

**ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PADA SISTEM  
KOMPOSIT KAYU NANGKA DENGAN BETON *FLY ASH***

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagian Dari Syarat-Syarat  
Yang Diperlukan Untuk Memperoleh  
Ijazah Sarjana Teknik

Disusun Oleh:

ZULFIADI AS

NIM : 1605903020006

Bidang : Struktur

Jurusan : Teknik Sipil



**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TEUKU UMAR  
ALUE PEUNYARENG, ACEH BARAT  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**  
**ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PADA SISTEM KOMPOSIT KAYU**  
**NANGKA DENGAN BETON *FLY ASH***

Oleh:

Nama Mahasiswa : Zulfiadi As  
Nomor Induk Mahasiswa : 1605903020006  
Bidang Studi : Struktur  
Jurusan : Teknik sipil

Alue Peunyareng, 22 Desember 2022

Dibimbing Oleh :

Pembimbing



Dewi Purnama Sari, S.T.,M.Eng.  
NIP. 198505052021212006

Diketahui/Disahkan Oleh :

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Teuku Umar



  
Dr. Ir. M. Isya, M.T.  
NIP. 196204111989031000

Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Teuku Umar



  
Ir. Lissa Opirina, S.T.,M.T.  
NIP. 197905102021212009

**LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN**  
**ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN PADA SISTEM KOMPOSIT KAYU**  
**NANGKA DENGAN BETON *FLY ASH***

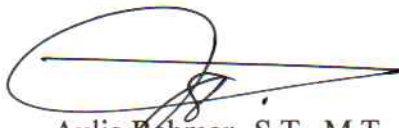
Oleh:

Nama Mahasiswa : Zulfiadi As  
Nomor Induk Mahasiswa : 1605903020006  
Bidang Studi : Struktur  
Jurusan : Teknik Sipil

Alue Peunyareng, 22 Desember 2022

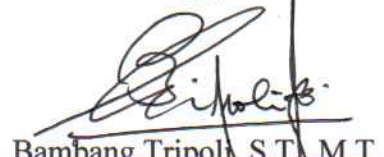
Diuji Oleh :

Penguji I



Aulia Rahman, S.T., M.T.  
NIP. 199003152019031011

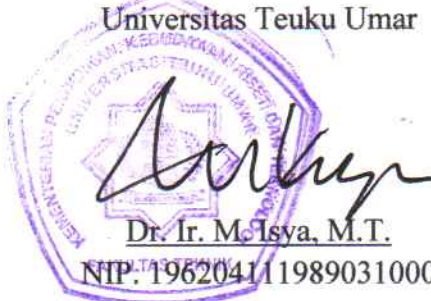
Penguji II



Bambang Tripoli, S.T., M.T.  
NIP. 197902102021211004

Diketahui/Disahkan Oleh :

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Teuku Umar



Dr. Ir. M. Isya, M.T.  
NIP. 196204111989031000

Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Teuku Umar



Ir. Lissa Opirina, S.T., M.T.  
NIP. 197905102021212009

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zulfiadi As

NIM : 1605903020006

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Didalam skripsi saya tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari tugas akhir, tesis, disertasi, buku, atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan.
2. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah olah karya asli saya sendiri.
3. Apabila ternyata terdapat dalam tugas akhir saya bagian yang memenuhi unsur penjiplakan, maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebagai atau seluruhnya hak atas keserjanaan saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Alue Peunyareng, 22 Desember 2022



Penulis,

Zulfiadi As

NIM. 1605903020006

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah S.W.T yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan karunia-Nya sehingga penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan pada waktunya.

Tugas akhir ini berjudul “Analisa Kekuatan Sambungan Pada Sistem Komposit Kayu Nangka Dengan Beton *Fly Ash*”, dituliskan dalam rangka melengkapi dan memenuhi syarat-syarat yang diperlukan untuk menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar Aceh.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak dapat diselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun materil. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama pada Ibunda saya Saiyah, dan Ayahanda saya Ahmad Nasir, yang tiada hentinya mendoakan, memberikan dukungan moril dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan Strata I ini. Serta terima kasih kepada keluarga dan saudara yang selalu mendoakan selama penulis menyelesaikan perkuliahan.

Selanjutnya, pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. M. Isya, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar;
2. Ibu Ir. Lissa Opirina, S.T., M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Teuku Umar, dan Bapak Muhammad Ikhsan, S.T., M.T, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Teuku Umar;
3. Ibu Dewi Purnama Sari, S.T.,M.Eng, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya hingga penyusunan tugas akhir ini telah selesai dibuat;
4. Bapak Aulia Rahman, S.T., M.T, Pembahas I dan Bapak Bambang Tripoli, S.T., M.T, Pembahas II, yang telah memberikan banyak masukan untuk perbaikan tulisan ini;

5. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Teuku Umar yang telah mendidik dan mengajar berbagai disiplin ilmu kepada penulis;
6. Seprida dan Meida Safitri, sebagai Saudari tercinta yang telah membantu dan memberikan dukungan selama dalam penyelesaian tugas akhir ini;
7. Kepada Rekan-rekan saya (kawan satu tempat tinggal dan rekan-rekan satu jurusan teknik sipil serta kawan angkatan 2016), yang telah banyak memberikan masukan dan motivasi dalam penulisan tugas akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan ilmu dan pengalaman. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan segala kritik dan saran yang sangat membangun sehingga hasil penelitian ini menjadi lebih baik. Tugas akhir ini diharapkan bermanfaat dalam memberikan informasi keilmuan maupun pengetahuan kepada penulis dan kepada semua pihak pembaca. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan bagi semua pihak yang ikhlas membantu, membimbing dan mengarahkan hingga selesainya penelitian dan Tugas Akhir ini dengan imbalan pahala yang setimpal.

Alue Penyareng, 22 Desember 2022

Penulis,



Zulfiadi As

NIM. 1605903020006

## ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN SISTEM KOMPOSIT KAYU NANGKA DENGAN BETON *FLY ASH*

Oleh :

Nama : Zulfiadi As  
NIM : 1605903020006

Komisi Pembimbing :  
Dewi Purnama Sari, S.T., M.Eng.

### ABSTRAK

Sistem komposit mencakup tiga komponen berbeda, yaitu kayu, beton dan sambungan. Bagian terlemah pada struktur sistem komposit terletak di sambungan sehingga banyak kerusakan struktur akibat gagalnya sambungan. Oleh karena itu, performa mekanik kayu dan beton sangat dipengaruhi oleh kualitas alat sambung antara kayu dan beton. Alat sambung yang digunakan pada penelitian ini adalah alat sambung *lag screw* (sekrup kunci). Terdapat dua ukuran *lag screw* yang digunakan sebagai pengikat kedua sisi beton ke kayu rangka. Sekrup kunci yang digunakan yaitu sekrup kunci berdiameter 6 mm dan 8 mm dengan panjang 100 mm serta diameter 6 mm dan 8 mm dengan panjang 127 mm sebagai alat sambung komposit batang rangka dan beton. Beton yang dipakai adalah beton pracetak *fly ash* dengan  $f'c = 25$  Mpa, mempunyai lebar 150 mm, tebal 50 mm dan tinggi 400 mm. Kayu rangka yang digunakan berukuran lebar 80 mm, tebal 50 mm dan panjang 400 mm. Pengujian yang dilakukan adalah pembebanan statis pada benda uji. Perhitungan kekakuan satu sekrup benda uji dengan alat sambung berdiameter 8 mm sudut  $90^\circ$  memiliki nilai kekakuan paling tinggi sebesar 4,158 kN, nilai kekakuan paling rendah pada benda uji dengan diameter sekrup 6 mm sudut  $90^\circ$  dengan nilai 0,57 kN. Perhitungan kekakuan alat sambung benda uji sistem komposit. Benda uji dengan sudut pemasangan sekrup  $90^\circ$  dengan diameter sekrup 8 mm memiliki ketahanan lateral paling tinggi sebesar 39,5 kN. Benda uji yang diameter sekrup 8 mm dengan sudut pemasangan sekrup  $60^\circ$  memiliki nilai tahanan lateral paling rendah sebesar 17,06 kN. Pada penelitian ini dilakukan pula perhitungan kekakuan alat sambung secara teoritis. Kegagalan sambungan pada penelitian ini berupa rusak pada kayu dan beton pracetak terjadi satu hingga dua sendi plastis pada alat sambung sekrup.

**Kata kunci** : kayu rangka, Beban statis, Beton pracetak. Sistem komposit, *Lag screw*.

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN TABEL</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Hasil Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN</b> .....	5
2.1 Kayu Nangka.....	5
2.2 Sifat Fisik Kayu Nangka .....	5
2.2.1 Berat jenis .....	5
2.2.2 Kandungan air .....	6
2.2.3 Kembang susut .....	7
2.3 Pengertian Beton .....	7
2.3.1 Bahan campuran beton.....	8
2.3.2 <i>Fly ash</i> (abu terbang) .....	8
2.3.3 Kuat tekan beton .....	9
2.4 Pengertian Komposit .....	10
2.5 Analisis Sambungan Sekrup Kunci .....	11



2.5.1	Sekrup kunci.....	11
2.5.2	Moda kegagalan sambungan.....	12
2.5.3	<i>european yield model</i> (EYM).....	13
2.6	Penelitian Terdahulu.....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>19</b>
3.1	Lokasi Penelitian.....	19
3.2	Tahap Pembuatan Benda Uji.....	19
3.2.1	Penyiapan bahan dan material.....	19
3.2.2	Alat yang digunakan.....	20
3.2.3	Tahap pembuatan benda uji beton pracetak.....	20
3.2.4	Benda uji kubus.....	24
3.2.5	Tahap pembuatan benda uji komposit.....	25
3.3	Tahap Pengujian Benda Uji dan Analisis Data.....	26
3.3.1	Pengujian pembebanan benda uji.....	26
3.3.2	Tahap analisis data pengujian.....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>30</b>
4.1	Hasil.....	30
4.1.1	Spesifikasi Benda Uji.....	30
4.1.2	Pembebanan Benda Uji.....	31
4.1.3	Analisis Hasil Pengujian.....	32
4.1.4	Kekakuan alat sambung pada benda uji.....	33
4.1.5	Tahanan lateral menggunakan <i>european yield model</i> (EYM).....	34
4.2	Pembahasan.....	35
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>42</b>
5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran.....	43
<b>DAFTAR KEPUSTAKAAN.....</b>		<b>44</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>46</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sekrup Kunci .....	12
Gambar 2.2 Moda Kegagalan Sambungan Dengan Satu Bidang Geser.....	13
Gambar 3.1. (a) Bekisting (b) Pengecoran Beton.....	23
Gambar 3.2 Benda Uji Kubus .....	24
Gambar 3.3 Sketsa Benda Uji Sudut Pemasangan 90° .....	25
Gambar 3.4 Skema <i>Setting-up</i> Alat Pengujian.....	26
Gambar 3.5 Grafik Hubungan Beban Dengan Selip .....	28
Gambar 3.6 (a) Kerusakan Pada Kayu (b) Kerusakan Pada Sekrup .....	29
Gambar 4.1 Proses <i>Setting-up</i> Pembebanan.....	32
Gambar 4.2 (a) Benda Uji A6-1x Sebelum Pengujian (b) Benda Uji A6-1x.....	36
Gambar 4.3 Grafik Hubungan beban Dengan Selip Benda Uji A6-1x.....	36
Gambar 4.4 (a) Benda Uji A6-2y Sebelum Pengujian (b) Benda Uji A6-2y Sesudah Pengujian.....	37
Gambar 4.5 Grafik Hubungan beban Dengan Selip Benda Uji A6-2y.....	38
Gambar 4.6 (a) Benda Uji A8-1x Sebelum Pengujian (b) Benda Uji A8-1x Sesudah Pengujian.....	39
Gambar 4.7 Grafik Hubungan beban Dengan Selip Benda Uji A8-1x.....	39
Gambar 4.8 (a) Benda Uji A8-2y Sebelum Pengujian (b) Benda Uji A8-2y Sesudah Pengujian.....	40
Gambar 4.9 Grafik Hubungan beban Dengan Selip Benda Uji A8-2y.....	40

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rata-rata Berat Jenis Volume Segar, Berat Jenis Volume Kering Udara dan Berat Jenis Volume Kering Tanur (%).....	6
Tabel 2.2 Rata-rata Kadar Air Segar dan Kadar Air Kering Udara (%).....	6
Tabel 2.3 Persamaan Tahanan Lateral Satu Irisan .....	14
Tabel 2.4 Persamaan Nilai Model Tabel Kelelehan .....	15
Tabel 2.5 Persamaan Faktor Reduksi .....	16
Tabel 3.1 Campuran Beton.....	23
Tabel 4.1 Spesifikasi Benda Uji .....	30
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Geser .....	33
Tabel 4.3 Perhitungan Nilai Kekakuan Satu Sekrup .....	34
Tabel 4.4 Perhitungan Tahanan Lateral .....	35

## DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR

Gambar A.1.1 Bagan Alir Penelitian .....	46
Gambar A.1.2 Peralatan yang digunakan.....	47
Gambar A.1.3 Perlengkapan Pemasangan Benda Uji Komposit .....	48
Gambar A.1.4 Benda Uji Sudah Dirakit .....	49
Gambar A.1.5 (a) Uji Kuat Tumpu (b) Uji Kuat Cabut.....	49
Gambar A.1.6 Pengujian Benda Uji .....	50
Gambar A.1.7 Kerusakan Pada Beton Pracetak .....	51
Gambar A.1.8 Kerusakan Pada Sekrup dan Kayu.....	51

## DAFTAR LAMPIRAN TABEL

Tabel B.1.1 Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton.....	52
Tabel B.1.2 Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Silinder Beton.....	53

## DAFTAR LAMPIRAN HITUNG

Tabel C.1.1 Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton.....	54
--	----

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kayu merupakan bahan konstruksi yang masih banyak digunakan secara luas oleh masyarakat pedesaan dan masyarakat perkotaan umumnya. Bidang struktur kayu banyak digunakan sebagai rangka kuda-kuda, rangka jembatan, kolom dan balok bangunan serta struktur perancah. Dalam penggunaannya sebagai rangka kuda-kuda, batang-batang kayu dirangkai dan dihubungkan dengan posisi yang berbeda-beda untuk menerima gaya tekan maupun tarik dari beban di atasnya.

Beton adalah campuran semen *portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI 7656 : 2012). Ketiga campuran tersebut akan mengeras seperti batuan karena terjadi reaksi kimia antara semen dan air. Sifat-sifat beton umumnya dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan dan cara perawatannya. Karakteristik semen mempengaruhi kualitas beton dan kecepatan pengerasannya. Gradasi agregat halus mempengaruhi pengerjaannya, serta gradasi agregat kasar mempengaruhi kekuatan beton.

Sistem komposit kayu-beton (*Timber-Concrete Composit*) adalah teknik konstruksi yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan lantai kayu yang ada serta untuk konstruksi baru seperti gedung bertingkat dan jembatan bentang pendek. Struktur TCC mencakup tiga komponen yang berbeda, yaitu kayu, beton, dan sambungan. Komponen tersebut tidak hanya menahan gaya yang sama, tetapi juga menunjukkan perilaku yang berbeda. Pelat beton biasanya tahan terhadap kompresi, sedangkan kayu biasanya menahan tegangan yang disebabkan oleh tekuk, dan sistem sambungan dapat menahan slip antara kayu dan beton dalam struktur TCC (Chintia et al, 2021).

Semua bagian struktur saling berhubungan karena semua bagian tersebut bersambungan menjadi satu kesatuan. Sambungan meneruskan beban dalam

struktur dari yang satu ke yang lainnya sampai berakhir pada pondasi. Bagian terlemah pada struktur sistem komposit terletak di sambungan sehingga banyak kerusakan struktur akibat gagalnya sambungan. Alat sambung dapat meneruskan gaya geser serta mencegah atau mengurangi gerakan antara kayu dengan slab beton. Oleh karena itu, performa mekanik kayu dan beton sangat dipengaruhi oleh kualitas alat sambung antara kayu dan beton.

*Fly ash* atau abu terbang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara yang dapat digunakan dalam campuran beton. Penggunaan material *fly ash* sebagai material pembentuk beton didasari pada sifat material ini memiliki kemiripan dengan sifat semen. Secara fisik, material *fly ash* memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butir-butirnya (Rau et al, 2018).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan serta penelusuran referensi yang telah dikumpulkan, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perilaku moda kegagalan sambungan dan memperoleh nilai kekuatan tahanan lateral dari sistem komposit kayu rangka dan beton pracetak *fly ash* menggunakan alat sambung mekanik?
2. Nilai kekakuan alat sambung pada benda uji komposit kayu rangka dan beton pracetak *fly ash*?
3. Pengaruh beberapa variasi dimensi sekrup dan sudut pemasangan alat sambung pada sistem komposit kayu rangka dan pracetak *fly ash*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan dan rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka tujuan penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.



1. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perilaku moda kegagalan sambungan dan memperoleh nilai kekuatan tahanan lateral dari sistem komposit kayu nangka dan beton pracetak *fly ash* menggunakan alat sambung mekanik;
2. Menentukan nilai kekakuan alat sambung pada benda uji komposit kayu nangka dan beton pracetak *fly ash*;
3. Mengetahui pengaruh variasi dimensi sekrup dan sudut pemasangan alat sambung terhadap kuat tekan sistem komposit.

#### **1.4 Batasan Penelitian**

Berdasarkan tujuan yang telah disiapkan sebelumnya, agar penelitian ini tidak menyimpang dari tujuannya, maka penulis membuat beberapa poin batasan masalah tentang penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Kayu yang digunakan yaitu kayu nangka yang diperoleh dari Desa Padang Panyang, Kecamatan Kuala Pesisir, Kabupaten Nagan Raya;
2. Diameter sekrup yang digunakan adalah ukuran 6 mm dan 8 mm, perletakan sekrup pada sistem komposit sudut 60° dan 90°;
3. Menggunakan kayu nangka dengan tebal 5 cm, lebar 8 cm dan panjang 40 cm. sedangkan beton pracetak *fly ash* memiliki panjang 40 cm, lebar 15 cm, dan tebal 5 cm;
4. Pengujian kekuatan sambungan menggunakan sistem komposit batang nangka dan beton *fly ash* dengan pengujian pembebanan statis;
5. Faktor air semen (FAS) rencana 0,52, kuat tekan ( $f_c$ ) rencana adalah 30 MPa.

#### **1.5 Hasil Penelitian**

Adapun hasil yang didapatkan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu perbandingan tingkat kegagalan sistem sambungan pada struktur bangunan yang dipengaruhi oleh beberapa variasi dimensi dan sudut pemasangan

sambungan, besarnya nilai kekuatan sambungan komposit saat terjadi pembebanan terhadap benda uji, nilai kekakuan sambungan pada sistem komposit kayu nangka dengan beton, serta nilai tahanan lateral dan moda batas leleh alat sambung sistem komposit. Nilai kekakuan dan tahanan lateral sistem komposit kayu nangka dan beton *fly ash* disajikan dalam bentuk grafik, grafik hubungan beban dan penurunan. Kerusakan pada benda uji diamati secara visual yang kemudian dibandingkan dengan teori moda kelelahan *European Yield Model* (EYM).

## **BAB II**

### **TINJAUAN KEPUSTAKAAN**

#### **2.1 Kayu Nangka**

Pohon nangka (*Artocarpus heterophyllus lamk*) adalah jenis tanaman buah yang merupakan tanaman tropis yang banyak tumbuh di Indonesia. Pohon nangka dapat dimanfaatkan kayunya apabila pohon nangka sudah habis masa produktifitas buah 20-30 tahun, dikarenakan pohon nangka memiliki umur maksimum produksi buah yaitu 20-30 tahun, dengan tinggi maksimal 10-15 m, setelah itu kayu nangka akan dilakukan peremajaan (Marliana, 2018).

#### **2.2 Sifat Fisik Kayu Nangka**

##### **2.2.1 Berat jenis**

Berat jenis kayu nangka adalah perbandingan berat kayu nangka terhadap berat suatu volume air yang sama dengan volume kayu tersebut. Berat jenis dan kerapatan kayu nangka menentukan sifat fisika dan mekanikanya. Hal ini disebabkan nilai berat jenis dan kerapatan kayu nangka ditentukan oleh banyaknya zat kayu. Berdasarkan ketentuan berat jenis dan kelas kuat kayu menurut (SNI 7973:2013) berat jenis kayu nangka ini termasuk kelas kuat II (0,40-0,60) dan termasuk dalam kayu berat sedang 0,36 sampai 0,56. Sehingga dapat disimpulkan kayu nangka memiliki kualitas yang baik. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Rata-rata Berat Jenis Volume Segar, Berat Jenis Volume Kering Udara dan Berat Jenis Volume Kering Tanur (%).**

Aksial	Berat Jenis		
	Berat Jenis	Berat Jenis Kering	Berat Jenis Tanur
	Segar	Udara	
Pangkal	0.60	0.62	0.63
Tengah	0.51	0.52	0.55
Ujung	0.52	0.54	0.56
Rata-rata	0.54	0.56	0.58

Sumber: Marlina (2018)

### 2.2.2 Kandungan air

Penyerapan dan pengeluaran air yang berulang-ulang biasanya diikuti dengan retak dan pecah pada kayu. Untuk mengatasi keadaan tersebut maka beberapa cara yang perlu diperhatikan diantaranya adalah menyimpan kayu pada ruang yang tidak lembab, lantai kering dan sirkulasi udara lancar. (Marlina, 2018) melakukan penelitian kadar air serta berat jenis kayu nangka. Pengukuran kadar air dilakukan sehari setelah penebangan. Hasil penelitiannya tercantum pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Rata-rata Kadar Air Segar dan Kadar Air Kering Udara (%)**

Aksial	Kadar Air	
	Kadar Air Segar	Kadar Air Kering Udara
Pangkal	97.35	12.83
Tengah	96.81	11.73
Ujung	84.86	12.13
Rata-rata	93.01	13.36

Sumber: Marlina (2018)

Berdasarkan Tabel 2.2 diketahui bahwa nilai rata-rata kadar air kering udara pada kayu nangka yaitu 13,36%, dengan nilai tertinggi diperoleh pada

bagian pangkal 12.83% dan terendah pada bagian tengah 11.73%. Kayu mempunyai kemampuan untuk mengeluarkan air pada kondisi seimbang tergantung pada suhu atmosfer. Berdasarkan hasil uji analisis keragaman pada taraf signifikan 5% diketahui bahwa kedudukan aksial batang pada pohon tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air kering udara kayu nangka (Marliana, 2018).

### **2.2.3 Kembang susut**

Kembang susut kayu nangka perlu diperhatikan agar struktur bangunan kayu nangka tidak mengalami perubahan bentuk dan penurunan kualitas akibat adanya penyusutan. Adanya perubahan bentuk ini tentunya akan mengurangi nilai fungsi dari sebuah struktur bangunan, misalnya penyusutan pada pintu dan jendela sehingga tidak bisa dibuka, retaknya kaca, dan lain-lain (Marliana, 2018).

## **2.3 Pengertian Beton**

Beton adalah campuran semen *portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI 7656 : 2012). Ketiga campuran tersebut akan mengeras seperti batuan karena terjadi reaksi kimia antara semen dan air. Sifat-sifat beton umumnya dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan dan cara perawatannya. Karakteristik semen mempengaruhi kualitas beton dan kecepatan pengerasannya. Gradasi agregat halus mempengaruhi pengerjaannya, serta gradasi agregat kasar mempengaruhi kekuatan beton.

Menurut Mulyono (2006) ada beberapa faktor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton diantaranya adalah :

1. Proporsi bahan-bahan penyusunnya;
2. Metode perancangan;
3. Perawatan dan;
4. Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan.

### **2.3.1 Bahan campuran beton**

Pada dasarnya, beton terdiri dari agregat, semen hidrolis, air, dan boleh mengandung bahan bersifat semen lainnya dan atau bahan tambahan kimia lainnya. Beton dapat mengandung sejumlah rongga udara yang terperangkap atau dapat juga rongga udara yang sengaja dimasukkan melalui penambahan bahan tambahan. Bahan tambahan kimia sering digunakan untuk mempercepat, memperlambat, menambah kekuatan, atau mengubah sifat-sifat lain dari beton yang dihasilkan. Beberapa bahan bersifat semen seperti abu terbang, pozolan alam/tras, tepung terak tanur tinggi dan serbuk silica dapat digunakan bersama-sama dengan semen hidrolis untuk menekan harga atau untuk memberikan sifat-sifat tertentu seperti misalnya untuk mengurangi panas hidrasi awal, menambah perkembangan kekuatan akhir, atau menambah daya tahan terhadap reaksi alkali-agregat atau serangan sulfat, menambah kerapatan, dan ketahanan terhadap masuknya larutan-larutan perusak (SNI 7656:2012).

### **2.3.2 Fly ash (abu terbang)**

*Fly ash* atau abu terbang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara yang dapat digunakan dalam campuran beton. Penggunaan material *fly ash* sebagai material pembentuk beton didasari pada sifat material ini memiliki kemiripan dengan sifat semen. Secara fisik, material *fly ash* memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butir-butirnya. Menurut ACI (*American Concrete Institute*) *Committee 226*, *fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5% - 27% dengan *specific gravity* antara 2,15 – 2,6 dan berwarna abu kehitaman. *Fly ash* sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh *fly ash* akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan memiliki kemampuan mengikat (Rau et al, 2018).

Pada penelitian Yusra et al (2015), perencanaan komposisi campuran beton (*concrete mix design*) direncanakan berdasarkan metode perbandingan berat material pembentuk beton. Untuk rancangan campuran beton mutu tinggi ini

diperkirakan kuat tekan rencana 70 Mpa untuk benda uji silinder 15/30 cm, faktor air semen 0,30, persentase *fly ash* yang digunakan 0%, 5%, 8%, 10% dan 15% dari berat semen. Masing-masing variabel berjumlah 3 buah benda uji dengan bentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan pada umur 28 hari dan 56 hari.

### 2.3.3 Kuat tekan beton

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Kekuatan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai faktor air semennya, maka semakin rendah mutu beton. Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik (Tjokrodimulyo, 2010).

Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm<sup>2</sup> sampai 500 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, yaitu menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu. Menurut Mulyono (2004) faktor yang dapat mempengaruhi mutu kekuatan beton itu proporsi bahan penyusun, metode pencampuran, perawatan dan keadaan pada saat pengecoran. Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar ASTM C39. Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah :

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Dimana :

$f'_c$  = kuat tekan beton (MPa);

P = beban maksimum (N);

A = luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>).

## 2.4 Pengertian Komposit

Sistem komposit kayu-beton (*Timber-Concrete Composit*) adalah teknik konstruksi yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan lantai kayu yang ada serta untuk konstruksi baru seperti gedung bertingkat dan jembatan bentang pendek. Struktur TCC mencakup tiga komponen yang berbeda, yaitu kayu, beton, dan sambungan. Komponen tersebut tidak hanya menahan gaya yang sama, tetapi juga menunjukkan perilaku yang berbeda. Pelat beton biasanya tahan terhadap kompresi, sedangkan kayu biasanya menahan tegangan yang disebabkan oleh tekuk, dan sistem sambungan dapat menahan slip antara kayu dan beton dalam struktur TCC (Chintia et al, 2021).

Deck jembatan TCC memiliki kekuatan tekuk yang jauh lebih tinggi dan defleksi yang lebih rendah dari pada deck kayu (non-komposit) dengan dimensi yang sama (Chintia et al, 2021). Potensi keuntungan dari semua jembatan kayu termasuk kapasitas beban dan kekakuan yang lebih besar karena modulus elastisitas beton yang lebih tinggi terhadap kayu, kerentanan yang lebih sedikit terhadap getaran, peningkatan daya tahan karena plat beton melindungi kayu dari kontak langsung dengan air akibat hujan dan angin, serta perlindungan bagian kayu dari benturan roda. Dibandingkan dengan jembatan beton bertulang, jembatan TCC lebih ringan karena berat kayu hanya seperempat beton dan memiliki kekuatan tekan dan tegangan yang hampir sama, tidak memerlukan tulangan baja tambahan, lebih berkelanjutan karena kayu memisahkan karbon dioksida dari atmosfer dan memiliki lebih sedikit energy yang terwujud, dan secara estetika menyenangkan (Chintia et al., 2021).

Sistem koneksi adalah bagian penting dari sistem TCC mana pun. Sambungan harus kaku dan kuat untuk memaksimalkan aksi komposit, tetapi jumlah konektor dan waktu pemasangan harus minimal sehingga membuat sistem hemat biaya (Chintia et al., 2021). Alat sambungan dapat meneruskan gaya geser serta mencegah atau mengurangi gerakan antara kayu dengan slab beton. Oleh karena itu, performa mekanik kayu dan beton sangat dipengaruhi oleh kualitas alat sambung antara kayu dan beton. Alat sambung juga harus terdeformasi secara



plastis sebelum terjadi kerusakan pada bagian kayu ataupun beton (Chintia et al., 2021).

## **2.5 Analisis Sambungan Sekrup Kunci**

Analisa penelitian dapat dilakukan dengan mengetahui semua karakter dan kekuatan yang dimiliki masing-masing bahan yang digunakan dalam sambungan kayu-beton. Metode pengujian sambungan kayu-beton dengan uji geser sambungan dengan pembebanan monotonik (static). Acuan penentuan jarak sekrup kunci pada sambungan komposit kayu-beton sesuai dengan SNI-05 2002, untuk beban sejajar serat pada sambungan horizontal.

Pendekatan yang dilakukan Suriani (2015) dalam menghitung nilai kekuatan tahanan lateral digunakan persamaan berdasarkan teori EYM (*European Yield Model*). Penentuan kegagalan sambungan dengan mengetahui moda kelelahan atau moda kegagalan dengan alat sambung sekrup kunci. Moda kelelahan ini mengacu pada sambungan sekrup kunci kayu dengan beton (Awaludin et al, 2019), dengan mengganti distribusi tegangan tumpu beton sesuai hasil eksperimen. Hasil pengujian sambungan komposit kayu-beton yang diperoleh dalam penelitian ini hasilnya tidak terlalu halus, hal ini dikarenakan pengujian dengan alat hidrolis manual yang dilakukan dengan tenaga manusia. Hasil perbandingan tahanan lateral yang berdasarkan EYM antara perhitungan teoritis dengan hasil eksperimen sesuai dengan moda kelelahan IV dan kekakuan sambungan.

Penentuan moda kegagalan sambungan dilakukan dengan pengamatan secara visual kerusakan pada komponen sambungan dengan mencocokkan pada teori moda kegagalan sesuai dengan teori EYM.

### **2.5.1 Sekrup kunci**

Sekrup kunci atau *Lag screw* umumnya digunakan dalam konstruksi *knock-down* dimana penggunaan sekrup kunci tidak memungkinkan. Penggunaan alat sambung yang kuat dan kaku sangat diperlukan untuk menahan gaya geser

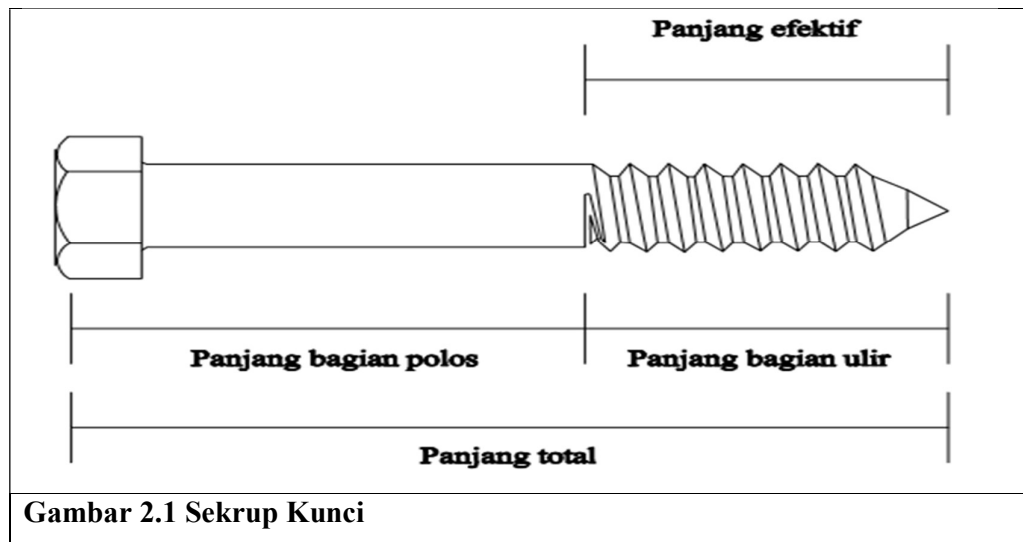
pada sistem komposit. Kekakuan merupakan ketahanan bahan terhadap deformasi yang terjadi (Awaludin *et al.* 2019). Bahan mampu meregang pada tegangan tinggi tanpa regangan yang besar. Tingkat kekakuan suatu bahan ditunjukkan oleh sudut pada tegangan dan regangan di daerah elastik. Persamaan untuk menghitung nilai kekakuan ( $k_s$ ) dapat dilihat pada persamaan 2.2. Sedangkan untuk gambar *lag screw* dapat dilihat pada Gambar 2.1.

$$K_s = 0,4 \frac{F_{max}}{V_i} \quad (2.2)$$

Dimana :

$F_{max}$  = Beban maksimum

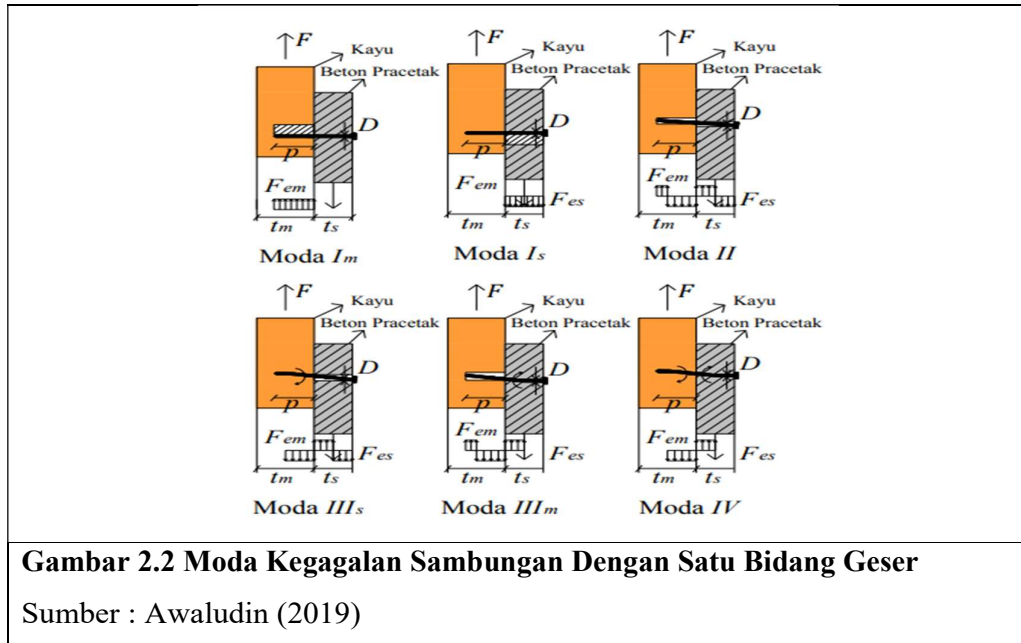
$V_i$  = selip saat beban 40%



**Gambar 2.1 Sekrup Kunci**

### 2.5.2 Moda kegagalan sambungan

Sambungan merupakan bagian terlemah pada sistem komposit, sehingga banyak kerusakan struktur akibat gagalnya sambungan. Oleh karena itu, performa mekanik kayu dan beton sangat dipengaruhi oleh kualitas sambungan. Ilustrasi moda kegagalan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Berdasarkan Gambar 2.2 terdapat enam macam moda kegagalan yang terjadi pada sambungan kayu satu bidang geser. Pertama moda  $I_m$  kegagalannya terjadi pada kayu utama, pada kegagalan ini dapat satu atau dua bidang geser. Kedua moda  $I_s$  kegagalan ini terjadi pada kayu samping dan bidang geser yang terjadi bisa satu maupun dua bidang geser. Ketiga, moda  $II$  kegagalan yang terjadi pada kayu utama dan kayu samping, tipe sambungannya memiliki satu bidang geser. Keempat moda  $III_m$  dimana kayu utama mengalami kerusakan dan alat sambung pada kayu samping mengalami kegagalan, moda ini satu bidang geser. Kelima, moda  $III_s$  kayu samping dan alat sambung yang terletak pada kayu utama mulai gagal, memiliki satu atau dua bidang geser. Keenam, moda  $IV$  dimana alat sambung yang terletak pada kayu utama mengalami kegagalan memiliki satu atau dua bidang geser.

### 2.5.3 european yield model (EYM)

*European Yield Model (EYM)* adalah teori yang menjadi acuan perhitungan kekuatan sambungan kayu yang kemudian diadopsi oleh *American Forest & Paper Association (AF & PA)* sebagai dasar *National Design Specification (NDS) for Wood Construction* untuk analisis perhitungan tahanan

lateral sambungan kayu. Terdapat tiga parameter utama dalam perhitungan kekuatan sambungan berdasarkan metode EYM, yaitu kuat tumpu kayu, kuat lentur baut, dan geometri sambungan kayu.

Model *European Yield Model (EYM)* hanya digunakan untuk mencari beban pada titik leleh suatu sambungan, sedangkan untuk menentukan beban maksimum digunakan metode *offset 5% diameter*. Persamaan nilai model tabel kelelahan sekrup dapat dilihat pada Tabel 2.3, Tabel 2.4 dan Tabel 2.5.

**Tabel 2.3 Persamaan Tahanan Lateral Satu Irisan**

Moda Kegagalan	Sambungan Kayu Satu Bidang Geser
$I_s$	$\frac{3,3Dt_sF_{es}}{K_D}$
$III_m$	$\frac{3,3k_1DpF_{em}}{K_D(2 + R_e)}$
$III_s$	$\frac{3,3k_2Dt_sF_{es}}{K_D(2 + R_e)}$
$IV$	$\frac{3,3D^2}{K_D} \sqrt{\frac{2F_{em}F_{yb}}{3(1 + R_e)}}$

Sumber : Awaludin (2019)

Dengan nilai  $k_1$  dan  $k_2$  seperti pada Persamaan 2.1 dan 2.2

$$k_1 = (-1) + \sqrt{2(1 + R_e) + \frac{2F_{yh}(1+R_e)D^2}{3F_{em}p^2}} \quad (2.3)$$

$$k_2 = (-1) + \sqrt{\frac{2(1+R_e)}{R_e} + \frac{2F_{yh}(1+2R_e)D^2}{3F_{em}t_s^2}} \quad (2.4)$$

Dimana:

$t_m$  = tebal kayu utama

$t_s$  = tebal kayu samping

$D$  = diameter alat sambung

$p$  = kedalaman penetrasi efektif batang alat pengencang pada komponen pemegang

$K_D$  =  $D6 = 0,28D+0,56$  ;  $D8 = 3,0$

- $F_{em}$  = kuat tumpu kayu utama  
 $F_{es}$  = kuat tumpu kayu samping  
 $F_{yb}$  = kuat lentur alat sambung  
 $R_e$  = perbandingan antara  $F_{em}$  dan  $F_{es}$

**Tabel 2.4 Persamaan Nilai Model Tabel Kelelahan**

Model Batas Leleh	Sambungan Kayu Geser Ganda
$I_m$	$Z = \frac{D I_m F_{em}}{R_d}$
$I_s$	$Z = \frac{2D I_m F_{em}}{R_d}$
$III_s$	$Z = \frac{2k I_s F_{es}}{(2 + R_d)R_d}$
IV	$Z = \frac{2D^2}{R_d} \sqrt{\frac{2F_{em}F_{yb}}{3(1 + R_e)}}$

Sumber : AWC (2014)

Catatan :

$$K_3 = -1 + \sqrt{\frac{2(1+R_e)}{R_e} + \frac{2F_{yb}(2+R_e)D^2}{3F_{em}I_s^2}} \quad (2.5)$$

Dimana :

- $Z$  : Kekuatan sambungan kayu atau desain lateral (kg);  
 $F_{yb}$  : Kekuatan leleh lentur baut (kg/cm<sup>2</sup>);  
 $D$  : Diameter baut (cm);  
 $R_d$  : Faktor reduksi (lihat tabel 2.5);  
 $R_e$  :  $F_{em} / F_{es}$ ;  
 $I_m$  : Penetrasi baut dalam batang kayu utama(cm);  
 $I_s$  : Penetrasi baut dalam batang kayu pendukung (cm);  
 $F_{em}$  : Kekuatan tumpu baut kayu utama (kg/cm<sup>2</sup>);  
 $F_{es}$  : Kekuatan tumpu baut kayu pendukung (kg/cm<sup>2</sup>).

**Tabel 2.5 Persamaan Faktor Reduksi**

Diameter Baut	Model Leleh	Faktor Reduksi
$1/4 \text{ in} \leq D \leq 1 \text{ in}$	$I_m, I_s$	$4K_\theta$
	II	$3,6K_\theta$
	$III_m, III_s, IV$	$3,2K_\theta$
$D < 1/4 \text{ in}$	$I_m, I_s, III_m, III_s, IV$	$K_D^1$

Sumber : AWC (2014)

Catatan :

$K$  :  $1 + 0,25(\theta/90)$ ;

$\theta$  : Sudut maksimum antara arah pembebanan dan arah serat ( $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ ) pada penyusun sambungan kayu;

$D$  : Diameter Baut (in);

$K_D$  : 2,2 untuk  $D \leq 0,17 \text{ in}$ ;

$K_D$  :  $10D + 0,5$  untuk  $0,17 \text{ in} \leq D \leq 0,25 \text{ in}$ .

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Awaludin et al (2019) telah melakukan penelitian tentang Analisa Kekuatan Tahanan Lateral Pada Sistem Komposit LVL Kayu Sengon dan Beton Pracetak. LVL (*Laminated Veneer Lumber*) kayu Sengon dan beton dapat membentuk struktur komposit sistem lantai. Sambungan antara LVL kayu Sengon dan beton pada struktur komposit sistem lantai merupakan bagian terlemah sehingga banyak kerusakan struktur akibat gagalnya sambungan. Oleh karena itu, penelitian ini membahas tentang tahanan lateral sambungan *lag screw* pada sistem komposit LVL kayu Sengon dan beton pracetak. Benda uji dibuat dalam bentuk dua bidang geser dengan 2 sekrup pada masing-masing bidang geser. Variasi benda uji berdasarkan mutu beton pracetak 20,71 MPa dan 25,29 MPa, diameter sekrup 6 mm panjang 101,6 mm dan 8 mm panjang 101,6 mm dan 127 mm, dan sudut pemasangan sekrup terhadap serat kayu  $60^\circ$  dan  $90^\circ$ . Pada penelitian ini dilakukan pula perhitungan tahanan lateral dan kekakuan alat sambung secara teoritis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahanan lateral eksperimen lebih

besar bila dibandingkan dengan teori EYM, SNI dan EC5. Kegagalan sambungan pada penelitian ini berupa rusak pada kayu dan terjadi satu hingga dua sendi plastis pada alat sambung sekrup.

Suriani (2015) telah melakukan penelitian tentang Analisa Kekuatan Tahanan Lateral Sambungan Kayu-Beton. Perkiraan kekuatan tahanan lateral pada sambungan kayu beton menggunakan alat sambung *Lagscrew* atau sekrup kunci akibat beban lateral sangat diperlukan dalam desain konstruksi sambungan. Hal tersebut diperlukan agar diketahui perilaku sambungan sehingga kegagalan sambungan dapat diprediksi. Dalam penelitian ini untuk mengetahui kekuatan tahanan lateral dilakukan pengujian geser sambungan dengan pembebanan monotonik dan model analisa mengadopsi dari model EYM (*European Yield Model*). Kayu yang digunakan: *Toona sureni* (berat jenis 0,45), *Swietenia mahagoni* (berat jenis 0,51) dan *Artocarpus heterophyllus* (berat jenis 0,54) dan mutu beton aktual 15,93 MPa. Sekrup kunci dipakai diameter 8 mm (panjang 130 mm), ring penutup diameter 22,8 mm, dan *fischer* S14. Hasil penelitian menunjukkan persentase tahanan lateral (metode 5% offset) antara prediksi dengan eksperimen adalah 36,40% sampai 48,15%.

Marliana (2018) telah melakukan penelitian tentang Variasi Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*) Berdasarkan Arah Aksial Di Desa Sesaot Kecamatan Narmada Kabupaten Lombok. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai sifat fisika dan mekanika kayu nangka (*Artocarpus heterophyllus lamk*) dan untuk mengetahui pengaruh arah aksial terhadap sifat fisika dan mekanika kayu nangka (*Artocarpus heterophyllus lamk*). Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan model rancangan acak lengkap terdiri dari 3 perlakuan yaitu (pangkal, tengah dan ujung). Hasil penelitian rata-rata sifat fisika kayu nangka (*Artocarpus heterophyllus*) yaitu kadar air segar dan kering udara sebesar 93.01% dan 13.36%, berat jenis volume segar, kering udara dan kering tanur sebesar 0.54, 0.56 dan 0.58, penyusutan radial, tangensial dan longitudinal kondisi segar sampai kondisi kering udara sebesar 2.68%, 4.21% dan 0,67%, penyusutan radial, tangensial dan longitudinal kondisi segar sampai kondisi kering tanur sebesar 3.37%, 5.59% dan

1.92, pengembangan radial, tangensial dan longitudinal kering udara sampai basah sebesar 1.96%, 0.58% dan 0.25% dan keteguhan lengkung statik pada batas patah MoR sebesar 655.15 kg/cm<sup>2</sup>.

Setiawati (2018) telah melakukan penelitian tentang pemanfaatan *fly ash* sebagai material pembentuk beton memberikan dampak positif jika ditinjau dari segi lingkungan. Dalam penelitian ini, akan mengidentifikasi manfaat *fly ash* sebagai material pengganti semen pada beton. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat tekan beton. Persentase *fly ash* yang digunakan bervariasi, mulai dari 5% sampai 12,5% dengan interval penggunaan *fly ash* sebesar 2,5%. Beton akan diuji pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari setelah terlebih dahulu dilakukan curing. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus sebanyak 96 benda uji dimana untuk setiap variasi sebanyak 12 benda uji. Dari penelitian ini diperoleh bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada penggunaan 12,5% *fly ash*, yaitu 404,03 Kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari dengan persentase peningkatan 27,95%. Pada awal umur beton nilai kuat tekan tertinggi pada penggunaan *fly ash* 12,5%, sebesar 231,04 Kg/cm<sup>2</sup> dengan persentase peningkatan sebesar 60% terhadap beton normal. Persentase penggunaan *fly ash* 12,5% pada beton, menghasilkan beton dengan kuat tekan maksimum.

Erfan (2018) telah melakukan penelitian tentang analisa pengaruh pemakaian *fly ash* sebagai sementisium pada beton mutu sedang terhadap kuat tekan beton. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian yang bersifat eksperimental untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh pemakaian *fly ash* sebagai sementisium/bahan pengganti semen pada beton mutu sedang (25 Mpa). Jumlah benda uji masing-masing 4 buah setiap variasi, Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan 5 variasi kadar *fly ash* yang berbeda diperoleh hasil kuat tekan rata-rata beton tertinggi yaitu pada beton dengan kadar *fly ash* 20% sebesar 31,10 Mpa. Peningkatan kuat tekan sebesar 6,17 MPa (24,75%) dari beton normal 24,93 MPa, kuat tekan terendah yaitu pada beton dengan kadar *fly ash* 30 % sebesar 22,32 MPa.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Pembuatan dan persiapan benda uji dilakukan di laboratorium bahan dan struktur Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar. Pengujian benda uji dilakukan di laboratorium bahan dan struktur Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala. Waktu penelitian yang direncanakan selama kurang lebih 1 bulan.

#### **3.2 Tahap Pembuatan Benda Uji**

Tahapan pembuatan benda dimulai dengan penyiapan bahan dan material, pembuatan benda uji beton pracetak, pemotongan benda uji kayuangka sesuai ukuran yang dibutuhkan, dan proses pemasangan benda uji komposit kayuangka dan beton pracetak *fly ash*.

##### **3.2.1 Penyiapan bahan dan material**

Material yang digunakan untuk pembuatan komposit batangangka dan beton adalah batangangka, agregat, semen *portland*, air dan *fly ash*. Batangangka yang digunakan adalah batangangka yang telah dikeringkan, berbatang lurus, tidak terserang hama dan berukuran 50 mm x 80 mm dan panjang 400 mm. Batangangka tersebut diperoleh dari Desa Padang Panyang, Kecamatan Kuala Pesisir, Kabupaten Nagan Raya, Provinsi Aceh. Air digunakan untuk campuran agregat dan semen agar terbentuknya beton yang kemudian akan disambungkan dengan batangangka, dan penggunaan bahan tambahan *fly ash* sebesar 2% dari berat semen. Penggunaan *fly ash* pada penelitian ini sebagai bahan penambah semen, dengan maksud untuk menambahkan kekakuan dan menambahkan kekedapan beton.

Terdapat dua ukuran sekrup kunci yang digunakan sebagai pengikat kedua sisi beton ke batang angka. Sekrup kunci yang digunakan yaitu sekrup kunci berdiameter 6 mm dan 8 mm dengan panjang 100 mm serta diameter 6 mm dan 8 mm dengan panjang 125 mm sebagai alat sambung komposit batang angka dan beton.

### **3.2.2 Alat yang digunakan**

Alat yang digunakan adalah gergaji, palu, timbangan, mesin bor, LVDT, gerinda, jangka sorong, mesin molen dan mesin UTM (*Universal Testing Machine*). UTM merupakan mesin yang bisa digunakan untuk berbagai macam pengujian, laju pembebanan pada mesin UTM dapat diatur sesuai kebutuhan, laju pembebanan yang diberikan pada penelitian ini 1,50 mm/min dan hasil yang diperoleh dari pengujian berupa grafik tegangan dan regangan.

LVDT digunakan dalam pembacaan dial, agar dapat diketahui besar deformasi yang terjadi pada benda uji, LVDT yang dipakai memiliki ketelitian hingga 0,01 mm. Mesin bor memiliki fungsi untuk membuat lubang pada sebagai tempat sekrup kunci, digunakan mata bor dengan diameter 6 mm dan 8 mm. Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi dan diameter sekrup kunci. Gergaji digunakan untuk memotong dengan ukuran yang telah ditentukan, cara kerja gergaji dilakukan secara manual dengan cara menempatkan mata gergaji pada benda yang akan dipotong pada dan memberikan gaya dorong dan tarik secara berulang-ulang. Mesin molen digunakan pada proses pengadukan saat pengecoran beton pracetak.

### **3.2.3 Tahap pembuatan benda uji beton pracetak**

Tahap pembuatan benda uji beton pracetak dimulai dengan pembuatan bekisting beton, pembuatan bekisting dibuat secara manual menggunakan papan kayu. Ukuran bekisting disesuaikan dengan ukuran benda uji beton pracetak yaitu 40 cm panjang, lebar 15 cm dan tebal 5 cm. Bekisting yang diperlukan sebanyak 12 buah sesuai dengan jumlah benda uji beton pracetak. Pada tahap selanjutnya dilakukan penyiapan material dan bahan pembuatan beton pracetak. Sebelum

dilakukan pengecoran beton pracetak dibuat terlebih dahulu perhitungan volume campuran untuk pengecoran beton pracetak.

Volume untuk komposit beton pracetak diketahui bahwa beton pracetak memiliki panjang 40 cm, lebar 15 cm dan tebal 5 cm. jadi untuk menghitung volume ini menggunakan rumus volume persegi panjang berikut.

$$V = P \times L \times T$$

Tahapan perhitungan *mix design* beton pada beton pracetak yaitu :

Langkah 1 : Tinggi *slump* yang diinginkan adalah 75-100 mm.

Langkah 2 : Diameter maksimum *aggregate* yang digunakan adalah 19 mm

Langkah 3 : Jenis beton adalah *Non Air – Entrained Concrete* (konstruksi tidak dipengaruhi oleh perbedaan temperatur akibat membeku dan mencair (*freezing and thawing*). Jumlah air yang dibutuhkan untuk mendapatkan *slump* 75 – 100 mm dengan diameter maksimum agregat 19 mm diperkirakan jumlah air yang diperlukan adalah 25 Kg/m<sup>3</sup>.

Langkah 4 : Dalam 1 buah benda uji komposit batang nangka dan beton berjumlah 2 buah beton pracetak. Sehingga volume yang dibutuhkan dalam 1 buah benda uji adalah  $2 \times 0,003 = 0,006 \text{ M}^3$ . Benda uji yang direncanakan 12 buah benda uji. Total volume keseluruhan dalam 12 benda uji yaitu  $12 \times 0,006 \text{ M}^3 = 0,072 \text{ M}^3$ .

Langkah 5: Benda uji kubus pada penelitian ini juga diperhitungkan untuk perbandingan benda uji komposit batang nangka dan beton. Volume kubus dalam 1 benda uji adalah  $0,003375 \text{ M}^3$ , menggunakan 3 benda uji. Sehingga volume kubus yang dibutuhkan dalam 2 benda uji adalah  $2 \times 0,003375 = 0,00675 \text{ M}^3$ .

Langkah 6 : Berat beton pada benda uji komposit dan benda uji kubus digunakan  $2400 \text{ Kg/m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Berat beton (WBM)} &= 2400 \times \text{volume benda uji (12 benda uji)} \\ &= 2400 \times 0,072 \\ &= 172,8 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Berat beton (WKB)} = 2400 \times \text{volume kubus (2 kubus)}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2400 \times 0,00675 \\
 &= 16,2 \text{ Kg} \\
 \text{Total} &= \text{WBM} + \text{WKB} \\
 &= 172,8 + 16,2 \\
 \text{WT} &= 189 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Langkah 7 : Berat total pengecoran (WT) pada penelitian ini tambah dengan 10% dari berat total pengecoran. Jadi perhitungannya adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pengecoran} &= \text{WT} + (10\% \text{ WT}) \\
 &= 189 + (10\% (189)) \\
 &= 207,9 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Langkah 8 : Pada penelitian ini perhitungan jumlah kebutuhan semen, pasir dan kerikil menggunakan metode 1 pc : 2 ps : 3 krl : 0,02 ash dari berat pengecoran. Perhitungannya adalah :

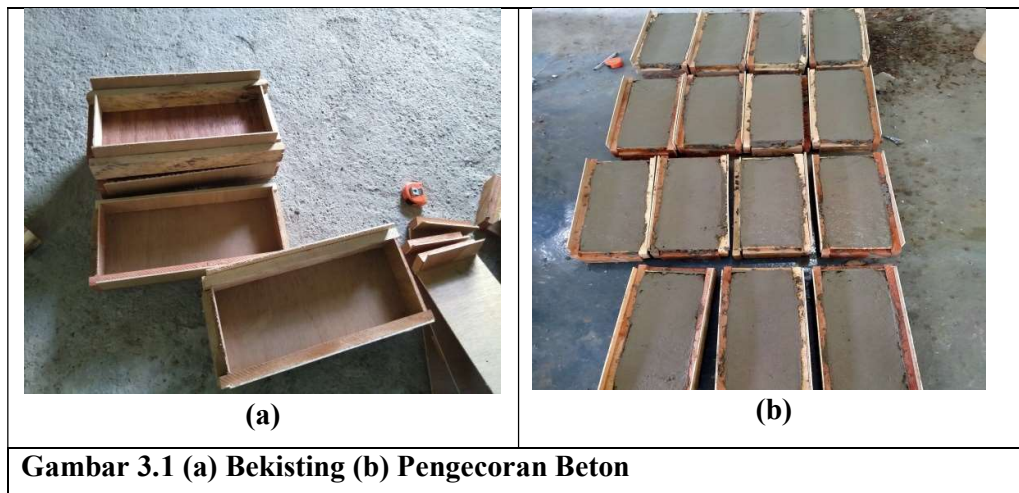
$$\begin{aligned}
 \text{Semen Pc} &= \frac{1}{7} \times \text{Berat pengecoran} \\
 &= \frac{1}{7} \times 207,9 = 29,7 \text{ kg} \\
 \text{Pasir} &= \frac{2}{7} \times \text{Berat pengecoran} \\
 &= \frac{2}{7} \times 207,9 = 59,4 \text{ kg} \\
 \text{Kerikil} &= \frac{3}{7} \times \text{Berat pengecoran} \\
 &= \frac{3}{7} \times 207,9 = 89,1 \text{ kg} \\
 \text{Fly ash} &= \frac{0,02}{7} \times \text{Berat Pengecoran} \\
 &= \frac{0,02}{7} \times 207,9 = 0,594 \text{ kg} \\
 \text{Air} &= \text{FAS} \times \text{berat semen} \\
 &= 0,54 \times 29,7 \\
 &= 16,07 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi pada penelitian ini, untuk mendapatkan mutu beton normal pada semua benda uji dengan volume 0,072 M<sup>3</sup> dibutuhkan 1 zak semen PC, 60 kg pasir, 90 kg kerikil dan 16 kg air sesuai dengan hitungan yang tertera di atas. Campuran betonnya dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

**Tabel 3.1 Campuran Beton**

No	Material	Berat pengecoran dengan 10 %	Benda uji m <sup>3</sup>	Untuk 12 benda uji (1:2:3)	satuan
1	Semen	207,46	0,00603	29,7	Kg
2	Pasir	207,46	0,00603	60	Kg
3	Kerikil	207,46	0,00603	90	Kg
4	Air	207,46	0,00603	16	Kg
5	<i>Fly ash</i>	207,46	0,00603	0,594	Kg
	Total	829,84	0,00603	204,64	Kg

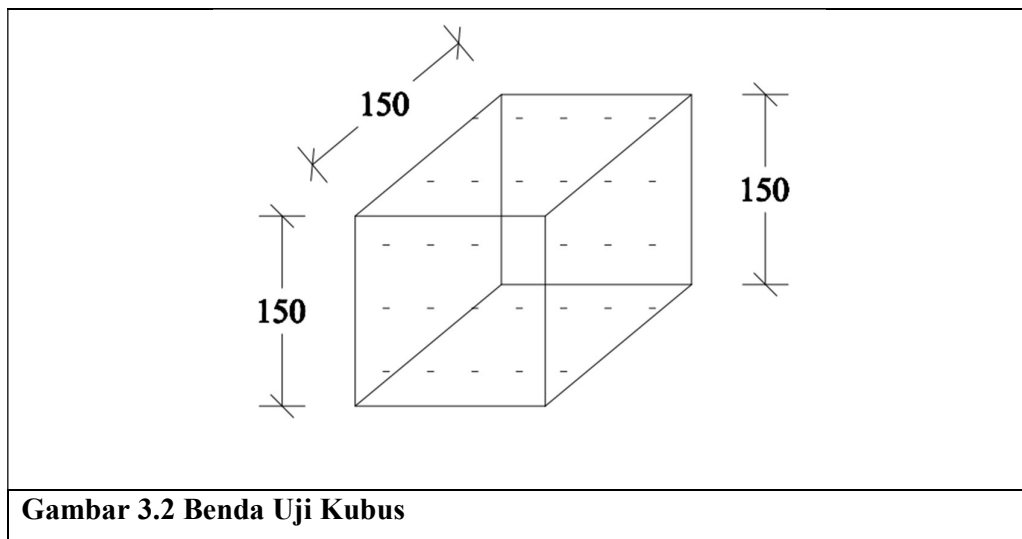
Setelah dilakukan perhitungan volume campuran beton pracetak, selanjutnya bahan dan material campuran beton pracetak ditimbang sesuai perhitungan volume yang telah dihitung. Prosen pengadukan bahan campuran menggunakan mesin molen, pasir dan kerikil dimasukkan kedalam molen dilanjutkan dengan memasukkan semen. Kemudian dilakukan pengadukan terlebih dahulu ketiga material tersebut dengan molen, lalu semen dan bahan tambah *fly ash* juga dimasukkan kedalam mesin molen. Dilakukan pengadukan lagi, baru kemudian ditambahkan air sedikit demi sedikit supaya bahan dan material tercampur dengan merata. Bekisting dan pengecoran beton dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Pengadukan sudah dilakukan, selanjutnya melakukan pengecoran beton pada bekisting beton pracetak. Pengecoran dilakukan pada bekisting yang sudah dibuat sebelumnya, bahan campuran dituangkan kedalam masing-masing bekisting dan dipadatkan secara merata. Setelah dilakukan pengecoran, beton ditunggu umur 28 hari sebelum dilakukan pengujian kubus dan pembukaan bekisting. Umur 7 hari beton dilakukan pembukaan bekisting beton.

### 3.2.4 Benda uji kubus

Pengujian benda uji beton kubus dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan tekan beton pracetak sebelum dikompositkan dengan kayu nangka. Beton kubus berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm dan jumlah benda uji kubus yaitu dua buah. Perhitungan volume campuran benda uji kubus sama seperti benda uji beton pracetak. Total volume benda uji kubus dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



**Gambar 3.2 Benda Uji Kubus**

$$\begin{aligned}
 V &= S \times S \times S \\
 &= 0,15 \times 0,15 \times 0,15 \\
 &= 0,003375 \text{ M}^3
 \end{aligned}$$

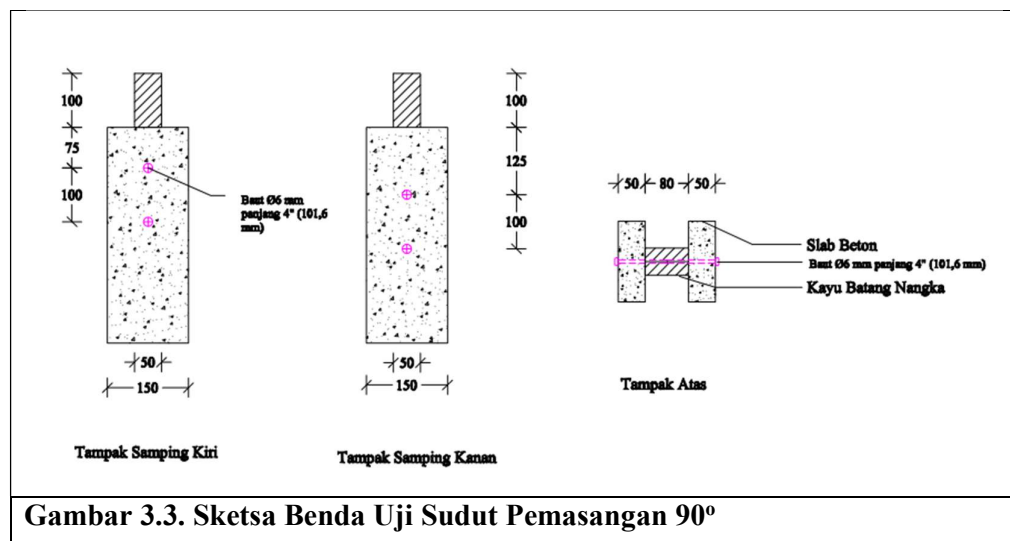
$$\begin{aligned}
 \text{Volume x jumlah benda uji} &= 0,003375 \text{ M}^3 \times 2 \\
 &= 0,00675 \text{ M}^3
 \end{aligned}$$

### 3.2.5 Tahap pembuatan benda uji komposit

Terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk mendapatkan benda uji komposit kayu nangka dan beton *fly ash* untuk penelitian ini antara lain:

1. Pembuatan sambungan pada kayu nangka, bentuk benda uji sambungan pada komposit kayu nangka dan beton yang telah disiapkan sesuai Gambar 3.3.
2. Pembuatan lubang sambungan, Setelah dipotong-potong sesuai ukuran maka sampel-sampel dilubangi dengan mesin bor yang menggunakan mata bor sebesar 6 mm dan 8 cm sesuai dengan ukuran sekrup kunci yang akan dipakai dalam pengujian, pengeboran untuk lubang pertama dilakukan pada jarak 7,5 cm dari ujung kayu, kemudian pada lubang kedua sampai lubang keempat jarak pengeborannya adalah 5 cm. Penelitian ini jumlah sekrup kunci yang digunakan untuk satu buah benda uji adalah 4 sekrup kunci, dimana pada penelitian ini benda uji yang digunakan berjumlah 12 buah benda uji.

Sambungan pada sistem komposit batang nangka dan beton dengan posisi sekrup kunci  $60^\circ$  dan  $90^\circ$  diameter sekrup kunci 6 mm dan 8 mm dengan panjang 100 mm dan 125 mm dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.

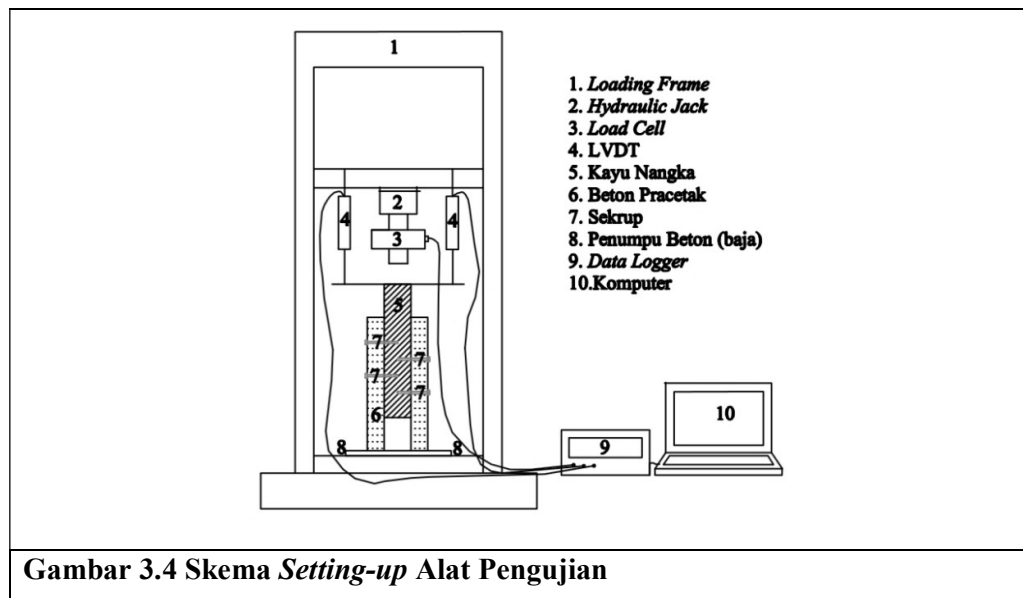


### 3.3 Tahap Pengujian Benda Uji dan Analisis Data

Pengujian benda uji sistem komposit kayu nangka dan beton *fly ash* dilakukan setelah persiapan dan pembuatan benda uji selesai dilakukan. Pengujian yang dilakukan adalah pembebanan stastis pada benda uji komposit. untuk keperluan teoritis perhitungan dibutuhkan beberapa parameter tambahan, diantaranya kuat lentur *lag screw*, kuat tumpu dan kuat cabut *lag screw*.

#### 3.3.1 Pengujian pembebanan benda uji

Pembebanan saat pengujian dilakukan secara statik menggunakan alat *universal testing machine* (UTM). Benda uji komposit kayu nangka dengan beton *fly ash* diletakkan pada alat pengujian *setting-up* pengujian ditampilkan pada Gambar 3.4.



Benda uji komposit kayu nangka diletakkan pada *hydraulic jack* yang terhubung dengan *loading frame*, benda uji juga dipasangkan penumpu beton supaya tidak bergeser saat pembebanan. Benda uji komposit kayu nangka dan beton diberi LVDT dan *load cell* pada bagian atas yang terhubung dengan *hydraulic jack*. Pada saat pengujian, LVDT dan *load cell* sudah dihubungkan

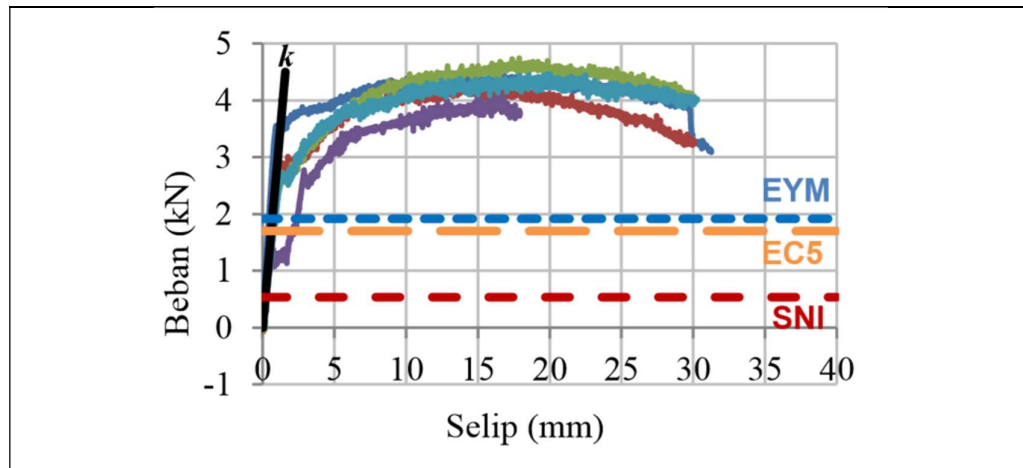


dengan *data logger* sehingga beban dan selip saat pembebanan dapat terekam. Proses pembebanan dilakukan dengan cara menekan tuas pompa *hydraulic jack* secara terus menerus sampai alat sambung mencapai titik leleh. Hasil beban dan selip saat pembebanan direkam pada *data logger* yang terhubung dengan komputer untuk pembacaan data pembebanan yang terekam, data yang terekam dicetak dalam bentuk kertas untuk selanjutnya diolah.

### **3.3.2 Tahap analisis data pengujian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dan analisis. Beban diberikan secara bertahap pada masing-masing kelompok benda uji, hingga benda uji mengalami kehancuran. Pada saat benda uji diberi beban alat sambung sekrup mengalami pembengkokakan. Kayu mengalami kerusakan dan beton juga mulai retak, kerusakan pada benda uji diamati secara visual. Kemudian kerusakan pada benda uji dibandingkan dengan teori moda keagalan EYM seperti rujukan Tabel 2.3 halaman 14.

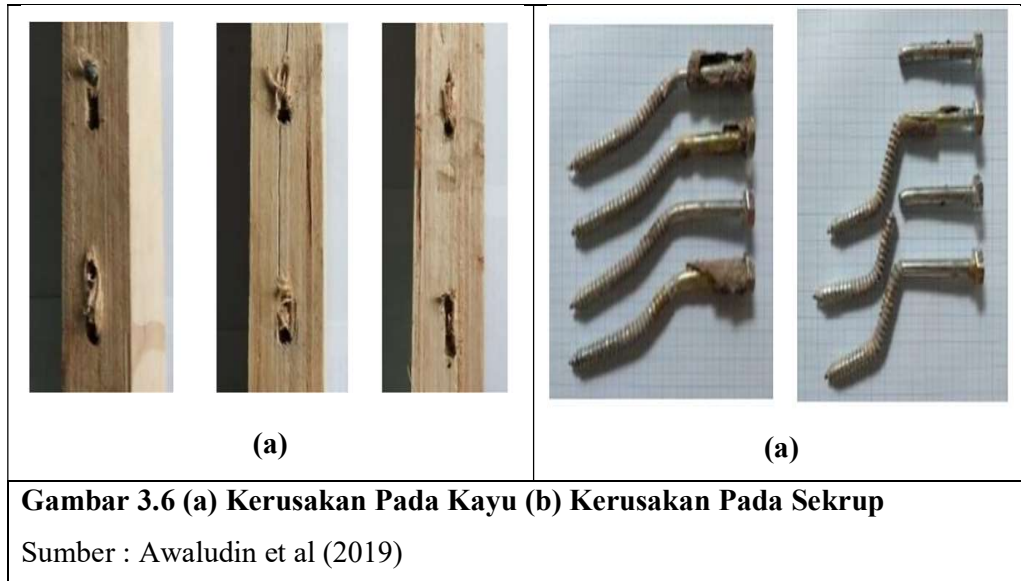
Penelitian ini akan mencari besarnya kuat tahanan sambungan saat terjadi pembebanan terhadap benda uji, dibuat grafik hubungan antara kekakuan awal dan sudut pembebanan terhadap serat masing-masing benda uji sehingga dari tabel tersebut dapat diketahui alternatif penggunaan sambungan yang dapat menahan kuat lentur. Dalam melakukan perhitungan tahanan lateral, dibutuhkan beberapa parameter masukan yaitu pengujian kuat lentur *lag screw*, kuat tumpu *lag screw* pada kayu angka dan pengujian kuat cabut *lag screw* pada kayu angka. Parameter-parameter tersebut didapatkan dari hasil pengujian material di laboratorium. Perhitungan kekakuan alat sambung terhadap benda uji juga dilakukan dengan menggunakan persamaan seperti rujukan pada Persamaan 2.2 halaman 12. Grafik hubungan dengan selip satu sekrup dapat dilihat pada Gambar 3.5.



**Gambar 3.5 Grafik Hubungan Beban Dengan Selip**

Sumber : Awaludin et al (2019)

Setelah pengujian pembebanan pada benda uji komposit kayu nangka dan beton pracetak, didapat data hasil pengujian pembebanan tersebut. Data hasil pengujian kemudian diolah di aplikasi Microsoft Excel dalam bentuk tabel. Data yang didapat dari pengujian direkam dengan *data loader*, data dari *data loader* berupa nilai beban dan penurun. selesai dibuat dalam bentuk tabel, lalu data hasil pengujian diolah dalam bentuk grafik hubungan beban dan selip satu sekrup. Benda uji yang mempunyai dimensi sekrup yang sama digabung satu grafik hubungan beban dan selip satu sekrup. Perhitungan kekakuan alat sambung dan tahanan lateral benda uji komposit menggunakan persamaan berdasarkan teori *European Yield Model* (EYM). Berdasarkan perhitungan secara teori EYM dengan batas leleh  $I_s$ ,  $III_m$ ,  $III_s$ , dan  $IV_s$  yang sudah dipaparkan pada Bab 2. Kerusakan pada benda uji komposit dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Hasil pengujian dari beberapa benda uji sambungan komposit kayu nangka dan beton pracetak *fly ash*, data hasil pengujian diolah mencari nilai kekakuan masing-masing sekrup disajikan dalam bentuk tabel. Perhitungan tahanan lateral berdasarkan persamaan EYM ditampilkan dalam bentuk tabel, dan hubungan beban dengan slip satu sekrup ditampilkan dalam bentuk grafik. Kerusakan yang terjadi pada komponen sambungan diamati secara visual kemudian dibandingkan dengan teori moda kegagalan EYM pada penelitian yang serupa.

Hasil penelitian adalah persamaan empiris dan data kekuatan sambungan pada sistem komposit dan beton *fly ash* dengan posisi sekrup kunci 60° dan 90°. Data tabel, grafik, perhitungan kekakuan alat sambung dan perhitungan tahanan lateral komposit kayu nangka dan beton pracetak disajikan pada Bab 4.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

Pengolahan data dan pembahasan hasil yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala dimuat pada bab ini dan disesuaikan dengan landasan teori pada bab II. Model benda uji pada penelitian ini menggunakan benda uji *double shear*. Model ini dipilih karena memberi kemudahan dalam pelaksanaan pengujian mengingat benda uji dengan *single-shear* berpotensi memberikan gaya tekan dari mesin *hydraulic* yang tidak sentris. Kayu rangka berukuran 400 mm, lebar 80 mm dan tebal 50 mm yang dikompositkan dengan beton pracetak *fly ash* berukuran 400 mm, lebar 150 mm dan tebal 50 mm dengan alat sambung berupa *lag screw*.

#### 4.1.1 Spesifikasi Benda Uji

Benda uji divariasikan berdasarkan diameter sekrup ( $D$ ), kedalaman penetrasi ( $p$ ), dan sudut pemasangan sekrup ( $\theta$ ), dengan jumlah sampel terjadi pada Tabel 4.1, dimana  $p$  adalah panjang sekrup dan  $n$  adalah jumlah benda uji.

**Tabel 4.1 Spesifikasi Benda Uji**

Kode	D (mm)	$\theta$ (°)	$P$ (mm)	$p$ (mm)	N
A6-1x	6	90	101,6	51,6	3
A6-2y	6	60	127,0	66,9	3
A8-1x	8	90	101,6	51,6	3
A8-2y	8	60	127,0	66,9	3

Keterangan notasi:

- Simbol A untuk benda uji beton pracetak *fly ash*

- Simbol 6 dan 8 untuk diameter sekrup
- Simbol 1 dan 2 untuk sudut pemasangan, 1 = 90° dan 2 = 60°
- Simbol x dan y untuk panjang sekrup, x = 101,6 mm dan y = 127 mm

Benda uji kayu nangka dengan beton pracetak *fly ash* dibuat dengan menambahkan alat sambung yaitu *lag screw*. Alat sambung diletakan pada lubang yang telah dibuat pada benda uji beton pracetak *fly ash* lalu dikencangkan pada kayu nangka yang telah dibor terlebih dahulu. Pengencangan sambungan hanya sampai kepala sekrup menyentuh permukaan benda uji beton.

#### 4.1.2 Pembebanan Benda Uji

Pembebanan saat pengujian dilakukan secara statik menggunakan alat *universal testing machine*. Benda uji beton pracetak *fly ash* dan kayu nangka diberi LVDT pada kedua sisi. Pada saat pengujian, LVDT dan *load cell* terhubung pada *data loader* sehingga beban dan selip yang terjadi dapat terekam. Pembebanan dilakukan secara bertahap pada benda uji hingga terjadi kerusakan pada benda uji. Pada pengujian ini terjadi kerusakan pada beton, kayu nangka dan alat sambung. Pada beton terjadi keretakan disekitar alat sambung, kayu nangka juga rusak pada alat sambung. Sedangkan alat sambung sekrup mengalami pembengkokan.

Beberapa parameter masukan yang dibutuhkan dalam perhitungan tahanan lateral diantaranya kuat lentur *lag screw*, kuat cabut dan kuat tumpu *lag screw* pada kayu nangka. Untuk mendapatkan parameter-parameter tersebut didapatkan dari hasil pengujian material di laboratorium. Pengujian untuk mendapatkan nilai kuat lentur *lag screw*, dilakukan uji tarik *lag screw* berdasarkan ASTM E8 M dengan benda uji berjumlah tiga buah *lag screw* diameter 8 mm. Pengujian kuat tumpu *lag screw* pada kayu nangka dilakukan sesuai ASTM-D 5764 dengan lima buah benda uji berupa kayu nangka berukuran 40 mm x 80 mm x 60 mm diberi lubang berukuran setengah diameter *lag screw* pada tepi atasnya. Uji kuat cabut dilakukan pada sudut 90°, *lag screw* berdiameter 6 mm dan 8 mm dan ditancapkan

pada kayu nangka berukuran 40 mm x 80 mm x 200 mm dan dilakukan pengujian cabut sesuai dengan ASTM-D 1761 dengan jumlah benda uji 6 buah. Pemasangan *setting-up* pembebanan benda uji ditampilkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Proses *Setting-up* Pembebanan

#### **4.1.3 Analisis Hasil Pengujian**

Hasil pengujian kuat lentur *lag screw* didapatkan nilai kuat lentur *lag screw* sebesar 568 Mpa, kuat tumpu *lag screw* pada kayu nangka untuk diameter 8 mm sebesar 4,12 Mpa dan untuk diameter 6 mm sebesar 2,93 Mpa. Pengujian kuat cabut *lag screw* pada kayu nangka berdiameter 8 mm didapatkan nilai kuat cabut sebesar 14,55 Mpa serta pada *lag screw* berdiameter 6 mm didapat nilai sebesar 12,23 Mpa.

Hasil pengujian sambungan komposit kayu nangka dan beton pracetak *fly ash* tersaji dalam bentuk grafik. Nilai maksimum, maksimum dan rata-rata beban yang mampu diterima tiap kelompok benda uji dua bidang geser dapat dilihat pada Tabel 4.2

**Tabel 4.2 Hasil Pengujian Geser**

	<b>Jumlah Sampel (buah)</b>	<b>Beban Max (kN)</b>	<b>Beban Min (kN)</b>	<b>Rata- rata (kN)</b>
A6-1x	3	36,48	10,0028	18,338
A6-2y	3	38,5	10,198	18,6
A8-1x	3	39,5	10,297	21,96
A8-2y	3	32,65	10,19	17,06

Hasil pengujian dari beberapa variasi benda uji tersebut, benda uji dengan kode A8-1x memiliki ketahanan lateral paling tinggi yaitu 39,5 kN. Nilai tahanan lateral terendah yaitu benda uji dengan kode A8-2y sebesar 17,06 kN.

#### **4.1.4 Kekakuan alat sambung pada benda uji**

Hasil pengujian dari beberapa variasi benda uji, benda uji dengan pemasangan sekrup sudut  $60^\circ$  memiliki nilai tahanan lateral yang paling rendah yaitu 17,06 kN untuk sekrup berdiameter 8 mm. Data hasil pengujian diolah mencari nilai kekakuan masing-masing sekrup dengan Persamaan 2.2 halaman 10 pada Bab II. Nilai kekakuan yang diperoleh disajikan pada Tabel 4.3. Secara teoritis, perhitungan tahanan lateral berdasarkan persamaan EYM memiliki hasil seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.4. Grafik nilai kekakuan ( $k$ ), tahanan lateral menurut EYM dengan grafik hubungan beban dengan selip satu sekrup dapat dilihat pada Gambar 4.3 hingga Gambar 4.5.

**Tabel 4.3 Perhitungan Nilai Kekakuan Satu Sekrup**

	<b>Jumlah Sampel (buah)</b>	<b>Beban Max (kN)</b>	<b>Beban Min (kN)</b>	<b>Rata- rata (kN)</b>
A6-1x	3	1,489	0,57	1,03
A6-2y	3	2,127	1,378	1,75
A8-1x	3	4,158	1,716	2,937
A8-2y	3	1,87	9,705	5,785

Berdasarkan perhitungan nilai kekakuan satu sekrup sistem komposit kayu nangka dengan beton didapat hasil pada tabel 4.3, nilai tersebut didapat menggunakan persamaan 2.5 halaman 12 pada bab 2. Perhitungan nilai kekakuan dilakukan tiap sampel masing-masing kelompok benda uji kemudian dicari nilai rata-rata.

#### **4.1.5 Tahanan lateral menggunakan *european yield model* (EYM)**

Perhitungan tahanan lateral komposit kayu nangka dan beton menurut persamaan *European Yield Model* (EYM) ditampilkan pada tabel 4.4 dengan menggunakan persamaan pada tabel 2.3 halaman 6 bab 2.

Dimana:

$$D = 6 \text{ mm dan } 8 \text{ mm}$$

$$p = 51,6 \text{ mm}$$

$$t_m = 50 \text{ mm}$$

$$t_s = 50 \text{ mm}$$

$$K_d = \text{untuk D6} = 0,28D+0,56; \text{D8} = 3$$

$$F_{em} = 2,43 \text{ Mpa}$$

$$F_{es} = 25 \text{ Mpa}$$

$$F_{yb} = 10,05 \text{ Mpa}$$

$$R_e = 0,0972$$



**Tabel 4.4 Perhitungan Tahanan Lateral**

<b>Kode</b>	<b><math>I_s</math></b> <b>(kN)</b>	<b><math>III_m</math></b> <b>(kN)</b>	<b><math>III_s</math></b> <b>(kN)</b>	<b><math>IV_s</math></b> <b>(kN)</b>
A6-1x	11,05	0,66	19,78	0,2
A6-2y	11,05	0,8	19,78	0,2
A8-1x	11	0,84	19,7	0,27
A8-2y	11	0,97	19,7	0,27

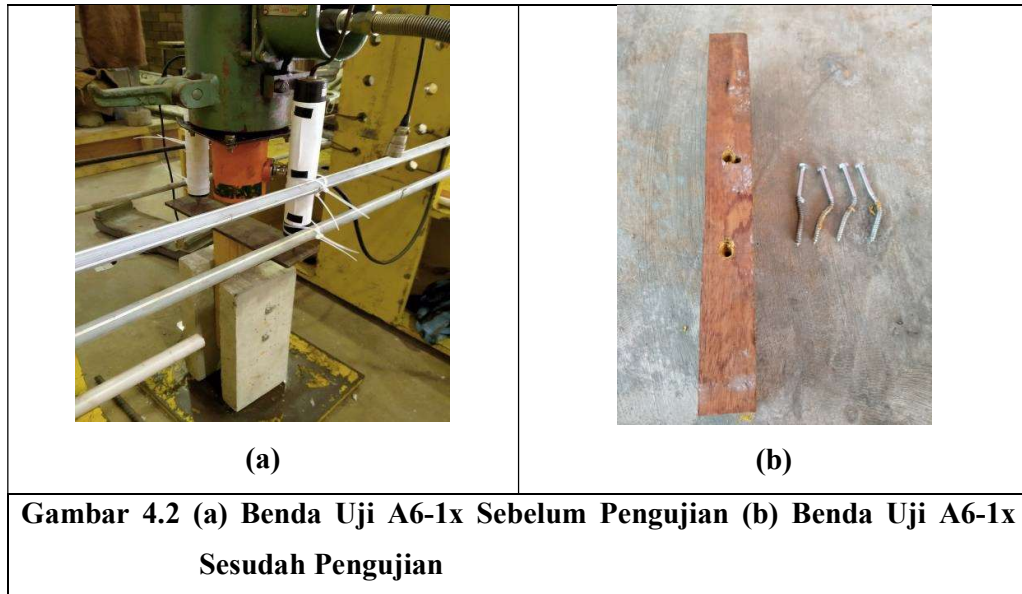
Berdasarkan perhitungan secara teori EYM dengan batas model batas leleh  $I_s$ ,  $III_m$ ,  $III_s$  dan  $IV_s$  menunjukkan nilai tahanan lateral dari hasil pengujian pada tabel 4.4. pada moda  $I_s$ ,  $III_s$  dan  $IV_s$  nilai tahanan lateral terdapat persamaan antara benda uji dengan diameter alat sambung yang sama. Sedangkan pada moda  $III_m$  nilai lateral berbeda pada masing-masing kelompok benda uji komposit kayu nangka dengan beton.

## 4.2 Pembahasan

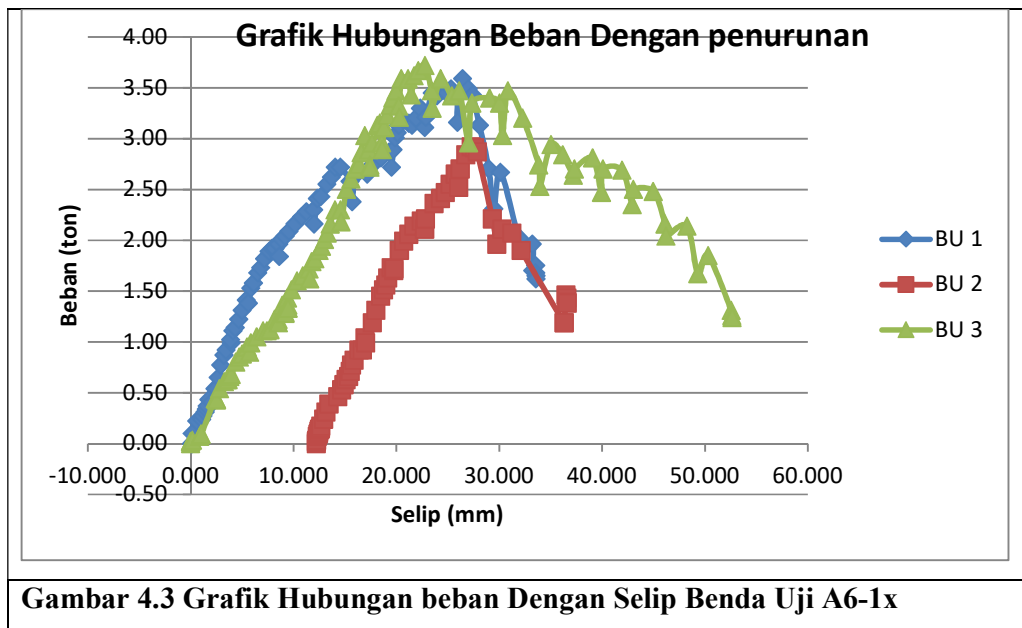
Kerusakan yang terjadi pada komponen sambungan diamati secara visual kemudian dibandingkan dengan teori moda kegagalan *European Yield Mode* (EYM) untuk menentukan moda kegagalan sambungannya. Setiap benda uji memiliki nilai leleh yang berbeda karena diameter alat sambung yang digunakan berbeda.

1. Benda uji dengan diameter 6 mm panjang sekrup 101,6 sudut 90°

Hasil pengujian benda uji dengan diameter sekrup 6 mm, panjang sekrup 101,6 serta sudut pemasangan 90° dengan kode benda uji A6-1x dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



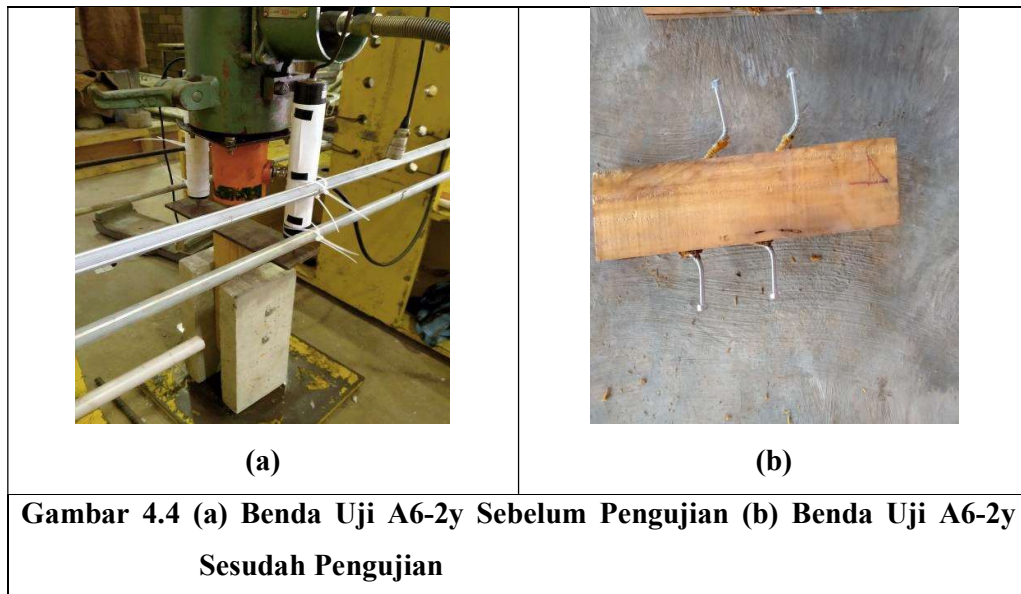
Hasil pengujian pada benda uji dengan kode A6-1x menunjukkan moda kegagalan  $III_m$ , terlihat dari kerusakan yang terjadi pada kayu dan alat sambung *lag screw* yang bengkok karena terjadi satu ataupun dua sendi plastis. Grafik nilai kekakuan ( $k$ ), tahanan lateral menurut EYM dengan hubungan beban dengan selip satu sekrup dapat dilihat pada Gambar 4.3.



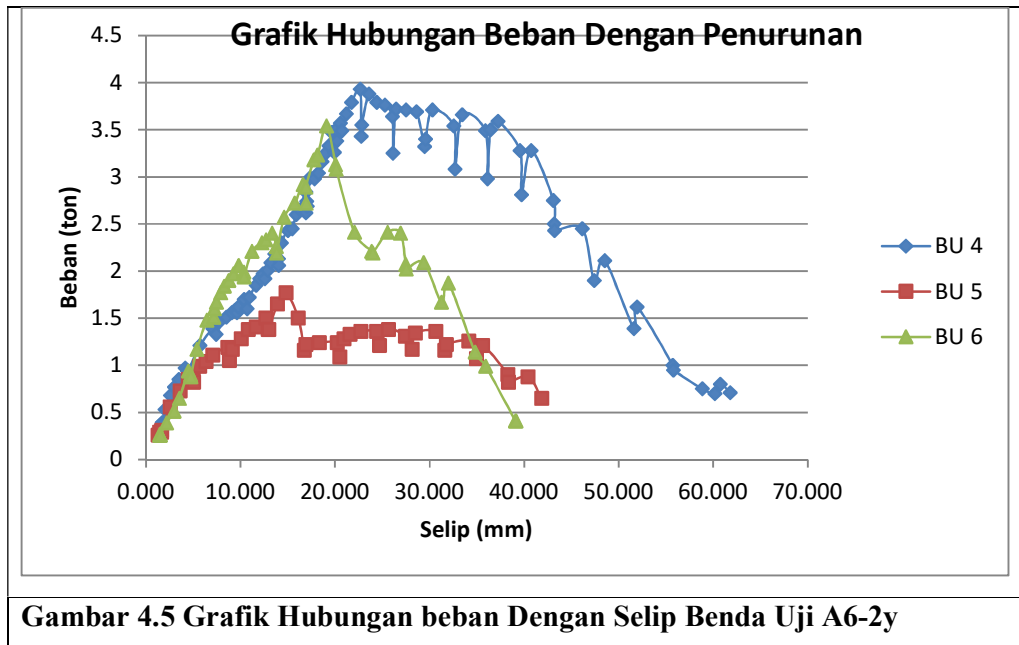
Hasil pengujian pembebanan sambungan komposit kayu nangka dan beton pracetak tersaji dalam grafik. Grafik hubungan beban dengan selip pada benda uji dengan kode A6-1x menunjukkan beban maksimum sebesar 36,48 kN pada saat dilakukan pembebanan.

2. Benda uji dengan diameter 6 mm panjang sekrup 127 sudut 60°

Hasil pengujian benda uji dengan diameter sekrup 6 mm, panjang sekrup 127 serta sudut pemasangan 60° dengan kode benda uji A6-2y dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



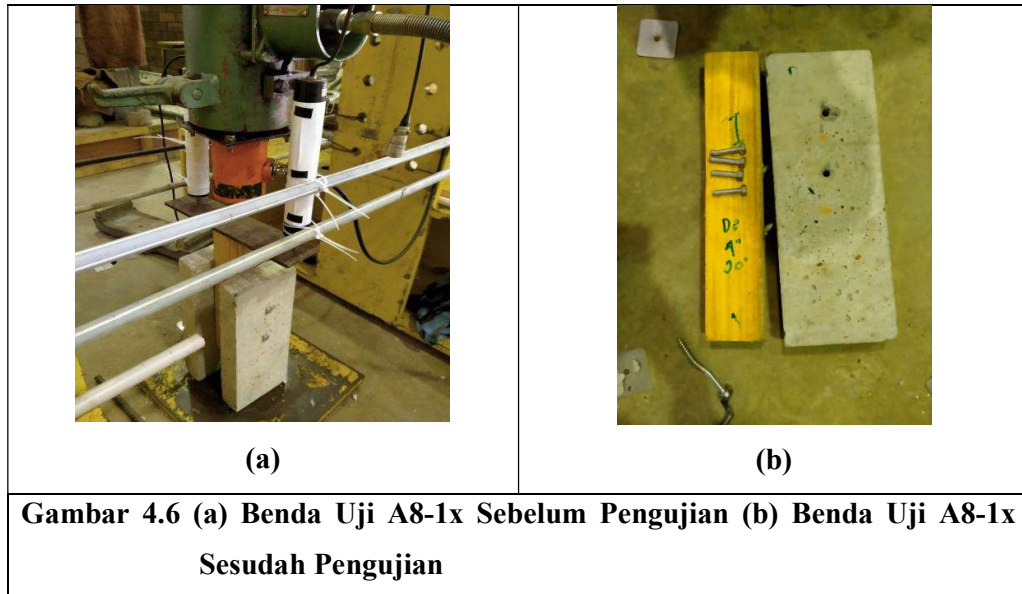
Hasil pengujian pada benda uji dengan kode A6-2y menunjukkan moda kegagalan  $III_m$ , terlihat dari kerusakan yang terjadi pada kayu dan alat sambung *lag screw* yang bengkok karena terjadi satu ataupun dua sendi plastis. Grafik nilai kekakuan ( $k$ ), tahanan lateral menurut EYM dengan hubungan beban dengan selip satu sekrup dapat dilihat pada Gambar 4.5.



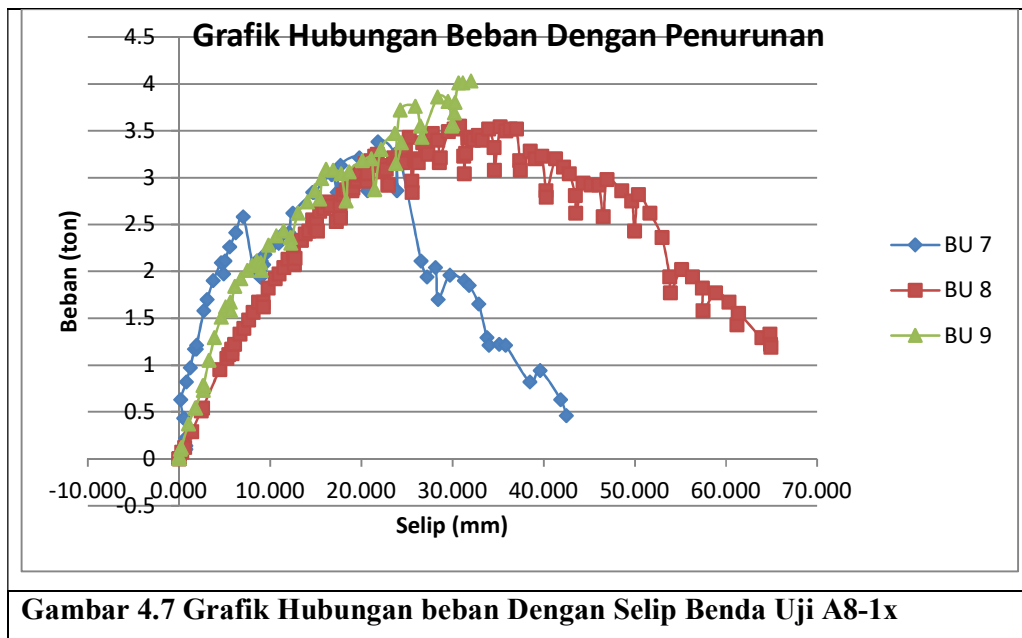
Hasil pengujian pembebanan sambungan komposit kayu nangka dan beton pracetak tersaji dalam grafik. Grafik hubungan beban dengan selip pada benda uji dengan kode A6-2y menunjukkan beban maksimum sebesar 38,5 kN pada saat dilakukan pembebanan.

3. Benda uji dengan diameter 8 mm panjang sekrup 101,6 sudut 90°

Hasil pengujian benda uji dengan diameter sekrup 8 mm, panjang sekrup 101,6 serta sudut pemasangan 90° dengan kode benda uji A8-1x dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



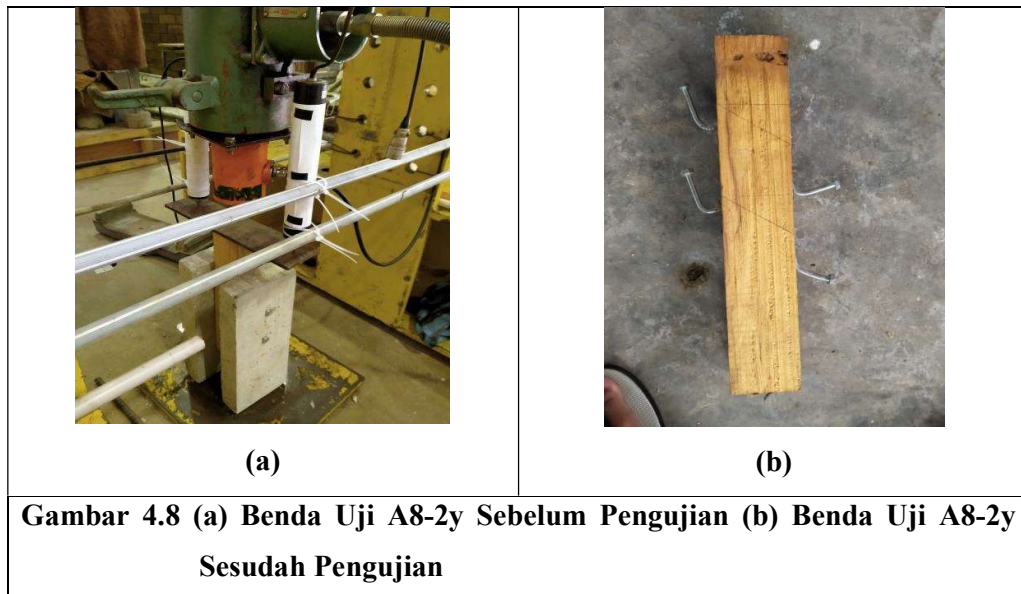
Hasil pengujian pada benda uji dengan kode A8-1x menunjukkan moda kegagalan  $III_m$ , terlihat dari kerusakan yang terjadi pada kayu dan alat sambung *lag screw* yang bengkok karena terjadi satu ataupun dua sendi plastis. Grafik nilai kekakuan ( $k$ ), tahanan lateral menurut EYM dengan hubungan beban dengan selip satu sekrup dapat dilihat pada Gambar 4.7.



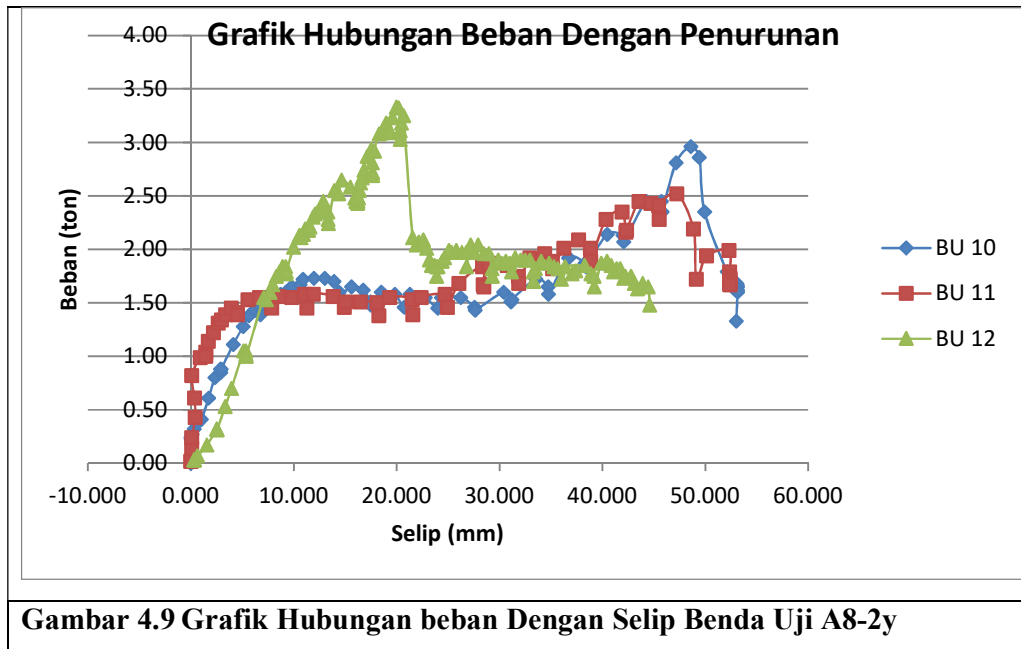
Hasil pengujian pembebanan sambungan komposit kayu rangka dan beton pracetak tersaji dalam grafik. Grafik hubungan beban dengan selip pada benda uji dengan kode A8-1x menunjukkan beban maksimum sebesar 39,5 kN pada saat dilakukan pembebanan.

4. Benda uji dengan diameter 8 mm panjang sekrup 127 sudut 60°

Hasil pengujian benda uji dengan diameter sekrup 8 mm, panjang sekrup 127 serta sudut pemasangan 60° dengan kode benda uji A8-2y dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Hasil pengujian pada benda uji dengan kode A8-2y menunjukkan moda kegagalan  $III_m$ , terlihat dari kerusakan yang terjadi pada kayu dan alat sambung *lag screw* yang bengkok karena terjadi satu ataupun dua sendi plastis. Grafik nilai kekakuan ( $k$ ), tahanan lateral menurut EYM dengan hubungan beban dengan selip satu sekrup dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Hasil pengujian pembebanan sambungan komposit kayuangka dan beton pracetak tersaji dalam grafik. Grafik hubungan beban dengan selip pada benda uji dengan kode A6-2y menunjukkan beban maksimum sebesar 38,5 kN pada saat dilakukan pembebanan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan serta pembahasan penelitian ini, maka diperoleh beberapa kesimpulan yang merupakan hasil dari penelitian ini. Saran dikemukakan dengan tujuan agar penelitian ini dapat dikembangkan dan dilanjutkan oleh peneliti lainnya.

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari pengujian kuat sambung komposit kayu nangka dan beton *fly ash* diperoleh hasil sebagai berikut.

1. Benda uji dengan sekrup diameter 8 mm dengan sudut pemasangan  $90^\circ$  memiliki beban paling tinggi sebesar 39,5 kN. Sedangkan beban paling rendah 17,06 kN terdapat pada benda uji diameter sekrup 8 mm dengan sudut pemasangan  $60^\circ$ ;
2. Perhitungan kekakuan satu sekrup, benda uji dengan kode A8-1x memiliki nilai kekakuan paling tinggi sebesar 4,158 kN, nilai kekakuan paling rendah pada benda uji A6-1x dengan nilai 0,57 kN;
3. Variasi ukuran sekrup berpengaruh pada nilai rerata kuat tumpu ( $F_e$ ) yang mengalami peningkatan beban pada baut yang berukuran diameter besar;
4. Berdasarkan hasil yang didapat dari pengujian sambungan komposit kayu nangka dan beton *fly ash* nilai tahanan lateral yang paling tinggi terdapat pada benda uji dengan sekrup berdiameter 8 mm dan sudut pemasangan  $90^\circ$  diperoleh nilai sebesar 39,5 kN;
5. Nilai tahanan lateral yang paling rendah terdapat pada benda uji dengan sekrup berdiameter 8 mm dan sudut pemasangan  $60^\circ$  diperoleh nilai sebesar 17,06 kN;
6. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan kayu nangka pada struktur sistem komposit juga bagus. Tetapi pada penelitian ini, hasil pengujian tidak sehalus seperti penelitian komposit kayu sengon yang telah



dilakukan sebelumnya. Hal tersebut karena pada penelitian komposit kayu angka ini tidak digunakan *epoxy* pada sekrup saat pemasangan benda uji.

## 5.2 Saran

Setelah meninjau hasil penelitian yang telah dilakukan penulis, maka saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

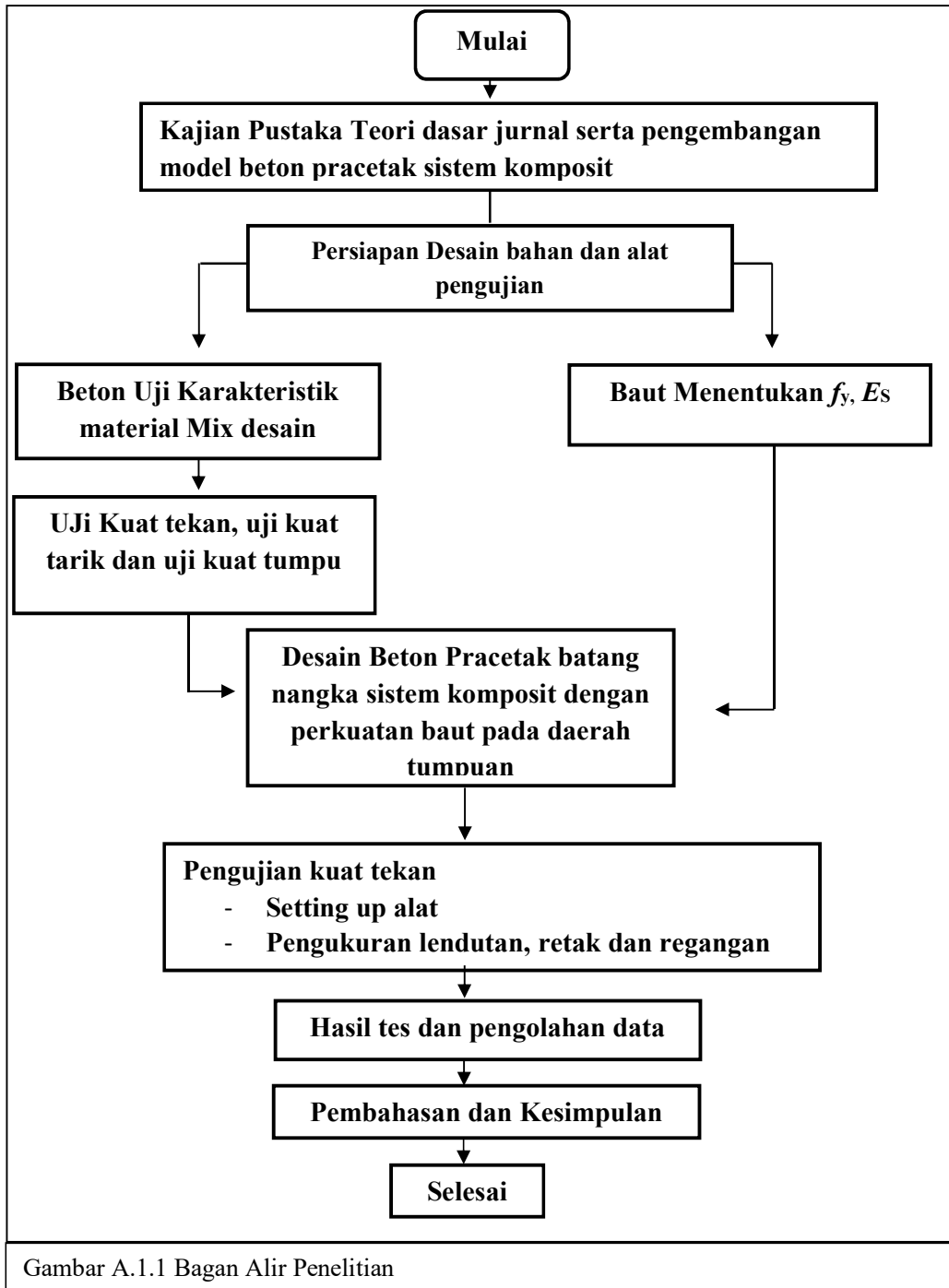
1. Proses pembuatan benda uji beton perlu dibuat rongga seukuran sekrup, supaya memudahkan pada saat dilakukan pengeboran pada lubang perletakan alat sambung dengan kayu. Kalau tidak adanya rongga pada beton, benda uji beton pracetak akan mudah rusak saat dibor.;
2. Penelitian ini hanya menggunakan kayu angka, dalam penelitian selanjutnya bisa digunakan jenis kayu lainnya;
3. Alat sambung pada penelitian ini hanya menggunakan sekrup diameter 6 mm dan 8 mm, dalam penelitian selanjutnya dapat dicoba ukuran sekrup yang lainnya.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- ASTM (2000). ASTM-D 1761 : *Standar methods of testing mechanical fastener in wood, nail, stapel or screw withdrawal test*. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM (2009). ASTM E8 M : *Standard test methods for tension testing of metallic materials*. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM (2018). ASTM-D 5764 : *Standard test methods for evalaution dowelbearing strenght of wood and wood-based product*. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [AWC] *America Wood Council*. 2014. *National Desig Specification for Wood Construction*. Edition 2015. *America National Standard (ANSI)*. Lessburg.
- Awaludin, A. (2015). *Dasar-dasar perencanaan sambungan kayu (Edisi 1.)*. yogyakarta : Biro Penerbit KMTS JTLS FT UGM., Yogyakarta.
- Awaludin, A (2012). *Development of Structural Walls Made from LVL Sengon (Paraserianthes falcataria) : Basic Mechanical properties*, dipresentasikan pada International Conference on Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials (SCESCM), Yogyakarta, Indonesia. Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, 299-302.
- Awaludin, A., Shahidin, S., Basuki, A., Zuki, S. S. M., & Nazri, F. M. (2018). Laminated Veneer Lumber (LVL) Sengon an Innovative Sustainable Building Material in Indonesia. *International Journal of Integrated Engineering*, 10(1), 17-22.
- Chintia, A., Awaludin, A., & Saputra, A. (2021). Review Perilaku Lantai/Deck Komposit Beton-Kayu. Civil Engineering, Environmental, Disaster & Risk Management Symposium (CEEDRiMS) Proceeding 2021.
- Indonesia, S. N. (2013). Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu. *Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, (7973-2013)*.

- Marliana, N. (2018). *Variasi Sifat Fisika Dan Mekanika Kayu Nangka (Artocarpus heterophyllus) Berdasarkan Arah Aksial Di Desa Sesaot Kecamatan Narmadakabupaten Lombok Barat* (Doctoral dissertation, Universitas Mataram).
- Mulyono, T., 2006. *Teknologi Beton: Dari Teori Ke Praktek*. Jakarta: Lembaga Pengembangan Pendidikan-UNJ.
- Nasional, B. S. (2012). Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa. *SNI, 7656*, 2012.
- Rau, F. H. D., Indra, S., & Erfan, M. (2018). Analisa Pengaruh Pemakaian Fly Ash Sebagai Sementisius Pada Beton Mutu Sedang Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal sondir*, 2(1), 18-26.
- Setiawati, M. (2018). Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Prosiding Semnastek*.
- Suriani, E., & Awaludin A. (2012). Perilaku Sambungan Komposit Kayu-beton dengan Alat Sambung Sekrup Kunci Terhadap Beban Lateral, *Indonesia: Doctoral Dissertatio*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suriani, E. (2015). Analisa Kekuatan Tahanan Lateral Sambungan Kayu-beton. *EMARA Indonesian Journal of Architecture*, 1(1), 24-31.
- Tantisaputri, I. A., Awaludin, A., & Siswosukarto, S. Analisa Kekuatan Tahanan Lateral Pada Sistem Komposit LVL Kayu Sengon dan Beton Pracetak. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 25(2), 132-140.
- Wahjudi, A., Satyarno, I., & Tjokrodimuljo, K. (2010). *Penggunaan pasir tailing timah dan batu pecah granit dari Pulau Bangka untuk beton normal* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Yusra, A., Aulia, T.B. and Jufriadi, J., 2018. Pengaruh Bahan Tambah Fly Ash Batu Bara Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, 1(1).

LAMPIRAN A



Gambar A.1.1 Bagan Alir Penelitian

LAMPIRAN A



Molen



Palu



Kereta Sorong



Ember



Mesin Uji Kuat Tekan

Gambar A.1.2 Peralatan yang digunakan

LAMPIRAN A



**LAMPIRAN A**



Gambar A.1.4 Benda Uji Sudah Dirakit



(a) Uji Kuat Tumpu

(b) Uji Kuat Cabut

Gambar A.1.5 (a) Uji Kuat Tumpu (b) Uji Kuat Cabut

**LAMPIRAN A**



Gambar A.1.6 Pengujian Benda Uji



## LAMPIRAN A



Gambar A.1.7 Kerusakan Pada Beton Pracetak

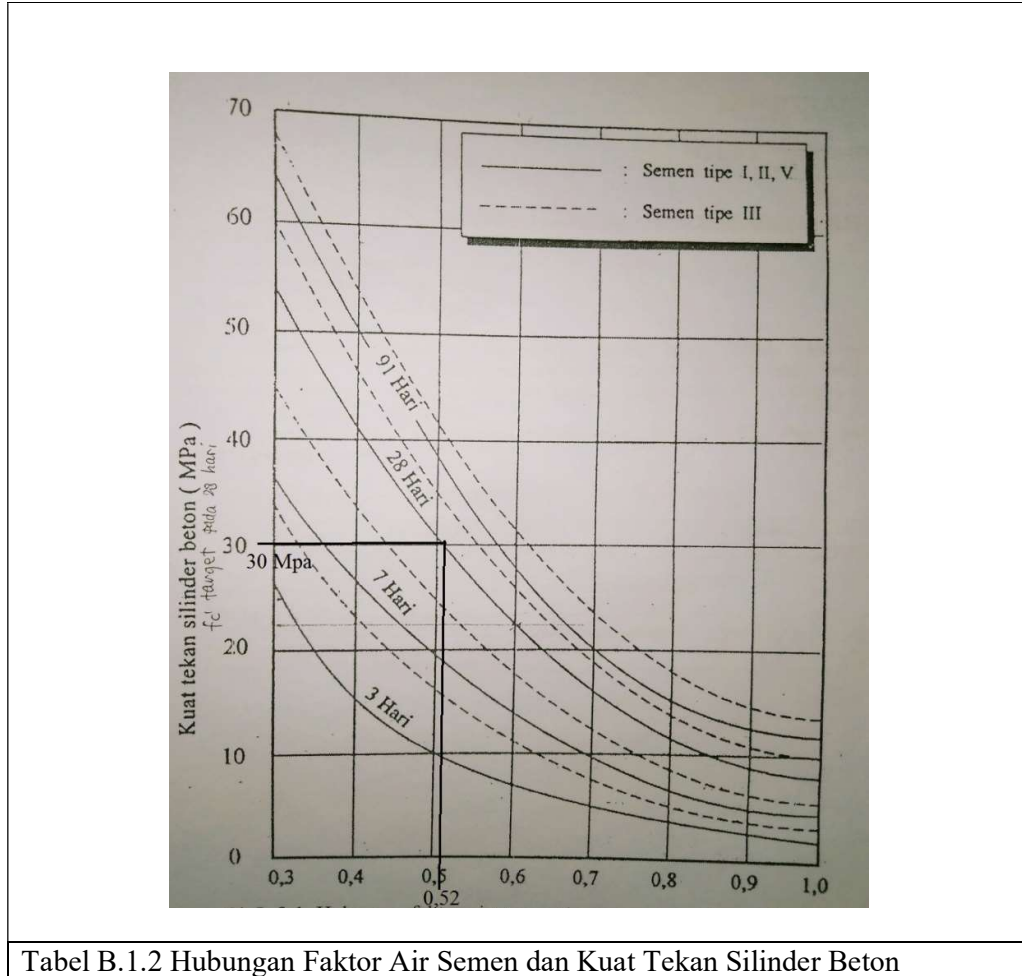


Gambar A.1.8 Kerusakan Pada Sekrup dan Kayu

## LAMPIRAN B

No	Material	Berat pengecoran dengan 10 %	Benda uji m <sup>3</sup>	Untuk 12 benda uji (1:2:3)	satuan
1	Semen	207,46	0,00603	29,7	Kg
2	Pasir	207,46	0,00603	60	Kg
3	Kerikil	207,46	0,00603	90	Kg
4	Air	207,46	0,00603	16	Kg
5	<i>Fly ash</i>	207,46	0,00603	0,594	Kg
Total		829,84	0,00603	204,64	Kg

**LAMPIRAN B**



Tabel B.1.2 Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Silinder Beton

## LAMPIRAN C

Tabel C.1.1 Perhitungan *Mix Design* Beton

**Kebutuhan bahan benda uji beton :**

Langkah 1 : Tinggi *slump* yang diinginkan adalah 75-100 mm.

Langkah 2 : Diameter maksimum *aggregate* yang digunakan adalah 19 mm

Langkah 3 : Jenis beton adalah *Non Air – Entrained Concrete* (konstruksi tidak dipengaruhi oleh perbedaan temperatur akibat membeku dan mencair (*freezing and thawing*). Jumlah air yang dibutuhkan untuk mendapatkan *slump* 75 – 100 mm dengan diameter maksimum agregat 19 mm diperkirakan jumlah air yang diperlukan adalah 25 Kg/m<sup>3</sup>.

Langkah 4 : Dalam 1 buah benda uji komposit batang nangka dan beton berjumlah 2 buah beton pracetak. Sehingga volume yang dibutuhkan dalam 1 buah benda uji adalah  $2 \times 0,003 = 0,006 \text{ M}^3$ . Benda uji yang direncanakan 12 buah benda uji. Total volume keseluruhan dalam 12 benda uji yaitu  $12 \times 0,006 \text{ M}^3 = 0,072 \text{ M}^3$ .

Langkah 5: Benda uji kubus pada penelitian ini juga diperhitungkan untuk perbandingan benda uji komposit batang nangka dan beton. Volume kubus dalam 1 benda uji adalah  $0,003375 \text{ M}^3$ , menggunakan 3 benda uji. Sehingga volume kubus yang dibutuhkan dalam 2 benda uji adalah  $2 \times 0,003375 = 0,00675 \text{ M}^3$ .

Langkah 6 : Berat beton pada benda uji komposit dan benda uji kubus digunakan  $2400 \text{ Kg/m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Berat beton (WBM)} &= 2400 \times \text{volume benda uji (12 benda uji)} \\ &= 2400 \times 0,072 \\ &= 172,8 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat beton (WKB)} &= 2400 \times \text{volume kubus (2 kubus)} \\ &= 2400 \times 0,00675 \\ &= 16,2 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Total} = \text{WBM} + \text{WKB}$$

$$= 172,8 + 16,2$$

$$\text{WT} = 189 \text{ Kg}$$

Langkah 7 : Berat total pengecoran (WT) pada penelitian ini tambah dengan 10% dari berat total pengecoran. Jadi perhitungannya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Berat pengecoran} &= \text{WT} + (10\% \text{ WT}) \\ &= 189 + (10\% (189)) \\ &= 207,9 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Langkah 8 : Pada penelitian ini perhitungan jumlah kebutuhan semen, pasir dan kerikil menggunakan metode 1 pc : 2 ps : 3 krl : 0,02 ash dari berat pengecoran. Perhitungannya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Semen Pc} &= \frac{1}{7} \times \text{Berat pengecoran} \\ &= \frac{1}{7} \times 207,9 = 29,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= \frac{2}{7} \times \text{Berat pengecoran} \\ &= \frac{2}{7} \times 207,9 = 59,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kerikil} &= \frac{3}{7} \times \text{Berat pengecoran} \\ &= \frac{3}{7} \times 207,9 = 89,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fly ash} &= \frac{0,02}{7} \times \text{Berat Pengecoran} \\ &= \frac{0,02}{7} \times 207,9 = 0,594 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= \text{FAS} \times \text{berat semen} \\ &= 0,54 \times 29,7 \\ &= 16,07 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$