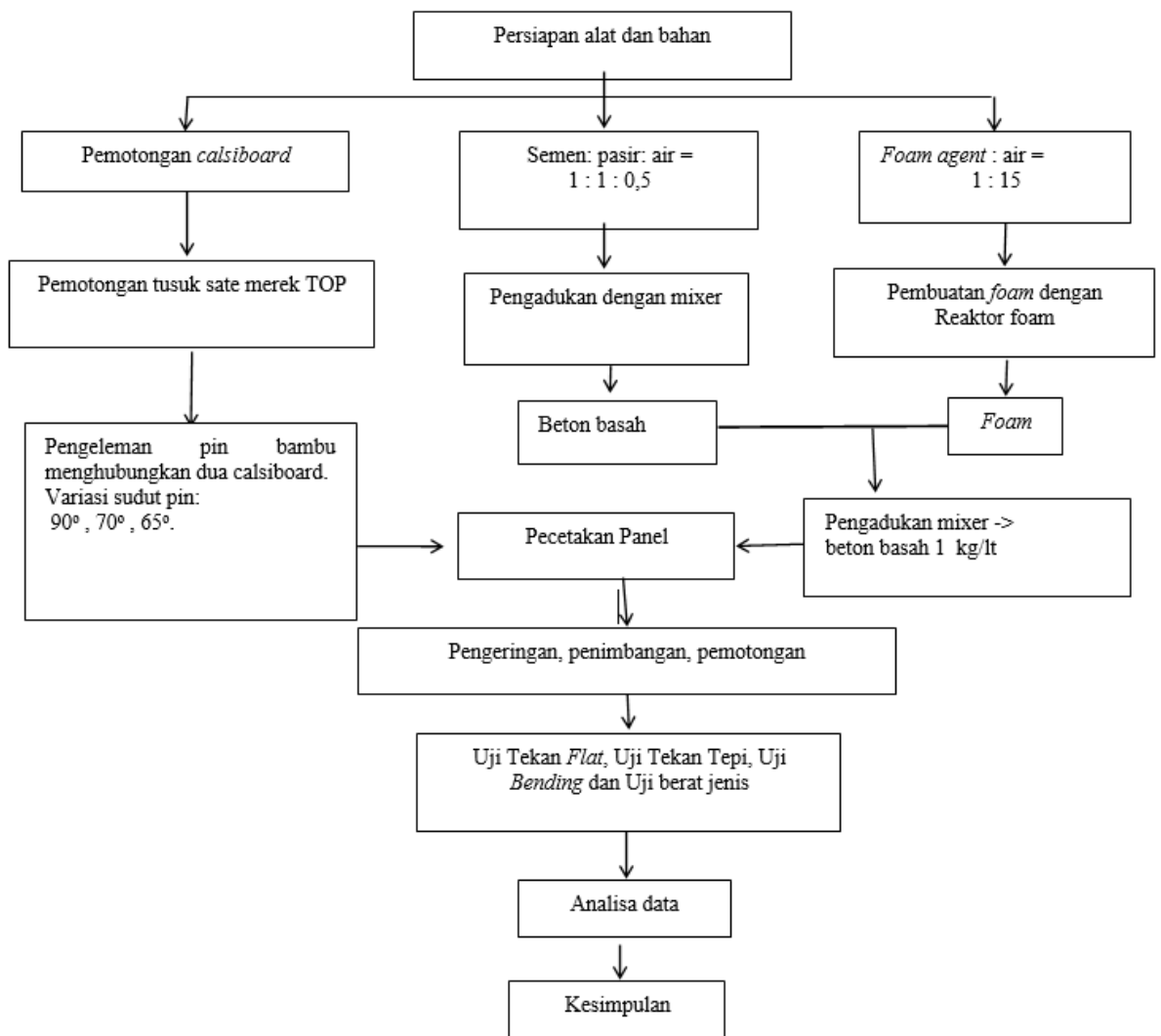
l = Lebar spesimen (mm)

t = Tebal spesimen (mm)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Alur penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1 *flow chart* di bawah



Gambar 3.1 Diagram Aliran

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literature untuk mendapatkan teori-teori yang mendukung penelitian.
2. Experimental dengan perlakuan yang sama terhadap spesimen dengan variasi sudut pin bambu.
3. Analisis data yaitu menganalisis data yang dipakai dari percobaan dan penelitian yang dilaksanakan di laboratorium dengan memperhatikan penelitian-penelitian yang sudah ada.

3.3 Persiapan Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

1. *Universal Testing Machine*
2. Kompresor
3. Timbangan
4. Gerinda tangan
5. Bor tangan
6. Adukan mixer
7. *Foam reactor*
8. Ayakan
9. Ember
10. Gunting
11. Gergaji tangan
12. Ember
13. Amplas

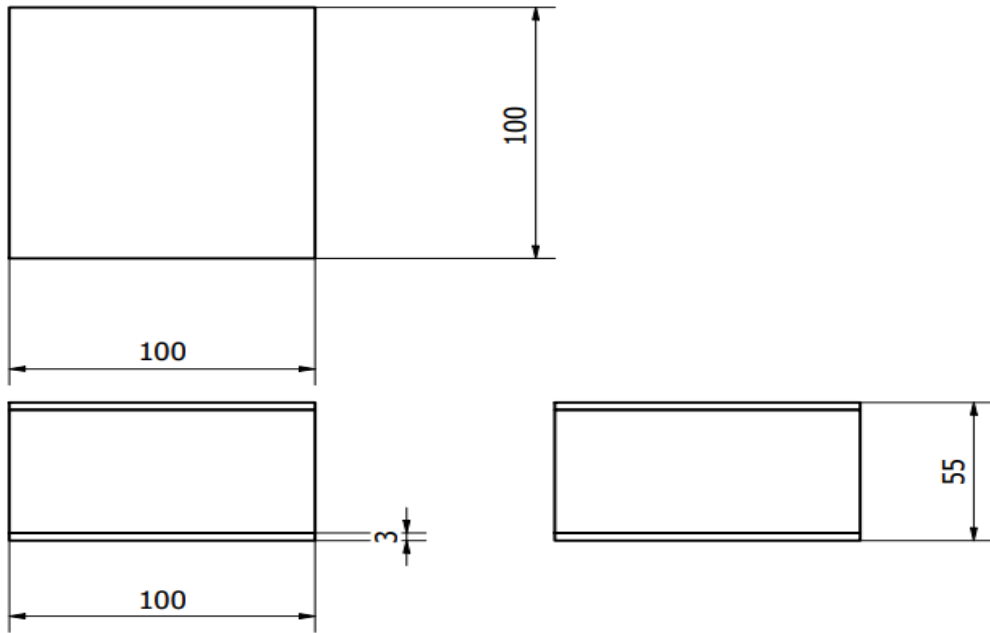
Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Tusuk sate merek TOP
2. Semen
3. Pasir
4. Air
5. Lem G
6. *Calsiboard*
7. *Foam agent*

3.4 Prosedur Penelitian

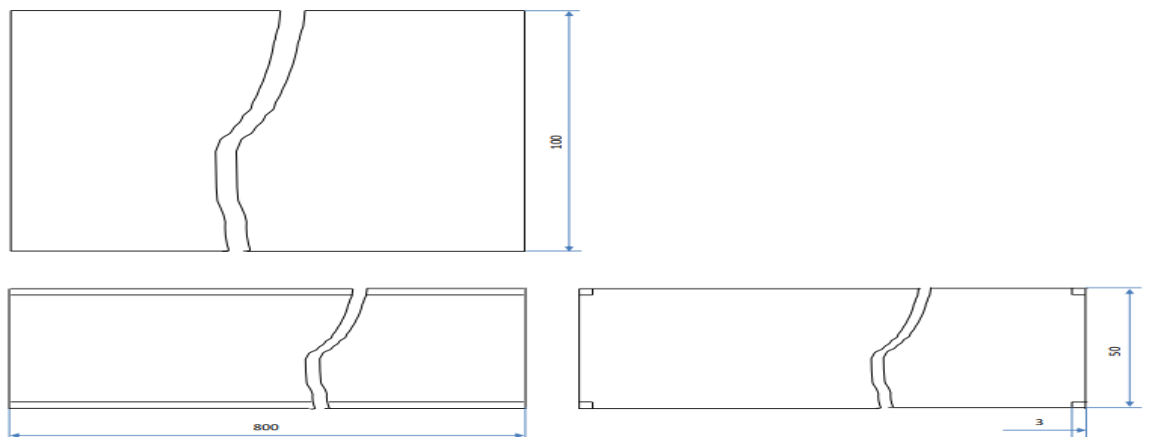
3.4.1 Sketsa Spesimen Pengujian Tekan dan Bending

- a. Uji tekan (ASTM C 365/C 365M – 05)



Gambar 3.2 Tampak dari spesimen pengujian tekan

- b. Uji *bending* (ASTM D790)



Gambar 3.3 Tampak dari spesimen pengujian *bending*

3.4.2 Menentukan Ukuran Kalsibord dan Pin Bambu

Ukuran *calsibord* yang digunakan pada pengujian tekan dengan mengacu pada ASTM C 365/C 365M – 05 yaitu 100 mm x 100 mm, sedangkan ukuran *calsiboard* yang digunakan pengujian *bending* dengan mengacu pada ASTM C393 – 00 yaitu 400 mm x 100 mm dengan tebal masing-masing pengujian memiliki tebal 55 mm.

Adapun pembuatan kulit panel komposit *sandwich* ini terbuat dari papan *calsiboard* dengan tebal 3 mm. *Calsiboard* yang digunakan dalam penelitian ini adalah papan GRC *board* yang masih utuh dan kemudian dipotong sesuai dengan ukuran spesimen tekan dan *bending*.



Gambar 3.4 *calsiboard*

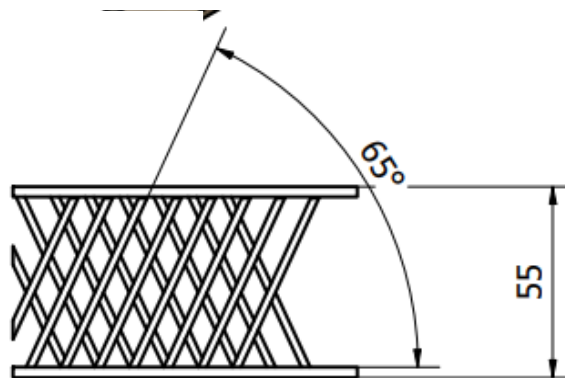
Ukuran pin bambu yang digunakan pada pengujian tekan dan *bending* konstan atau memiliki panjang yang sama, akan tetapi pada penelitian kali ini untuk ukuran pin bambu memiliki panjang yang berbeda beda karena adanya sudut pada pemasangan pin bambu sehingga memiliki panjang yang berbeda beda, sehingga panjang pin bambu untuk variasi sudut 90° adalah 50 mm, sudut 75° adalah 50,17 mm dan yang terakhir variasi sudut 65° adalah 50,77 mm.

Pin bambu terbuat dari tusuk sate merek TOP dengan diameter 2.5 mm yang sudah dihaluskan. Bambu kemudian dipotong sesuai ukuran variasi sudut yang sudah dihitung.

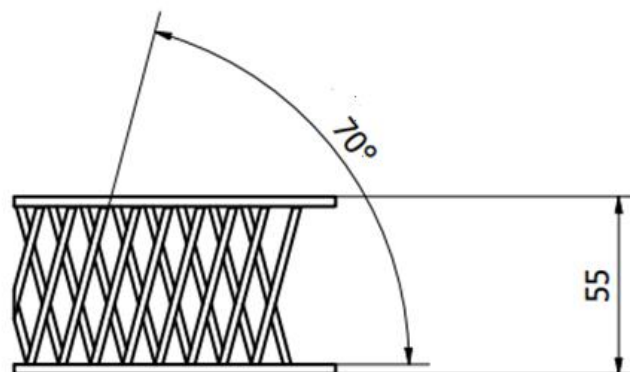


Gambar 3.5 Pin bambu dari tusuk sate merk TOP

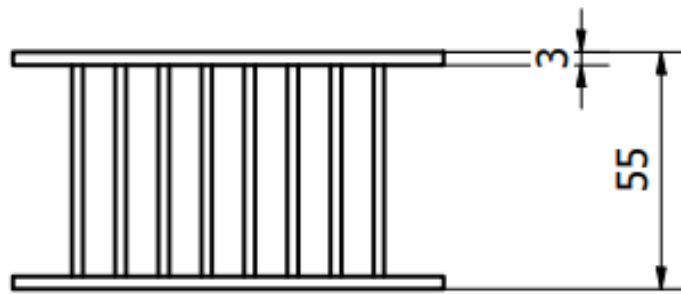
Berikut sketsa tampak depan pemasangan pin bambu dengan skin beton ringan atau *calсібord*.



Gambar 4.6 Tampak pemasangan pin bambu variasi derajat 65°



Gambar 3.7 Tampak pemasangan pin bambu variasi derajat 75°



Gambar 3.8 Tampak pemasangan pin bambu variasi derajat 60°

3.4.3 Pembuatan Cetakan

Pembuatan cetakan beton menggunakan multiplek dengan ketebalan 9 mm dengan mengacu pada standar ASTM D695 untuk pengujian tekan dan *bending*. Berikut gambar cetakan sebagai berikut :



Gambar 3.9 Cetakan beton ringan

3.4.4 Pembuatan Komposit

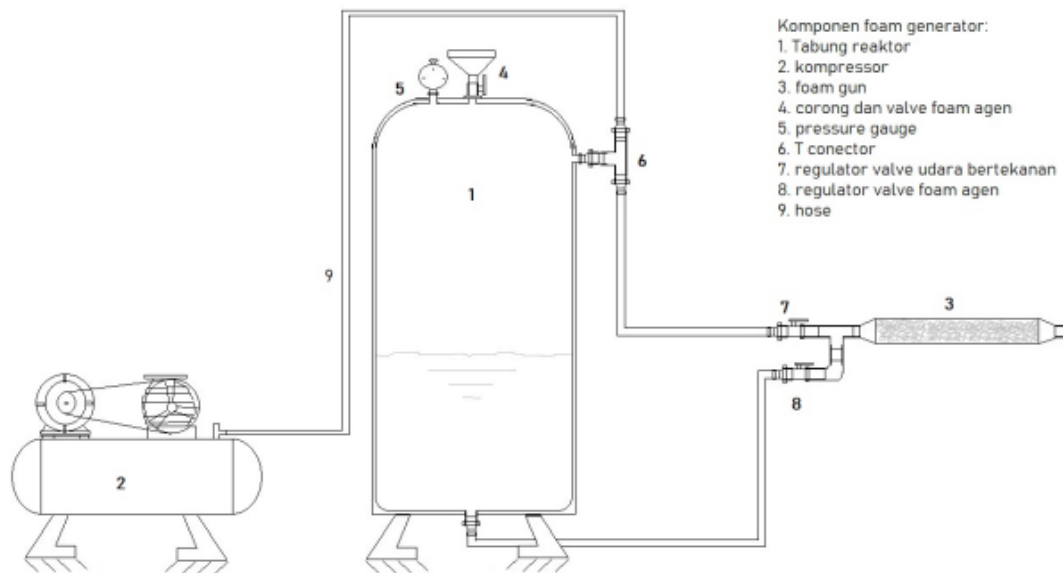
Panel komposit *sandwich* beton ringan selular diperkuat dengan pin bambu terdiri dari kulit komposit dari *calsiboard*, inti dari beton ringan, dan penguat pin bambu yang menghubungkan kedua kulit panel komposit *sandwich* tersebut. Dalam proses pembuatannya kedua kulit komposit *sandwich* dihubungkan terlebih dahulu dengan pin bambu (gambar 3.9). Pin bambu ditempel ke kedua kulit dengan lem G. Jarak antara pin adalah 10 mm. Untuk membuat struktur lebih kokoh maka pin bambu ditanamkan ke dalam kulit sedalam 1 mm, pembuatan lubang sedalam 1 mm pada *calsibord* dibuat dengan bor diameter 3 mm. Pemasangan pin bambu divariasikan yaitu membentuk sudut 65°, 70° dan 90° terhadap horizontal. Gambar 3.9 menunjukkan pemasangan pin bambu membentuk sudut 90° terhadap horizontal.



Gambar 3.10 Hasil percobaan awal pembuatan komposit *sandwich* beton ringan diperkuat pin bambu

Pembuatan inti panel komposit *sandwich* berupa beton ringan selular dimulai dengan penimbangan bahan agregat dan air, adapun bahan yang dipersiapkan adalah semen tiga roda 4kg, pasir halus 4kg dan air 2 liter atau dengan perbandingan 1 : 1 : 1/2. Bahan tersebut dicampur dan diaduk di dalam wadah sampai tercampur dengan sempurna dengan menggunakan *mixer* menjadi beton basah.

Panel beton dapat menjadi ringan karena didalamnya ada seluler udara. Di dalam beton terbentuk seluler udara diperoleh dengan mencampurkan *foam* ke dalam agregat saat agregat masih basah. *Foam* ini dibuat dengan mencampur *foam agent* 100 ml dengan air 1500 ml atau dengan perbandingan 1 : 15 yang akan dimasukkan ke dalam *foam reactor*. Agar terbentuk *foam* yang kontinyu maka *foam reaktor* harus dihubungkan ke udara bertekanan dari kompresor. Gambar skema *foam reactor* ditunjukkan pada gambar (3.11).



Gambar 3.11 Skema *foam reactor*

Foam yang terbentuk langsung disemprotkan ke dalam beton basah dan diaduk menggunakan *mixer* membentuk beton seluler basah. Pengadukan dilakukan dengan merata sehingga *foam* dapat tercampur dengan merata juga ke seluruh agregat. Pemberian dan pengadukan *foam* ke dalam beton basah sampai diperoleh berat jenis beton seluler basah 1 kg/lt. Pengecekan berat jenis ini harus selalu dilakukan untuk menjaga keseragaman berat jenis beton sellular di setiap pencetakan spesimen.

Cetakan yang telah dipersiapkan dengan ukuran 100 mm x 100 mm x 55 mm untuk uji tekan dan 400 mm x 100 mm x 55 mm untuk uji *bending* dimaksudkan agar beton selular cair yang di tuang diantara kedua kulit komposit *sandwich* tidak mengalir keluar rongga. Cetakan sisi bawah dan samping diolesi dengan oli bekas agar nantinya dapat dibongkar dengan mudah. Beton selular basah kemudian dituangkan ke dalam cetakan dan diratakan dan dibiarkan menunggu proses pengerasan beton.

3.4.5 Proses Pengeringan

Proses pengeringan berlangsung selama 20 jam setelah dicetak dan untuk mencapai tingkat kuat yang sempurna dibutuhkan waktu selama 28 hari. Setelah 28 hari spesimen dilakukan *finishing* berupa penghalusan dengan pemotong gerinda. Dan pembongkaran cetakan dilakukan setelah panel beton ringan seluler telah mengeras dengan sempurna pada 28 hari tersebut.



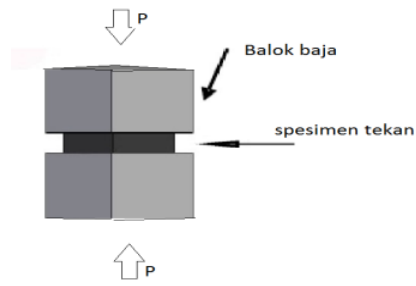
Gambar 3.12 Proses pengeringan spesimen

3.4.6 Pengujian Spesimen

Karakterisasi sifat fisik panel komposit *sandwich* beton selular didasarkan pada ASTM D792-91 untuk mengukur berat jenis komposit. Spesimen komposit *sandwich* diukur dengan jangka sorong. Volume komposit merupakan perkalian antara panjang, lebar dan tebal komposit. Spesimen ditimbang dengan timbangan digital dengan ketelitian 0,0001 gram. Berat jenis komposit adalah berat komposit dibagi dengan volume komposit.

a. Pengujian spesimen kuat tekan

Kekuatan tekan diuji pada arah tegak lurus permukaan komposit (arah *flat* maupun tekan tepi). Standar uji tekan yang diterapkan adalah ASTM C365. Spesimen tekan diukur untuk menentukan dimensi spesimen, skema uji tekan seperti. Pembebanan dilakukan dengan kecepatan simpangan 0,5 mm/menit dengan *universal testing machine* merk *TENSILON tipe RTG 1310* buatan Japan dengan kapasitas 10 ton.



Skema uji tekan flat

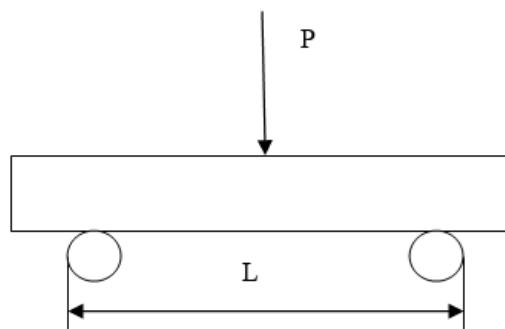


Skema uji tekan tepi

Gambar 3.13 skema uji tekan flat dan tepi

b. Pengujian spesimen *bending*

Kekuatan *bending* diuji pada arah tegak lurus permukaan komposit (arah flat). Standar uji tekan yang diterapkan adalah C393-00. Spesimen *bending* diukur untuk menentukan dimensi spesimen. Pembebanan dilakukan dengan kecepatan simpangan 0,5 mm/menit dengan *Universal Testing Machine tipe M500 25CT* dengan kapasitas 10 ton.



Gambar 3.14 Skema uji *bending*

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembahasan analisa teknis, data diperoleh dari hasil pengujian material di laboratorium. Pengujian kuat tekan dan uji *bending* komposit *sandwich* dengan inti beton selular diperkuat pin bambu ini dilakukan pada laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram dan laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang. Dengan mengacu pada standart ASTM C365 untuk uji tekan dan ASTM C393-00 untuk uji *bending*.

Dari pengujian tekan yang dilakukan dengan menggunakan alat uji *Compression Testing Machine* dan uji bending menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* tipe M500 25CT.

4.1 Hasil Pengujian

4.1.1 Uji Tekan

Uji tekan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari penyisipan pin bambu dengan variasi sudut 90° , 75° dan 60° . Pengujian kekuatan tekan diambil dari sampel hasil pengujian yang hasilnya berupa grafik yang menunjukkan besarnya kekuatan tekan maksimal pada saat spesimen diberi tekanan dari arah *horizontal* dan *vertikal*. Berikut merupakan tabel hasil dari perhitungan data yang didapat pada saat prngujian tekan.

Tabel 4.1 Data hasil uji tekan *flat*

Sudut pin ($^\circ$)	Pengulangan	Panjang (mm^2)	Lebar (mm^2)	Gaya Maks (KN)	Kekuatan Tekan (MPa)	
90	1	100	100	26	2.6	
90	2	100	100	24	2.4	
90	3	102	101	25	2.4	
		rata –rata				2.5
75	1	100	104	19	1.8	
75	2	100	100	20	2.0	
75	3	105	102	17	1.6	
		rata –rata				1.8
60	1	100	100	15	1.5	
60	2	104	100	17	1.6	
60	3	100	101	13	1.3	
		rata –rata				1.5

Keterangan :

P = Gaya maks (KN)

□ = Panjang spesimen (mm)

l = Lebar spesimen (mm)

Dari tabel 4.1 hasil pengujian tekan dengan arah *flat* dari masing-masing variasi yaitu 60°, 75° dan 90° didapatkan nilai rata-rata yaitu sebagai berikut: 1.5 Mpa, 1.8 Mpa dan 2.5 Mpa. dari hasil tersebut nilai dari variasi sudut 90° memiliki kekuatan tekan yang paling tinggi kemudian diikuti dengan variasi sudut 75° dan yang terendah variasi sudut 60°.

Tabel 4.2 Data hasil uji tekan tepi

Sudut pin (°)	Pengulangan	Lebar (mm ²)	Tebal (mm ²)	Gaya Maks, kN	Kekuatan Tekan (Mpa)
90	1	100	55	12	2.2
90	2	100	57	12	2.1
90	3	101	55	13	2.3
	rata-rata				2.2
75	1	104	57	12	2.0
75	2	100	57	15	2.5
75	3	102	58	14	2.4
	rata-rata				2.3
60	1	100	58	15	2.6
60	2	100	59	17	2.9
60	3	101	56	12	2.1
	rata-rata				2.5

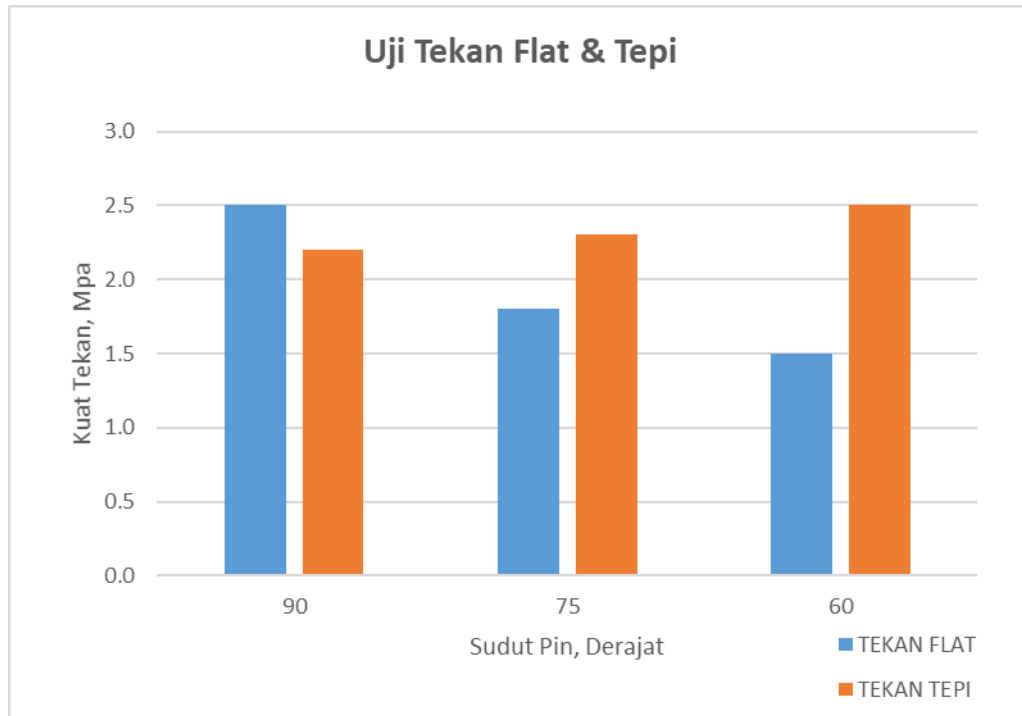
Keterangan :

P = Gaya maks (KN)

l = Lebar spesimen (mm)

t = Tebal spesimen (mm)

Dari tabel 4.2 hasil pengujian tekan dengan arah tepi dari masing-masing variasi yaitu 60°, 75° dan 90° didapatkan nilai rata-rata yaitu sebagai berikut: 2,7 Mpa, 2,5 Mpa dan 2,2 Mpa. dari hasil tersebut nilai dari variasi sudut 60° memiliki kekuatan tekan yang paling tinggi kemudian diikuti dengan variasi sudut 75° dan yang terendah variasi sudut 90°.



Gambar 4.1 Hubungan nilai rata-rata kuat tekan dengan variasi sudut diperkuat pin bambu

Pada gambar 4.1 didapat grafik nilai rata-rata kuat tekan *flat* dan tepi dari masing-masing variasi sudut penyisipan pin bambu seperti yang terlihat pada gambar 4.1 terlihat bahwa nilai kuat tekan tertinggi panel komposit terdapat pada variasi sudut 90° dengan nilai kuat tekan yaitu sebesar 2.5 Mpa diikuti dengan variasi sudut 75° dengan nilai kuat tekan sebesar 1.8 Mpa dan yang terakhir yaitu variasi sudut 60° yang memiliki nilai kuat tekan sebesar 1.5 Mpa, sedangkan pada hasil nilai rata – rata pengujian dengan arah tepi memiliki nilai yang berbanding terbalik dengan pengujian flat yang dimana nilai dari masing – masing variasi terlihat bahwa nilai kekuatan tekan tertinggi pada variasi sudut 65° dengan nilai 2.5 Mpa kemudian diikuti variasi sudut 75° dengan nilai rata-rata 2.3 Mpa dan yang terendah yaitu variasi sudut 90° dengan nilai 2.2 Mpa. Dapat dilihat bahwa kekuatan tekan dari masing – masing pengujian kekuatan tekan tertinggi yaitu pada variasi sudut 90° untuk *flat* sedangkan untuk tepi yang tertinggi yaitu variasi sudut 65° dan untuk yang terendah pada pengujian dengan arah flat yaitu variasi sudut 65° dan untuk pengujian dengan arah tepi yang terendah yaitu variasi sudut 90°. Sehingga variasi sudut penyisipan pin bambu menunjukkan kekuatan tekan tertinggi tergantung pada sudut kemiringan pemasangan sudut pin

bambu dan arah pengujian yang dilakukan.

Berikut gambar hasil dari pengujian tekan dan tepi, sebagai berikut :



Gambar 4.2 hasil pengujian tekan arah flat variasi sudut 90°



Gambar 4.3 Hasil pengujian tekan arah flat variasi sudut 75°



Gambar 4.4 Hasil pengujian tekan arah flat variasi sudut 60°



Gambar 4.5 Hasil pengujian tekan arah tepi variasi sudut 90°



Gambar 4.6 Hasil pengujian tekan arah tepi variasi sudut 75°



Gambar 4.6 Hasil pengujian tekan arah tepi variasi sudut 60°

4.1.2 Uji Bending

Uji *bending* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan pin bambu dengan variasi sudut 60° , 75° , dan 90° , terhadap kekuatan *bending* panel komposit. Pada data hasil pengujian *bending* diambil dari sampel hasil yang menunjukkan besarnya gaya beban maksimal saat menekuk.

Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan data yang didapatkan pada saat pengujian *bedning* sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan pengujian *bendig*

Sudut pin (°)	Pengulangan	Tebal spesimen (mm ²)	Tebal core (mm ²)	Lebar (mm ²)	Panjang span (mm ²)	Tebal skin (mm ²)	Beban max (KN)	kuat bending (MPa)
90	1	55	49	100	300	3	2.6	12.64
90	2	55	49	100	300	3	2.4	11.58
90	3	55	49	100	300	3	2.4	11.32
	rata – rata							11.85
75	1	55	49	100	300	3	2.4	12.29
75	2	55	49	100	300	3	2.6	13.59
75	3	55	49	100	300	3	2.8	13.51
	rata – rata							13.13
60	1	55	49	100	300	3	4.2	19.59
60	2	55	49	100	300	3	3.1	14.99
60	3	55	49	100	300	3	3.6	17.35
	rata – rata							17.31

Keterangan :

P = Beban maksimum *bending* (KN)

L = Panjang span (mm)

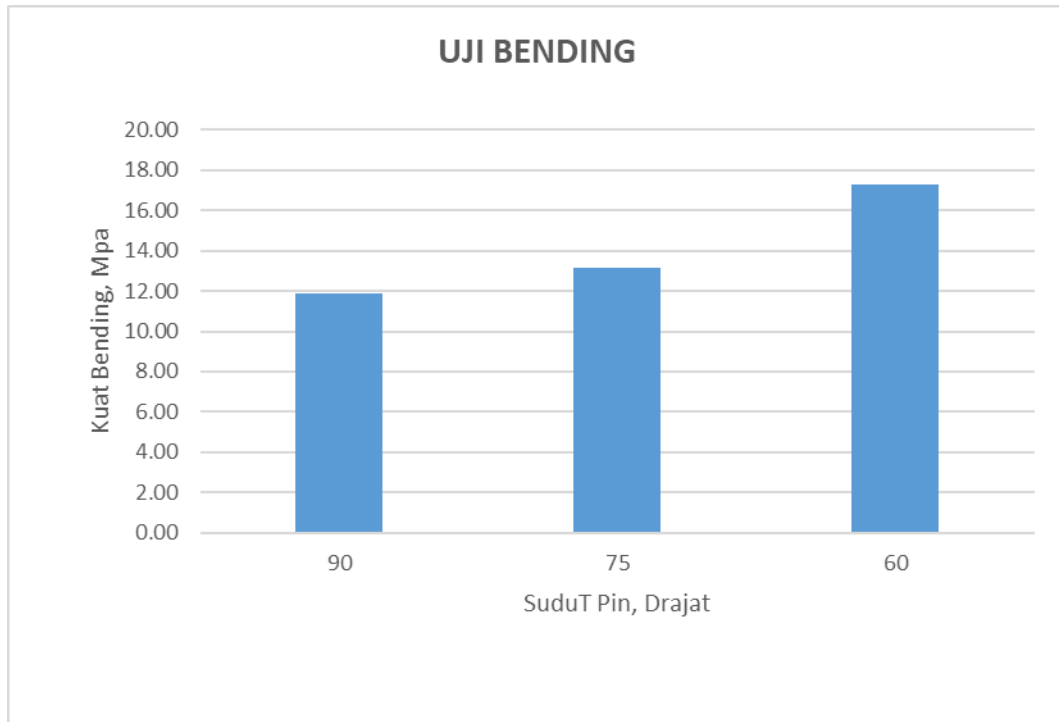
t = tebal skin Komposit (mm)

d = tebal komposit sandwich (mm)

c = tebal core (mm)

b = lebar komposit sandwich (mm)

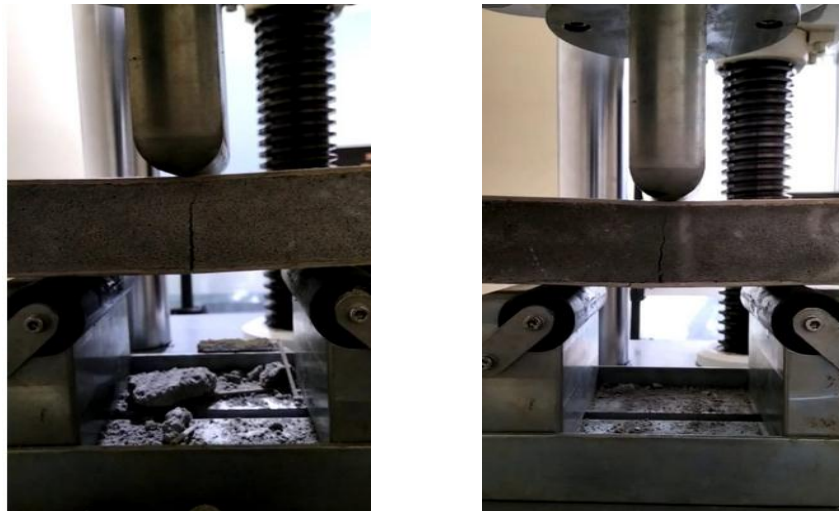
Tabel 4.3 hasil pengujian *bending* dari masing-masing variasi sudut penyisipan pin bambu panel komposit didapatkan grafik kekuatan *bending* rata-rata yaitu, variasi sudut 60° dengan nilai 17,31 Mpa , sudut 75° nilai kekuatan bendingnya 13,12 Mpa, dan yang terakhir sudut 90° dengan nilai 11,85 Mpa.



Gambar 4.7 Hubungan nilai rata-rata kuat *bending* dengan variasi sudut diperkuat pin bambu

Pada Gambar 4.7, menunjukkan bahwa kekuatan *bending* panel komposit diperkuat pin bambu 60°, 75° , dan 90° dapat diketahui nilai dari panel komposit dengan variasi sudut penyisipan pin bambu 60° memiliki kekuatan *bending* tertinggi kemudian diikuti oleh variasi sudut 75° dan yang terakhir variasi sudut 90° seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3, dengan demikian bahwa sudut yang terbentuk pada penyisipan pin bambu pada setiap panel komposit menentukan kekuatan *bending* yang lebih kuat. Kekuatan dari masing – masing variasi disebabkan oleh kemiringan dari pemasangan pin bambu, oleh karena itu besar kecilnya kuat *bending* atau kelenturan spesimen dipengaruhi oleh sudut kemiringan pin bambu. Berikut gambar dari hasil pengujian *bending*.

Berikut gambar hasil prngujian *bending*, sebagai berikut :



Gambar 4.8 Hasil pengujian *bending*

4.1.3 Uji Massa Jenis

Pengujian massa jenis bertujuan untuk mengetahui massa jenis dari komposit *sandwich* beton ringan dengan inti beton selular diperkuat pin bambu. Spesimen yang dilakukan pengujian massa jenis hanya dilakukan pada beton kering dengan menimbang spesimen, sehingga dapat diketahui berat masing–masing spesimen lalu dibagi volume spesimen. Berikut tabel hasil perhitungan massa jenis beton ringan pengujian tekan.

Tabel 4.4 Data hasil perhitungan massa jenis uji tekan *flat*

Sudut pin (°)	Berat (mm)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Volume (m ³)	Massa jenis (Kg/m ³)
90	549	100	100	55	0.00055	998.18
90	555	100	100	57	0.00057	973.68
90	562	102	101	55	0.00057	991.86
Rata – rata						987.91
75	583	100	102	58	0.00059	985.46
75	554	100	100	57	0.00057	971.93
75	567	101	102	56	0.00058	982.82
Rata – rata						980.07
60	545	100	100	56	0.00056	973.21
60	555	104	100	56	0.00058	952.95
60	549	100	101	55	0.00056	988.30
Rata – rata						971.49

Tabel 4.5 Data hasil perhitungan massa jenis uji tekan tepi

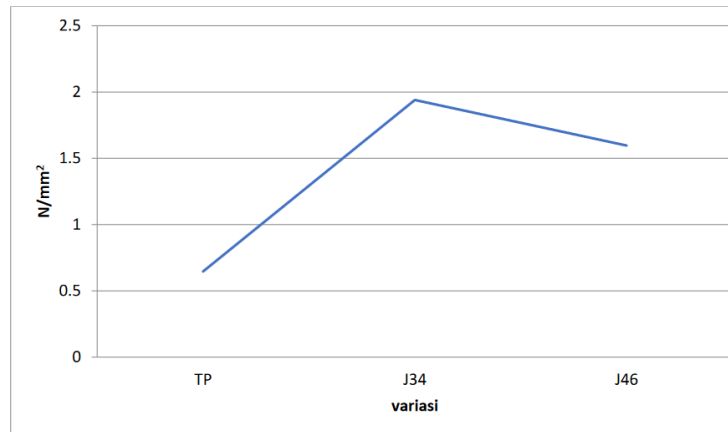
Sudut pin ($^{\circ}$)	Berat (mm)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Volume (m^3)	massa jenis (kg/m^3)
90	578	102	102	57	0.00059	974.66
90	549	100	100	55	0.00055	998.18
90	570	100	101	57	0.00058	990.10
Rata – rata						987.65
75	561	101	102	55	0.00057	990.10
75	568	100	100	57	0.00057	996.49
75	558	100	100	58	0.00058	962.07
Rata – rata						982.89
60	587	102	100	58	0.00059	992.22
60	560	100	101	56	0.00057	990.10
60	580	102	102	56	0.00058	995.50
Rata – rata						992.61

Dari tabel 4.4 dan tabel 4.5 dapat dilihat bahwa dari hasil rata – rata pengujian massa jenis spesimen pada pengujian tekan memiliki nilai massa jenis tertinggi pada variasi pengujian *flat* yaitu 987.91 kg/m^3 dan untuk pengujian arah tepi nilai rata – rata tertinggi yaitu 992.61 kg/m^3 . Sehingga dari hasil perhitungan massa jenis pada pengujian tekan memiliki nilai di rata – rata standard beton ringan dengan kekuatan menengah (*Moderate Strenght Concretes*) untuk struktur ringan dengan berat 800-1350 kg/m^3 .

4.1.4 Hasil Komparasi Peneliti Dengan Peneliti Terdahulu

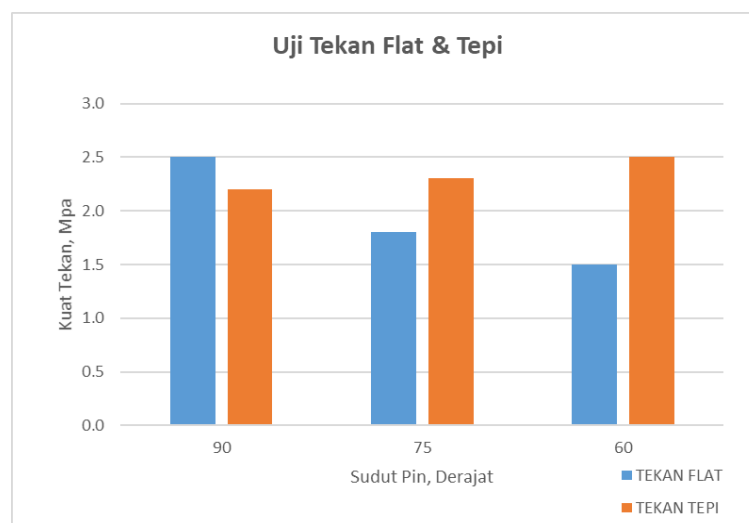
Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai “sifat tekan dan banding panel sandwich beton ringan selular dengan penguatan pin bambu” yang ditulis oleh Haikal Fikri dari Universitas mataram mendapatkan hasil pengujian dengan menggunakan metode pemasangan pin bambu variasi jarak 3x4 didapatkan hasil rata-rata pengujian 1,94 Mpa dan untuk variasi jarak 4x6 didapatkan hasil rata-rata pengujian 1,596 Mpa. Sedangkan dalam pembuatan beton ringan dengan metode pesangan pin bambu dengan variasi sudut 90° didapatkan hasil rata-rata pengujian 2,5 Mpa, sudut 75° didapatkan hasil rata-rata pengujian 1,8 Mpa dan 60° didapatkan hasil rata-rata pengujian 1,5 Mpa.

Berikut grfik hasil analisis pengujian tekan dengan variasi jarak pin bambu dan variasi sudut pemasangan pin yang dilakukan pada penelitian sebelumnya dan peneliti.



Gambar 4.9 Grafik hasil pengujian tekan dengan variasi jarak pemasangan pin

Sumber : Haikal Fikri, 2022



Gambar 4.10 Grafik hasil pengujian tekan dengan variasi sudut pemasangan pin

pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 didapat grafik nilai rata-rata perbandingan antara variasi jarak dengan variasi sudut yang dimana bila menggunakan variasi 90° didapatkan hasil rata-rata pengujian sebesar 2,5 Mpa sedangkan menggunakan variasi jarak 3x4 didapatkan hasil rata-rata pengujian 1,94 Mpa diikuti dengan variasi sudut 75° didapatkan hasil rata-rata sebesar 1,8 Mpa sedangkan bila menggunakan variasi jarak 4x6 didapatkan hasil rata-rata pengujian sebesar 1,596 Mpa jadi dapat diambil kesimpulan bahwa dalam pembuatan beton dengan menggunakan metode pemasangan pin bambu dengan variasi sudut memiliki hasil nilai rata-rata pengujian tekan lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode pemasangan pin bambu dengan variasi jarak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan analisis mengenai kekuatan tekan dan *bending* komposit *sandwich* dengan inti beton selular diperkuat pin bambu yang dihasilkan sebagai berikut :

1. Kekuatan tekan tertinggi terjadi pada pengujian arah *flat* yaitu sudut 90° dengan nilai rata-rata 2.5 Mpa dan pengujian arah tepi yaitu sudut 60° dengan nilai rata-rata 2.7 Mpa, sedangkan kekuatan tekan terendah terjadi pada pengujian arah *flat* variasi sudut 60° dengan nilai rata-rata 1.5 Mpa dan arah tepi terjadi pada variasi sudut 90° dengan nilai rata-rata 2.2 Mpa.
2. Kekuatan *bending* tertinggi terjadi pada variasi sudut 60° dengan nilai rata-rata 17.31 Mpa, sedangkan nilai terendah pada pengujian *bending* terjadi pada variasi sudut 90° dengan rata-rata 11.85 Mpa.
3. Perhitungan massa jenis panel komposit memiliki nilai rata-rata tertinggi yaitu 999.39 kg/m^3 pada pengujian tekan, dengan demikian nilai yang didapat masih dalam kategori beton ringan berstruktur ringan.
4. Hasil perbandingan pengujian tekan variasi jarak dengan variasi sudut pemasangan pin didapat nilai tertinggi pada pengujian variasi sudut yaitu 2.5 Mpa, sedangkan pada variasi jarak nilai rata-rata yang diperoleh 1.94 Mpa.

5.2 Saran

Penelitian ini masih perlu banyak perbaikan sehingga kedepannya lebih bisa dikembangkan lagi dengan menambahkan variasi pengujian maupun jarak pada pemasangan pin bambu. Pada penelitian ini yang harus diperhatikan dalam pencampurn *foam agent* dan pengadukannya agar lebih diperhatikan karena gelembung yang terbentuk dari hasil pengadukan sangat gampang pecah.

DAFTAR PUSTAKA

- Amada, S., Lchikawa, Y., Munekata, T., Nagase, Y. and Shimizu, H.,1997, "Fiber Texture and Mechanical Graded Structure of Bamboo", *Composites Part B*, Vol.288, pp 13-20.
- Anggela NKYC, 2006, *Pengaruh Jumlah dan Konfigurasi Lapisan Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Tekan Komposit Hibrid Bambu-Fiberglass dengan Matrik Polyester dan Epoxy*, Skripsi, Universitas Mataram.
- Arash Sedaghatdoost, Morteza Amini, 2017, *Mechanical Properties of Polyolefin Fiber-Reinforced Light Weight Concrete*, *Civil Engineering Journal*, Vol. 3, No. 9, 759-765
- Asintha Nanayakkara dkk, 2012, Experimental impact study of a z-pinned foam core sandwich composite structure and materials, 14, halaman 469.
- ASTM C 331-81, 2005, "Standart Specification for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry units", *American Society For Testing and Material*
- ASTM C365 "Standart Test Method For Flatwise Compressive Properties Of Sandwich Cores".
- ASTM 330-82a "Standart Specification for Lightweight Aggregates for structural concrete".
- ASTM C393 – 00 "Standard Test Method For Core Shear Properties Of Sandwich Construction Of Sandwich Constructions by Beam Flexure".
- ASTM D695 "Standard Test Method For Compressive Properties of Rigid Plastics"
- Defoirdt N, Subhankar Biswaka, Linde DeVriese, 2010, Assessment of tensile properties of coir, bamboo and jute fibre, *Composites Part A: Applied Science and Manufacture*, Vol 41, no 5, may, hal 588 – 595
- Haikal. F, 2022. Sifat Tekan Dan Bending Panel Sandwich Beton Ringan Selular Dengan Penguatan Pin Bambu. Universitas Mataram, Skripsi.
- Gibson, Ronald F. 1994. *Principles Of Composite Material Mechanics*. New York : Mc Graw Hill,Inc
- Harris, B. 1999. *Engineering Composite Materials*. The Institute of Materials, London.

- Kalapaksi G, Setyawan PD, Sugiman, Catur AD, Ramadhani M.F., 2014, *Kekuatan Tarik dan Tekan Komposit Laminat Hibrid Aluminium-Fiberglass-Bambu*, Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke 20, UGM Jogjakarta.
- Marfranklin, M., Risdianto, Y., Pengaruh penambahan serat sabut kelapa pada pembuatan beton ringan cellular lightweight concrete, *Rekayasa Teknik Sipil*, 2(1), 2019.
- Mirzha Dwi Pamungkas, Yogie Risdianto, 2020, *Pengaruh Penambahan Serat Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Beton Ringan Seluler (CLC)*, *Rekayasa Teknik Sipil*, vol.1, no.1.
- Muhammad Marfranklin, Yogie Risdianto, 2019, *Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Pada Pembuatan Beton Ringan Cellular Lightweight Concrete*, *Rekayasa Teknik Sipil*, vol.2, no.1.
- Mc Cormac, Jack C.2004.”*Desain Beton Bertulang-Edisi Kelima-jilid 2*”. Penerbit Erlangga:Jakarta
- Mulyono, T., 2005, *Teknologi beton*, Yogyakarta, Andi
- Neville, A.M., Brooks J.J, “*Concrete technology*”, London: Longman Group Ltd, 1987.
- Novriyanti, (2005) dalam Arsad (2014), *Bambu tanaman multi manfaat pelindung tepian Sungai*. Info hasil hutan vol. 2. No. 1. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan.
- Pamungkas, M.D., Risdianto Y., Pengaruh penambahan serat botol plastik sebagai bahan tambah pembuatan beton ringan seluler, *Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1), 2020.
- R. E. Smallman and R. J. Bishop, 2000. “*modern physical metallurgy and materials engineering*”, Hill International Book Company, New York.
- Setyawan PD, Sugiman, 2013, *Pengaruh Densitas Honeycomb Bambu Sebagai Inti Komposit Sandwich Terhadap Kekuatan Bending Komposit Sandwich*, *jurnal REFORMA* Vol.2 No.2.
- Sulastiningsih, I.M., Nurwati dan A. Santoso, 2005. *Pengaruh lapisan kayu terhadap sifat bambu lamina*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 23(1): 15-22. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor. Indonesia.
- Tjokrodimuljo, K., 1996, *Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Van Vlack, L. H., 1985. *Elements of Material Science and Engineering*. Erlangga,
Jakarta

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

PERHITUNGAN KUAT TEKAN, KUAT BENDING & MASSA JENIS

Rumus yang digunakan, yaitu :

$$\sigma = \frac{P}{f.l}$$

1) Perhitungan kuat tekan flat

a. Variasi Sudut 90°

Berikut perhitungan variasi sudut 90°

Diketahui :

$$P_1 = 26 \text{ KN}$$

$$P_2 = 24 \text{ KN}$$

$$P_3 = 25 \text{ KN}$$

$$l_1 = 100 \text{ mm}$$

$$l_2 = 100 \text{ mm}$$

$$l_3 = 101 \text{ mm}$$

$$\square_1 = 100 \text{ mm}$$

$$\square_2 = 100 \text{ mm}$$

$$\square_3 = 102 \text{ mm}$$

Ditanya : σ_1, σ_2 dan σ_3 ?

Penyelesaian

$$\sigma_1 = 26 / 100 \times 100 = 0,0026 \text{ KN/mm}^2 = 2,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 24 / 100 \times 100 = 0,0024 \text{ KN/mm}^2 = 2,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = 25 / 101 \times 102 = 0,0025 \text{ KN/mm}^2 = 2,5 \text{ MPa}$$

sehingga :

$$\text{Rata - rata} = \frac{2.6+2.4+2.4}{3} = 2.5 \text{ Mpa}$$

b. Variasi sudut 75°

Berikut perhitungan sudut 75°

Diketahui :

$$P_1 = 19 \text{ KN}$$

$$P_2 = 20 \text{ KN}$$

$$P_3 = 17 \text{ KN}$$

$$l_1 = 104 \text{ mm}$$

$$l_2 = 100 \text{ mm}$$

$$l_3 = 102 \text{ mm}$$

$$\square_1 = 100 \text{ mm}$$

$$\square_2 = 100 \text{ mm}$$

$$\square_3 = 105 \text{ mm}$$

Ditanya : σ_1, σ_2 dan σ_3 ?

Penyelesaian

$$\sigma_1 = 19 / 100 \times 104 = 0,0018 \text{ KN/mm}^2 = 1,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 24 / 100 \times 100 = 0,0020 \text{ KN/mm}^2 = 2,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = 25 / 105 \times 102 = 0,0016 \text{ KN/mm}^2 = 1,6 \text{ MPa}$$

sehingga :

$$\text{Rata - rata} = \frac{1.8 + 2.0 + 1.6}{3} = 1.8 \text{ MPa}$$

c. Variasi Sudut 60°

Berikut perhitungan sudut 60°

Diketahui :

$$P_1 = 15 \text{ KN}$$

$$P_2 = 17 \text{ KN}$$

$$P_3 = 13 \text{ KN}$$

$$l_1 = 100 \text{ mm}$$

$$l_2 = 100 \text{ mm}$$

$$l_3 = 101 \text{ mm}$$

$$\square_1 = 100 \text{ mm}$$

$$\square_2 = 104 \text{ mm}$$

$$\square_3 = 100 \text{ mm}$$

Ditanya : σ_1, σ_2 dan σ_3 ?

Penyelesaian

$$\sigma_1 = 15 / 100 \times 100 = 0,0015 \text{ KN/mm}^2 = 1,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 24 / 104 \times 100 = 0,0016 \text{ KN/mm}^2 = 1,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = 25 / 100 \times 101 = 0,0013 \text{ KN/mm}^2 = 1,3 \text{ MPa}$$

sehingga :

$$\text{Rata - rata} = \frac{1.5 + 1.6 + 1.3}{3} = 1.5 \text{ MPa}$$

2) Perhitungan kuat tekan tepi

Rumus yang digunakan, yaitu :

$$\sigma = \frac{P}{l \cdot t}$$

a. Variasi Sudut 90°

Berikut perhitungan variasi sudut 90°

Diketahui :

$$P_1 = 12 \text{ KN}$$

$$P_2 = 12 \text{ KN}$$

$$P_3 = 13 \text{ KN}$$

$$l_1 = 100 \text{ mm}$$

$$l_2 = 100 \text{ mm}$$

$$l_3 = 101 \text{ mm}$$

$$t_1 = 55 \text{ mm}$$

$$t_2 = 57 \text{ mm}$$

$$t_3 = 55 \text{ mm}$$

Ditanya : σ_1, σ_2 dan σ_3 ?

Penyelesaian

$$\sigma_1 = 12 / 100 \times 55 = 0,0022 \text{ KN/mm}^2 = 2,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 12 / 100 \times 57 = 0,0021 \text{ KN/mm}^2 = 2,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = 13 / 101 \times 55 = 0,0023 \text{ KN/mm}^2 = 2,3 \text{ MPa}$$

sehingga :

$$\text{Rata - rata} = \frac{2.2+2.1+2.3}{3} = 2.2 \text{ MPa}$$

b. Variasi Sudut 75°

Berikut perhitungan variasi sudut 90°

Diketahui :

$$P_1 = 12 \text{ KN}$$

$$P_2 = 15 \text{ KN}$$

$$P_3 = 14 \text{ KN}$$

$$l_1 = 104 \text{ mm}$$

$$l_2 = 100 \text{ mm}$$

$$l_3 = 102 \text{ mm}$$

$$t_1 = 57 \text{ mm}$$

$$t_2 = 57 \text{ mm}$$

$$t_3 = 58 \text{ mm}$$

Ditanya : σ_1, σ_2 dan σ_3 ??

Penyelesaian

$$\sigma_1 = 12 / 104 \times 57 = 0,0020 \text{ KN/mm}^2 = 2,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 15 / 100 \times 57 = 0,0025 \text{ KN/mm}^2 = 2,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = 14 / 102 \times 58 = 0,0024 \text{ KN/mm}^2 = 2,4 \text{ MPa}$$

sehingga :

$$\text{Rata - rata} = \frac{2.0 + 2.5 + 2.4}{3} = 2.3 \text{ Mpa}$$

c. Variasi Sudut 60°

Berikut perhitungan variasi sudut 90°

Diketahui :

$$P_1 = 15 \text{ KN}$$

$$P_2 = 17 \text{ KN}$$

$$P_3 = 12 \text{ KN}$$

$$l_1 = 100 \text{ mm}$$

$$l_2 = 100 \text{ mm}$$

$$l_3 = 101 \text{ mm}$$

$$t_1 = 58 \text{ mm}$$

$$t_2 = 59 \text{ mm}$$

$$t_3 = 56 \text{ mm}$$

Ditanya : σ_1, σ_2 dan σ_3 ?

Penyelesaian

$$\sigma_1 = 15 / 104 \times 57 = 0,0026 \text{ KN/mm}^2 = 2,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 17 / 100 \times 57 = 0,0029 \text{ KN/mm}^2 = 2,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = 12 / 102 \times 58 = 0,0021 \text{ KN/mm}^2 = 2,1 \text{ MPa}$$

sehingga :

$$\text{Rata - rata} = \frac{2.6+2.9+2.1}{3} = 2.5 \text{ MPa}$$

3) Perhitungan kuat bending

Rumus yang digunakan

$$\sigma = \frac{P.L}{2t(d+c)b}$$

a. Variasi sudut 90

Berikut perhitungan hasil kuat bending

Diketahui : L, t, d, c dan b nilainya konstan.

$$P_1 = 268 \text{ Kgf} \times 1000 = 2.6 \text{ KN}$$

$$P_2 = 245,5 \text{ Kgf} \times 1000 = 2.4 \text{ KN}$$

$$P_3 = 240 \text{ Kgf} \times 1000 = 2.4 \text{ KN}$$

$$L = 300 \text{ mm}$$

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$d = 55 \text{ mm}$$

$$c = 49 \text{ mm}$$

$$b = 100 \text{ mm}$$

Ditanyakan : σ_{b1}, σ_{b2} dan σ_{b3}

Penyelesain :

$$\begin{aligned} \sigma_{b1} &= 2,6 \times 300 / 2 \times 3 (55 + 49) 100 \\ &= 0,01264 \text{ KN/mm}^2 = 12,64 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{b2} &= 2,4 \times 300 / 2 \times 3 (55 + 49) 100 \\ &= 0,01185 \text{ KN/mm}^2 = 11,85 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{b3} &= 2,37 \times 300 / 2 \times 3 (55 + 49) 100 \\ &= 0,01132 \text{ KN/mm}^2 = 11,32 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\text{Rata - rata} = \frac{12.64+11.58+11.32}{3} = 11.85 \text{ MPa}$$

b. Variasi sudut 75°

Berikut perhitungan hasil kuat bending

Diketahui : L, t, d, c dan b nilainya konstan.

$$P_1 = 260,5 \text{ Kgf} \times 1000 = 2.6 \text{ KN}$$

$$P_2 = 288,1 \text{ Kgf} \times 1000 = 2.8 \text{ KN}$$

$$P_3 = 286,5 \text{ Kgf} \times 1000 = 2.79 \text{ KN}$$

$$L = 300 \text{ mm}$$

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$d = 55 \text{ mm}$$

$$c = 49 \text{ mm}$$

$$b = 100 \text{ mm}$$

Ditanyakan : σ_{b1} , σ_{b2} dan σ_{b3}

Penyelesain :

$$\begin{aligned} \sigma_{b1} &= 2,6 \times 300 / 2 \times 3 (55 + 49) 100 \\ &= 0,01229 \text{ KN/mm}^2 = 12,29 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{b2} &= 2,4 \times 300 / 2 \times 3 (55 + 49) 100 \\ &= 0,01359 \text{ KN/mm}^2 = 13,59 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{b3} &= 2,79 \times 300 / 2 \times 3 (55 + 49) 100 \\ &= 0,01351 \text{ KN/mm}^2 = 13,31 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\text{Rata - rata} = \frac{12.29+13.59+13.51}{3} = 13.13 \text{ Mpa}$$

c. Variasi sudut 60

Berikut perhitungan hasil kuat bending

Diketahui : L, t, d, c dan b nilainya konstan.

$$P_1 = 415,3 \text{ Kgf} \times 1000 = 4,1 \text{ KN}$$

$$P_2 = 317,8 \text{ Kgf} \times 1000 = 3,1 \text{ KN}$$

$$P_3 = 367,8 \text{ Kgf} \times 1000 = 3,6 \text{ KN}$$

$$L = 300 \text{ mm}$$

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$d = 55 \text{ mm}$$

$$c = 49 \text{ mm}$$

$$b = 100 \text{ mm}$$

Ditanyakan : σ_{b1} , σ_{b2} dan σ_{b3}

Penyelesain :

$$\begin{aligned}\sigma_{b1} &= 4,1 \times 300 / 2 \times 3 (55 + 49) 100 \\ &= 0,01959 \text{ KN/mm}^2 = 19,59 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{b2} &= 3,1 \times 300 / 2 \times 3 (55 + 49) 100 \\ &= 0,014,99 \text{ KN/mm}^2 = 14,99 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{b3} &= 3,6 \times 300 / 2 \times 3 (55 + 49) 100 \\ &= 0,017,35 \text{ KN/mm}^2 = 17,35 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Sehingga :

$$\text{Rata - rata} = \frac{19,59+14,99+17,35}{3} = 17,31 \text{ Mpa}$$

d. Perhitungan massa jenis

Rumus yang digunakan :

Rumus : massa jenis (kg/m)

$$S = w / v$$

Rumus volume

$$v = p \times l \times t$$

1. Uji tekan flat

a. Varisai sudut 90°

Berikut perhitungannya :

Diketahui :

$$w_1 = 549 \text{ g} = 0,549 \text{ Kg}$$

$$w_2 = 555 \text{ g} = 0,555 \text{ Kg}$$

$$w_3 = 562 \text{ g} = 0,562 \text{ Kg}$$

Ditanyakan : a. v_1 , v_2 dan v_3 ?

b. S_1 , S_2 dan S_3 ?

Penyelesain :

$$a. \quad v_1 = 100 \times 100 \times 55 = 550000 \text{ mm}^3 = 0,00055 \text{ m}^3$$

$$v_2 = 100 \times 100 \times 57 = 570000 \text{ mm}^3 = 0,00057 \text{ m}^3$$

$$v_3 = 102 \times 101 \times 55 = 570000 \text{ mm}^3 = 0,00057 \text{ m}^3$$

$$b. \quad S_1 = 0,549 / 0,00055 = 998,18 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_2 = 0,555 / 0,00057 = 973,68 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_3 = 0,562 / 0,00057 = 991,86 \text{ Kg/m}^3$$

Sehingga

$$\text{Rata - rata} = \frac{998,18 + 973,68 + 991,86}{3} = 987,91 \text{ Kg/m}^3$$

b. Varisai sudut 75°

Berikut perhitungannya :

Diketahui :

$$w_1 = 583 \text{ g} = 0,583 \text{ Kg}$$

$$w_2 = 554 \text{ g} = 0,554 \text{ Kg}$$

$$w_3 = 578 \text{ g} = 0,578 \text{ Kg}$$

Ditanyakan : a. v_1 , v_2 dan v_3 ?

b. S_1 , S_2 dan S_3 ?

Penyelesain :

$$a. \quad v_1 = 100 \times 102 \times 58 = 590000 \text{ mm}^3 = 0,00059 \text{ m}^3$$

$$v_2 = 100 \times 100 \times 57 = 570000 \text{ mm}^3 = 0,00057 \text{ m}^3$$

$$v_3 = 101 \times 102 \times 56 = 580000 \text{ mm}^3 = 0,00058 \text{ m}^3$$

$$b. \quad S_1 = 0,549 / 0,00059 = 985,46 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_2 = 0,555 / 0,00057 = 971,93 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_3 = 0,562 / 0,00058 = 982,82 \text{ Kg/m}^3$$

Sehingga

$$\text{Rata - rata} = \frac{985,46 + 971,93 + 982,82}{3} = 980,07 \text{ Kg/m}^3$$

c. Varisai sudut 60°

Berikut perhitungannya :

Diketahui :

$$w_1 = 545 \text{ g} = 0,545 \text{ Kg}$$

$$w_2 = 555 \text{ g} = 0,555 \text{ Kg}$$

$$w_3 = 549 \text{ g} = 0,549 \text{ Kg}$$

Ditanyakan : a. v_1 , v_2 dan v_3 ?

b. S_1 , S_2 dan S_3 ?

Penyelesain :

$$a. \quad v_1 = 100 \times 100 \times 56 = 560000 \text{ mm}^3 = 0,00056 \text{ m}^3$$

$$v_2 = 104 \times 100 \times 56 = 580000 \text{ mm}^3 = 0,00058 \text{ m}^3$$

$$v_3 = 100 \times 101 \times 55 = 560000 \text{ mm}^3 = 0,00056 \text{ m}^3$$

$$b. \quad S_1 = 0,545 / 0,00056 = 973,21 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_2 = 0,555 / 0,00058 = 952,95 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_3 = 0,549 / 0,00056 = 988,30 \text{ Kg/m}^3$$

Sehingga

$$\text{Rata - rata} = \frac{973,21 + 952,95 + 988,30}{3} = 971,49 \text{ Kg/m}^3$$

2. Uji tekan tepi

a. Varisai sudut 90°

Berikut perhitungannya :

Diketahui :

$$w_1 = 578 \text{ g} = 0,578 \text{ Kg}$$

$$w_2 = 549 \text{ g} = 0,549 \text{ Kg}$$

$$w_3 = 570 \text{ g} = 0,570 \text{ Kg}$$

Ditanyakan : a. v_1 , v_2 dan v_3 ?

b. S_1 , S_2 dan S_3 ?

Penyelesain :

$$a. \quad v_1 = 102 \times 102 \times 57 = 590000 \text{ mm}^3 = 0,00059 \text{ m}^3$$

$$v_2 = 100 \times 100 \times 55 = 550000 \text{ mm}^3 = 0,00055 \text{ m}^3$$

$$v_3 = 100 \times 101 \times 57 = 580000 \text{ mm}^3 = 0,00058 \text{ m}^3$$

$$c. S_1 = 0,578 / 0,00059 = 974,66 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_2 = 0,549 / 0,00058 = 998,18 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_3 = 0,570 / 0,00058 = 990,10 \text{ Kg/m}^3$$

Sehingga

$$\text{Rata - rata} = \frac{974,66 + 998,18 + 990,10}{3} = 987,65 \text{ Kg/m}^3$$

b. Varisai sudut 75°

Berikut perhitungannya :

Diketahui :

$$w_1 = 561 \text{ g} = 0,561 \text{ Kg}$$

$$w_2 = 568 \text{ g} = 0,568 \text{ Kg}$$

$$w_3 = 558 \text{ g} = 0,558 \text{ Kg}$$

Ditanyakan : a. v_1 , v_2 dan v_3 ?

b. S_1 , S_2 dan S_3 ?

Penyelesain :

$$a. v_1 = 101 \times 102 \times 55 = 570000 \text{ mm}^3 = 0,00057 \text{ m}^3$$

$$v_2 = 100 \times 100 \times 57 = 570000 \text{ mm}^3 = 0,00057 \text{ m}^3$$

$$v_3 = 101 \times 100 \times 58 = 580000 \text{ mm}^3 = 0,00058 \text{ m}^3$$

$$b. S_1 = 0,561 / 0,00057 = 990,10 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_2 = 0,568 / 0,00057 = 996,49 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_3 = 0,558 / 0,00058 = 962,07 \text{ Kg/m}^3$$

Sehingga

$$\text{Rata - rata} = \frac{990,10 + 996,49 + 962,07}{3} = 982,89 \text{ Kg/m}^3$$

c. Varisai sudut 60°

Berikut perhitungannya :

Diketahui :

$$w_1 = 587 \text{ g} = 0,587 \text{ Kg}$$

$$w_2 = 560 \text{ g} = 0,560 \text{ Kg}$$

$$w_3 = 570 \text{ g} = 0,570 \text{ Kg}$$

Ditanyakan : a. v_1 , v_2 dan v_3 ?

b. S_1 , S_2 dan S_3 ?

Penyelesain :

$$\text{a. } v_1 = 102 \times 100 \times 58 = 590000 \text{ mm}^3 = 0,00059 \text{ m}^3$$

$$v_2 = 100 \times 101 \times 56 = 570000 \text{ mm}^3 = 0,00057 \text{ m}^3$$

$$v_3 = 102 \times 102 \times 56 = 580000 \text{ mm}^3 = 0,00058 \text{ m}^3$$

$$\text{b. } S_1 = 0,587 / 0,00059 = 992,22 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_2 = 0,560 / 0,00057 = 990,10 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_3 = 0,570 / 0,00058 = 995,50 \text{ Kg/m}^3$$

Sehingga

$$\text{Rata - rata} = \frac{992,89 + 990,10 + 995,50}{3} = 992,61 \text{ Kg/m}^3$$

LAMPIRAN II GRAFIK PENGUJIAN BENDING



Test Report

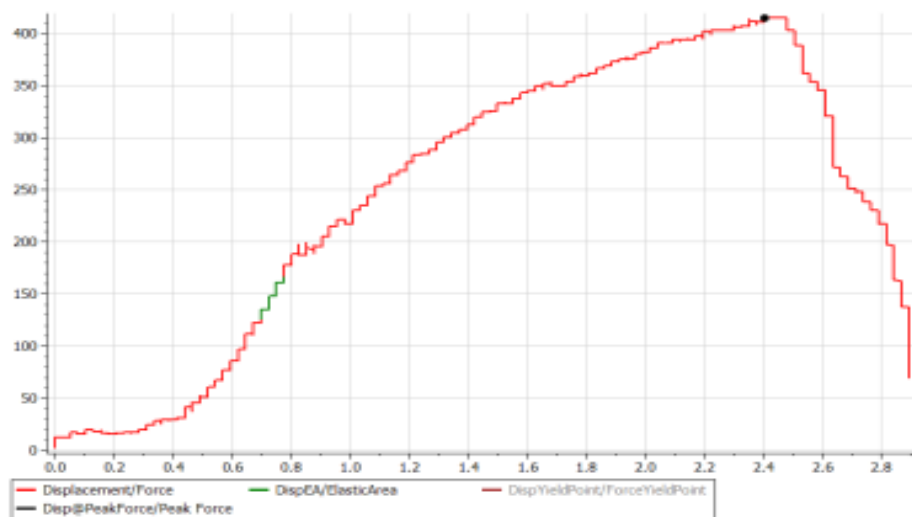


Monday, 28-Nov-2022 10:51:18 AM

Bending

No. Pengujian : T-34
 Kode Benda Uji : MTP1
 Nama : MUHAMMAD TRI PRIJAYA
 Type : BETON RINGAN
 Standard : ASTM
 Remark : 60 A

Shape	Area (mm ²)	initial length (mm)	Yield Point (%)
Custom	5000.00	138.00	0.20



Ultimate			
Force Ultimate (kgf)	Elongation @Ultimate (mm)	Stress Ultimate (MPa)	Strain @Ultimate (%)
415.3	2.40	0.8	1.74

Yield			
Yield Force (kgf)	Elongation @Yield (mm)	Yield Stress (MPa)	Strain @Yield (%)
Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter

Modulus Elasticity (MPa)
446.5

TMR-Instrument

www.testindo.com



Test Report

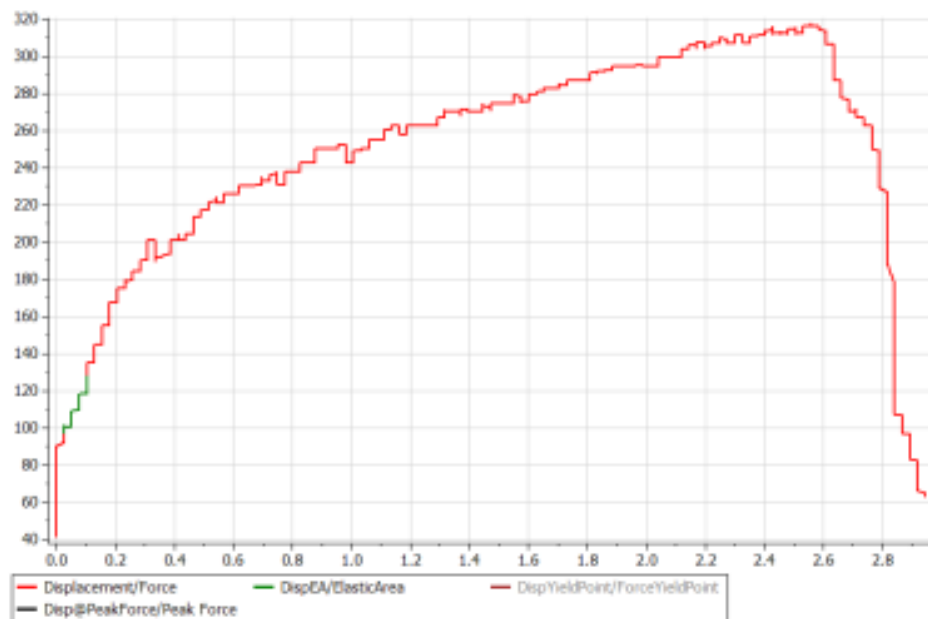


Monday, 28-Nov-2022 12:41:05 PM

Bending

No. Pengujian : T-34
 Kode Benda Uji : MTP2
 Nama : MUHAMMAD TRI PRIJAYA
 Type : BETON RINGAN
 Standard : ASTM
 Remark : 60 B

Shape	Area (mm ²)	initial length (mm)	Yield Point (%)
Custom	5000.00	138.00	0.20



Ultimate			
Force Ultimate (kgf)	Elongation @Ultimate (mm)	Stress Ultimate (MPa)	Strain @Ultimate (%)
317.8	2.56	0.6	1.85

Yield			
Yield Force (kgf)	Elongation @Yield (mm)	Yield Stress (MPa)	Strain @Yield (%)
Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter

Modulus Elasticity (MPa)
309.7

TMR-Instrument

www.testindo.com



Test Report

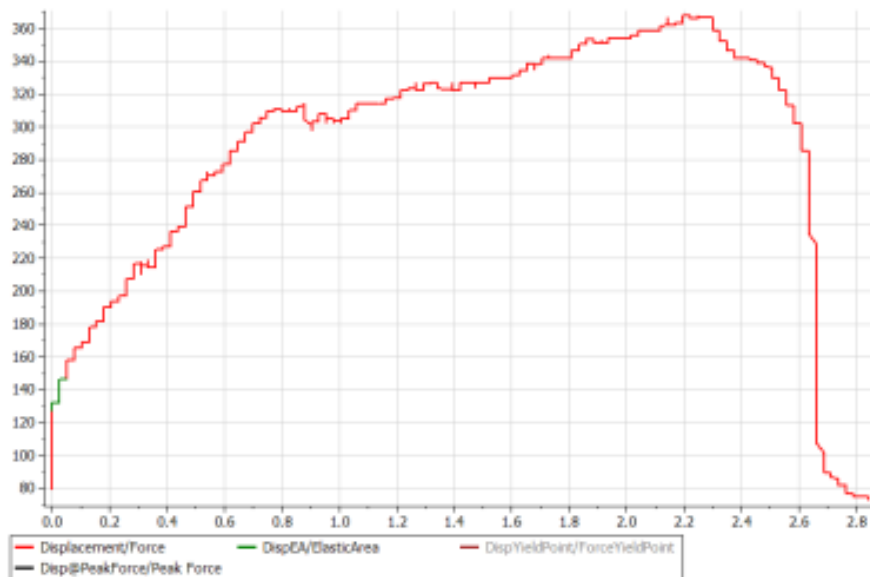


Monday, 28-Nov-2022 1:15:50 PM

Bending

No. Pengujian : T-34
 Kode Benda Uji : MTP3
 Nama : MUHAMMAD TRI PRIJAYA
 Type : BETON RINGAN
 Standard : ASTM
 Remark : 60 C

Shape	Area (mm ²)	initial length (mm)	Yield Point (%)
Custom	5000.00	138.00	0.20



Ultimate			
Force Ultimate (kgf)	Elongation @Ultimate (mm)	Stress Ultimate (MPa)	Strain @Ultimate (%)
367.8	2.22	0.7	1.61

Yield			
Yield Force (kgf)	Elongation @Yield (mm)	Yield Stress (MPa)	Strain @Yield (%)
Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter

Modulus Elasticity (MPa)
372.8

TMR-Instrument

www.testindo.com



Test Report

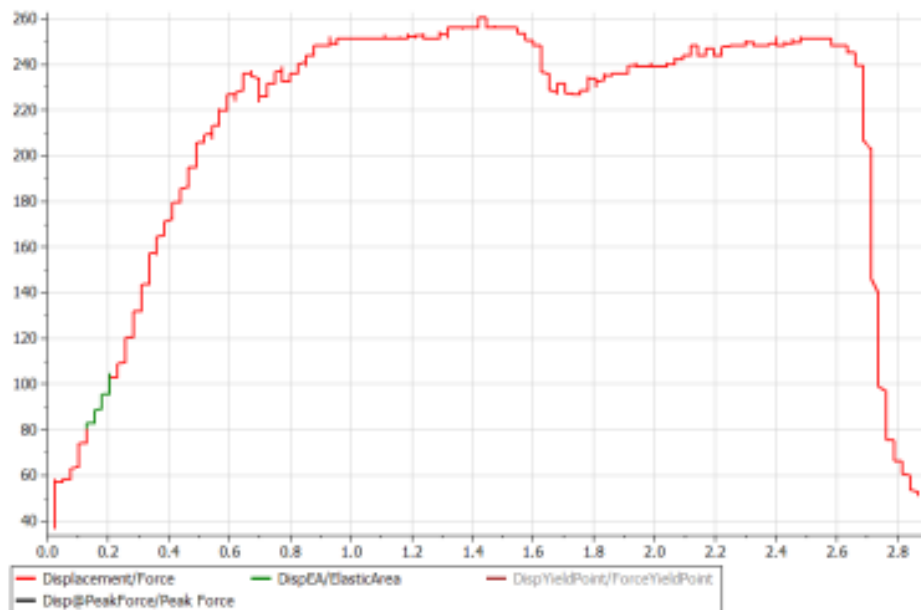


Monday, 28-Nov-2022 1:20:19 PM

Bending

No. Pengujian : T-34
 Kode Benda Uji : MTP4
 Nama : MUHAMMAD TRI PRIJAYA
 Type : BETON RINGAN
 Standard : ASTM
 Remark : 75 A

Shape	Area (mm ²)	initial length (mm)	Yield Point (%)
Custom	5000.00	138.00	0.20



Ultimate			
Force Ultimate (kgf)	Elongation @Ultimate (mm)	Stress Ultimate (MPa)	Strain @Ultimate (%)
260.5	1.42	0.5	1.03

Yield			
Yield Force (kgf)	Elongation @Yield (mm)	Yield Stress (MPa)	Strain @Yield (%)
Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter

Modulus Elasticity (MPa)
240.9

TMR-Instrument

www.testindo.com



Test Report

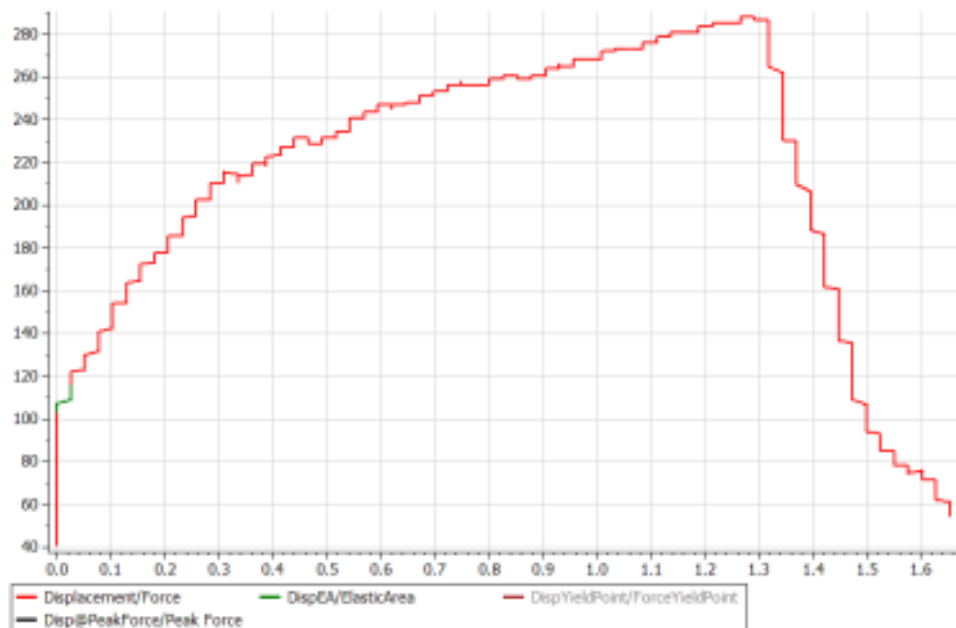


Monday, 28-Nov-2022 1:32:02 PM

Bending

No. Pengujian : T-34
Kode Benda Uji : MTP5
Nama : MUHAMMAD TRI PRIJAYA
Type : BETON RINGAN
Standard : ASTM
Remark : 75 B

Shape	Area (mm ²)	initial length (mm)	Yield Point (%)
Custom	5000.00	138.00	0.20



Ultimate			
Force Ultimate (kgf)	Elongation @Ultimate (mm)	Stress Ultimate (MPa)	Strain @Ultimate (%)
288.1	1.27	0.6	0.92

Yield			
Yield Force (kgf)	Elongation @Yield (mm)	Yield Stress (MPa)	Strain @Yield (%)
Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter

Modulus Elasticity (MPa)
435.3

TMR-Instrument

www.testindo.com



Test Report

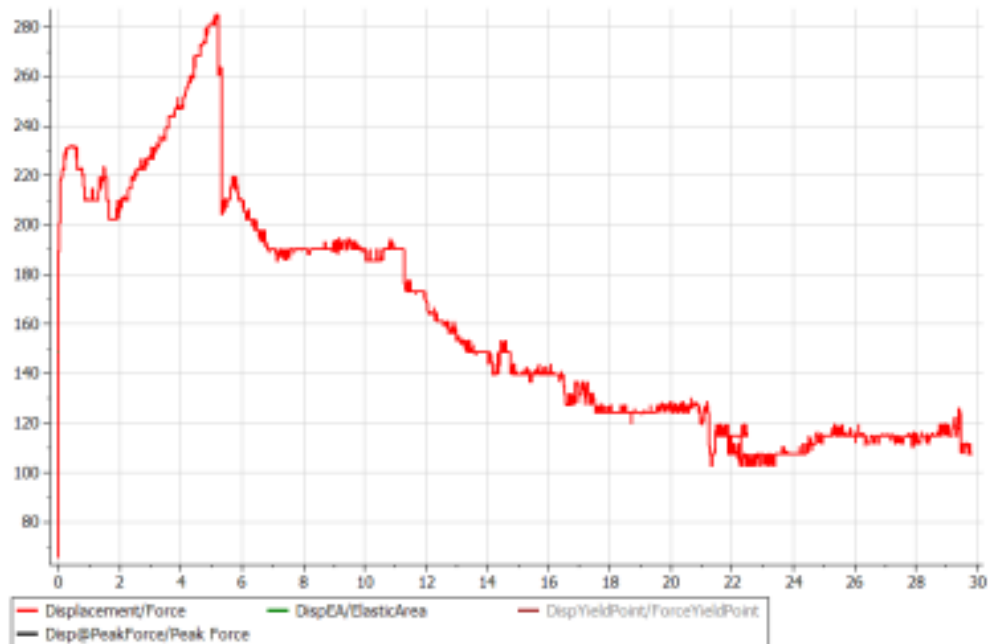


Monday, 28-Nov-2022 1:37:02 PM

Bending

No. Pengujian : T-34
 Kode Benda Uji : MTP6
 Nama : MUHAMMAD TRI PRIJAYA
 Type : BETON RINGAN
 Standard : ASTM
 Remark : 75 C

Shape	Area (mm ²)	initial length (mm)	Yield Point (%)
Custom	5000.00	138.00	0.20



Ultimate			
Force Ultimate (kgf)	Elongation @Ultimate (mm)	Stress Ultimate (MPa)	Strain @Ultimate (%)
Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter

Yield			
Yield Force (kgf)	Elongation @Yield (mm)	Yield Stress (MPa)	Strain @Yield (%)
Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter

Modulus Elasticity (MPa)
Wrong parameter

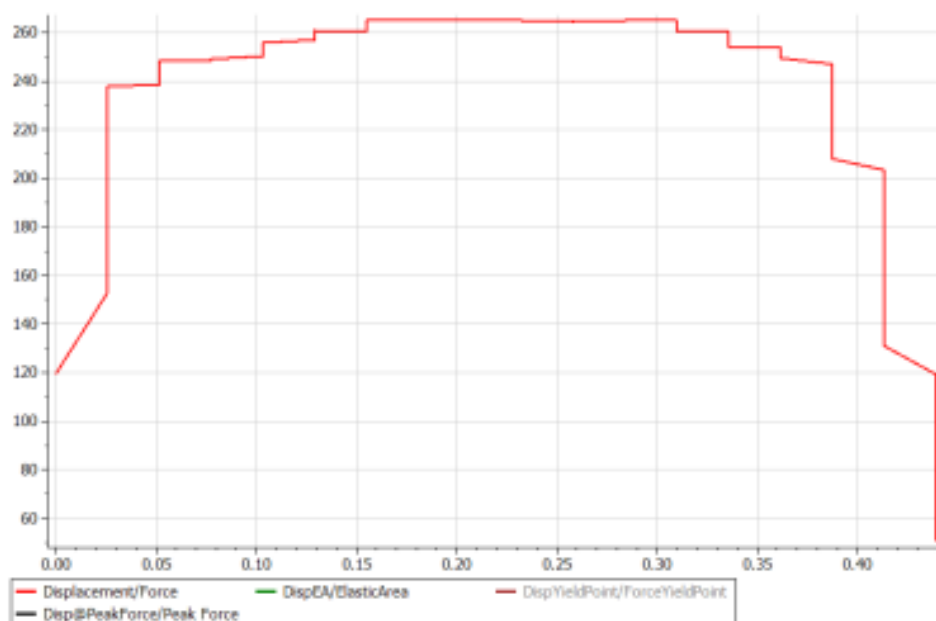
TMR-Instrument

www.testindo.com

Bending

No. Pengujian : T-34
 Kode Benda Uji : MTP7
 Nama : MUHAMMAD TRI PRIJAYA
 Type : BETON RINGAN
 Standard : ASTM
 Remark : 90 A

Shape	Area (mm ²)	initial length (mm)	Yield Point (%)
Custom	5000.00	138.00	0.20



Ultimate			
Force Ultimate (kgf)	Elongation @Ultimate (mm)	Stress Ultimate (MPa)	Strain @Ultimate (%)
Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter

Yield			
Yield Force (kgf)	Elongation @Yield (mm)	Yield Stress (MPa)	Strain @Yield (%)
Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter

Modulus Elasticity (MPa)
Wrong parameter



Test Report

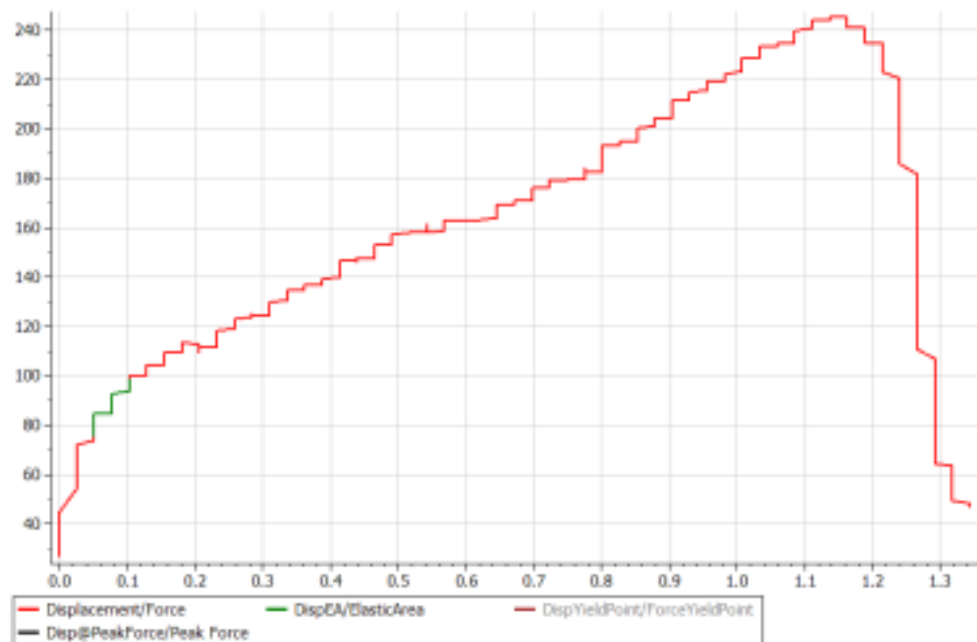


Monday, 28-Nov-2022 1:56:16 PM

Bending

No. Pengujian : T-34
Kode Benda Uji : MTP8
Nama : MUHAMMAD TRI PRIJAYA
Type : BETON RINGAN
Standard : ASTM
Remark : 90 B

Shape	Area (mm ²)	initial length (mm)	Yield Point (%)
Custom	5000.00	138.00	0.20



Ultimate			
Force Ultimate (kgf)	Elongation @Ultimate (mm)	Stress Ultimate (MPa)	Strain @Ultimate (%)
245.5	1.14	0.5	0.82

Yield			
Yield Force (kgf)	Elongation @Yield (mm)	Yield Stress (MPa)	Strain @Yield (%)
Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter

Modulus Elasticity (MPa)
347.3

TMR-Instrument

www.testindo.com



Test Report

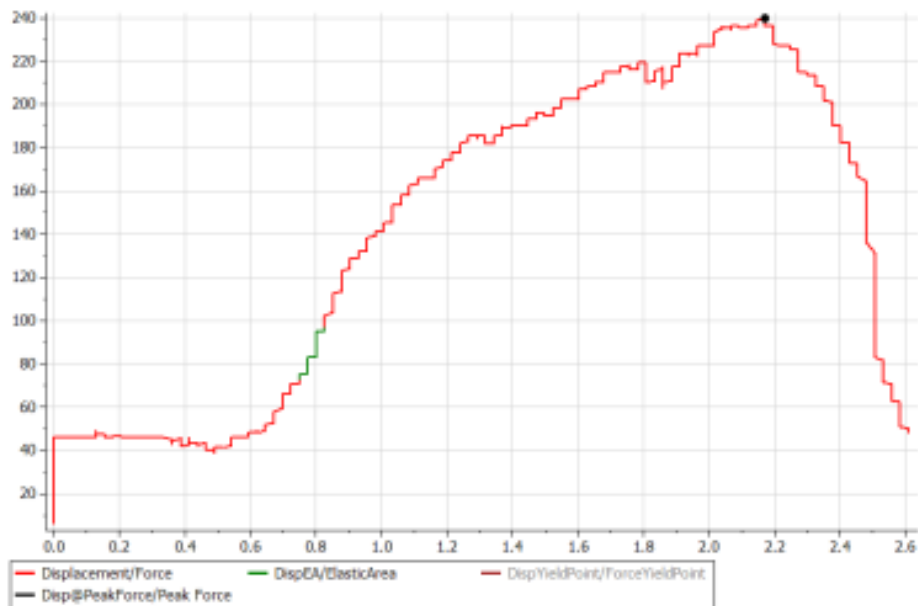


Monday, 28-Nov-2022 1:59:44 PM

Bending

No. Pengujian : T-34
 Kode Benda Uji : MTP9
 Nama : MUHAMMAD TRI PRIJAYA
 Type : BETON RINGAN
 Standard : ASTM
 Remark : 90 C

Shape	Area (mm ²)	initial length (mm)	Yield Point (%)
Custom	5000.00	138.00	0.20



Ultimate			
Force Ultimate (kgf)	Elongation @Ultimate (mm)	Stress Ultimate (MPa)	Strain @Ultimate (%)
240.0	2.17	0.5	1.57

Yield			
Yield Force (kgf)	Elongation @Yield (mm)	Yield Stress (MPa)	Strain @Yield (%)
Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter	Wrong parameter

Modulus Elasticity (MPa)
301.8

TMR-Instrument

www.testindo.com

Lampiran III Dokumentasi Proses Pembuatan Spesimen Tekan & Bending

1. Persiapan alat dan bahan

a. Alat



Alat uji tekan, alat uji bending dan kompresor



Foam reaktor, grinda tangan dan bor tangan



Palu, gergaji dan lakban



Ember, adukan mixer dan ayakan

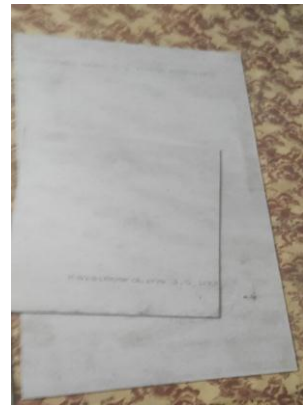
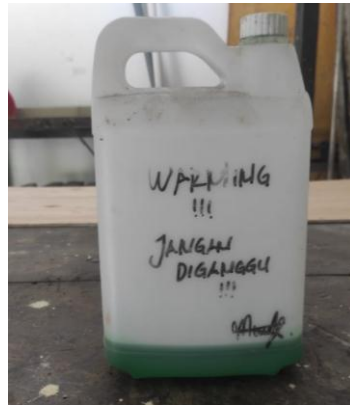


Timbangan, penggaris dan gunting



Lakban, pisau besar dan amplas kasar

b. Bahan



Pasir, foam dan kalsibord



Lem G, triplek dan Semen 3 roda



2. Proses pembuatan cetakan

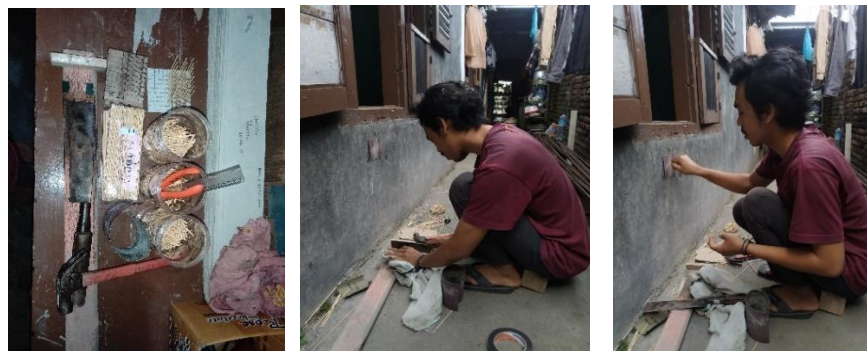
- Tahap I : pemotongan skin beton ringan



- Tahap II : pembuatan mal ukur pin bambu



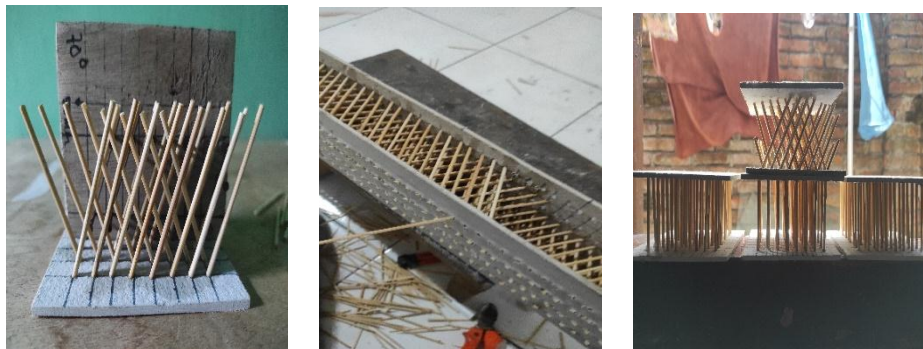
- Tahap III : pemotongan pin bambu



- Tahap IV : Pengeboran skin sebagai penempatan pin



- Tahap V : pemasangan pin bambu pada skin yang sudah dibor



- Tahap VI : pemasangan triplek sebagai penahan beton basah saat dicor



3. Proses pengecoran beton basah ke cetakan

- Tahap I : membuat agregat halus menggunakan pasir



- Tahap II : proses pembuatan foam sebagai campuran beton basah



- Tahap III : proses pencampuran beton basah (air, semen, pasir dan busa)



- Tahap IV : proses pengecoran dan pengeringan



- Tahap V : Pengeringan panel komposit



- Tahap VI : Pengujian spesimen tekan dan bending



LAMPIRAN IV

GAMBAR TEKNIK SPESIMEN TEKAN DAN BENDING

