

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00201932881, 14 Maret 2019

**Pencipta**

Nama : Handika Setya Wijaya, S.Pd., M.T., Andy Kristafi Arifianto, S.T., M.TM,

Alamat : Dsn. Gedangan RT 04/RW 02, Karangrejo, Tulungagung, Jawa Timur, -

Kewarganegaraan : Indonesia

**Pemegang Hak Cipta**

Nama : Universitas Tribhuwana Tungadewi

Alamat : Jl. Telaga Warna Tlogomas, Malang, Jawa Timur, -

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : Laporan Penelitian

Judul Ciptaan : Rekayasa Jembatan Rangka Kayu Dengan Inovasi Box Beam Section Sebagai Penghubung Antar Dusun

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 13 November 2018, di Malang

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000137648

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.  
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001

## LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Handika Setya Wijaya, S.Pd., M.T.	Dsn. Gedangan RT 04/RW 02, Karangrejo
2	Andy Kristafi Arifianto, S.T., M.TM	Jl. Akordion Selatan No. 8 Lowokwaru



Kode>Nama Rumpun Ilmu* : 421/Teknik Sipil
Konsentrasi : Bidang IV (Pengembangan Teknologi dan Manajemen Transportasi)

## **LAPORAN AKHIR**

### **PENELITIAN DOSEN PEMULA**



#### **REKAYASA JEMBATAN RANGKA KAYU DENGAN INOVASI *BOX BEAM SECTION* SEBAGAI PENGHUBUNG ANTAR DUSUN**

#### **TIM PENGUSUL**

- 1. Handika Setya Wijaya, S.Pd., M.T. (0709089201)**
- 2. Andy Kristafi Arifianto, S.T., M.M (0012117601)**

**Dibiayai oleh :**

**Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2018**

**UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADewi**

**November, 2018**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : REKAYASA JEMBATAN RANGKA KAYU DENGAN INOVASI BOX BEAM SECTION SEBAGAI PENGHUBUNG ANTAR DUSUN

**Peneliti/Pelaksana**

Nama Lengkap : HANDIKA SETYA WIJAYA, S.Pd, M.T  
Perguruan Tinggi : Universitas Tribhuwana Tungga Dewi  
NIDN : 0709089201  
Jabatan Fungsional : Tidak Punya  
Program Studi : Teknik Sipil  
Nomor HP : 082232306838  
Alamat surel (e-mail) : handika.civilunitri@gmail.com

**Anggota (1)**

Nama Lengkap : ANDY KRISTAFI ARIFianto S.T, M.M  
NIDN : 0012117601  
Perguruan Tinggi : Universitas Tribhuwana Tungga Dewi

**Institusi Mitra (jika ada)**

Nama Institusi Mitra : -  
Alamat : -  
Penanggung Jawab : -  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 18,250,000  
Biaya Keseluruhan : Rp 18,250,000

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Mawar Rasidi, ST., MT.)  
NIP/NIK 0004067105

Kota Malang, 13 - 11 - 2018  
Ketua,

( HANDIKA SETYA WIJAYA, S.Pd, M.T)  
NIP/NIK 0709089201

Menyetujui,  
Ketua LPPM



(Dr. H. Farhaenyanto, MP.)  
NIP/NIK 0003106802

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	i
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	iv
RINGKASAN .....	vi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Definisi Jembatan.....	4
2.2 Pentingnya Pembangunan Infrastruktur Jembatan.....	4
2.3 Klasifikasi Jembatan .....	4
2.4 Kondisi Terkini Kebutuhan Jembatan di Pedesaan.....	4
2.5 Solusi Jembatan Rangka Kayu dengan Inovasi Box Beam Section untuk Penghubung Antar Dusun .....	5
2.5.1 Konsep Jembatan Rangka Batang.....	5
2.5.2 Material Kayu Kamper.....	6
2.5.3 Inovasi Box Beam Section Pada Jembatan Rangka.....	7
2.5.4 Pengaruh Ketebalan Dinding Box Beam (t) Terhadap Kekuatan .....	9
2.5.5 Pengaruh Jenis Sambungan Box Beam Terhadap Kekuatan .....	10
1) Sambungan Perekat .....	10
2) Sambungan Paku .....	10
2.6 Road Map Penelitian.....	11
<b>BAB III TUJUAN DAN MANFAAT .....</b>	<b>12</b>
3.1 Tujuan Penelitian .....	12
3.2 Manfaat Penelitian .....	12

<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
4.1 Tahapan Penelitian .....	14
4.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	15
4.3 Rancangan Penelitian .....	15
4.4 Variabel Penelitian .....	18
4.5 Teknik Pengumpulan Data .....	18
3.5.1 Observasi atau Pengamatan .....	18
3.5.2 Studi Literatur .....	18
4.6 Analisis Data .....	18
 <b>BAB V. HASIL LUARAN YANG DICAPAI .....</b>	 <b>19</b>
5.1 Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data .....	19
5.2 Hasil Pengujian Pendahuluan.....	23
5.3 Pengaruh Ketebalan Dinding Penampang Terhadap Kekuatan Jembatan .....	26
5.4 Pengaruh Jenis Sambungan Perekat dan Sambungan Paku Terhadap Kekuatan Jembatan .....	31
 <b>BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	 <b>47</b>
6.1 Kesimpulan .....	47
6.2 Saran.....	47
 <b>BAB VII. DAFTAR PUSTAKA.....</b>	 <b>48</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Jembatan .....	4
Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Mekanik Kayu Kamper (Chauf, 2005 dan Oka,2009)..	7
Tabel 2.3 Perbandingan momen inersia antara box beam dan balok solid .....	9
Tabel 2.4 Jarak minimum paku yang akan dipasang (Hoyle dan Woeste, 1989) .	10
Tabel 4.1 Dimensi box beam masing-masing variasi benda uji.....	15
Tabel 4.2 Jumlah sampel benda uji .....	17
Tabel 4.3 Variabel tetap dan variabel terukur penelitian .....	18
Tabel 4.4 Form pengujian jembatan rangka dengan inovasi box beam.....	18
Tabel 5.1 Jadwal kegiatan penelitian .....	19
Tabel 5.2 Hasil pengujian kadar air kayu kamper.....	24
Tabel 5.3 Hasil pengujian kerapatan kayu kamper .....	25
Tabel 5.4 Variasi ketebalan dinding penampang box beam .....	28
Tabel 5.5 Hasil Beban Maksimum masing-masing variasi ketebalan dinding box beam dengan menggunakan sambungan paku.....	28
Tabel 5.6 Hasil Beban Maksimum masing-masing variasi ketebalan dinding box beam dengan menggunakan sambungan perekat.....	30
Tabel 5.7 Hasil Beban dan lendutan Jembatan BK dengan sambungan paku .....	31
Tabel 5.8 Hasil Beban dan lendutan Jembatan BK dengan sambungan perekat ..	33
Tabel 5.9 Hasil Beban dan lendutan Jembatan B.45.45.12 dengan sambungan paku .....	35
Tabel 5.10 Hasil Beban dan lendutan Jembatan B.45.45.12 dengan sambungan perekat .....	36
Tabel 5.11 Hasil Beban dan lendutan Jembatan B.50.50.10 dengan sambungan paku .....	39
Tabel 5.12 Hasil Beban dan lendutan Jembatan B.50.50.10 dengan sambungan perekat .....	40
Tabel 5.13 Hasil Beban dan lendutan Jembatan B.58.58.8 dengan sambungan paku .....	40
Tabel 5.14 Hasil Beban dan lendutan Jembatan B.58.58.8 dengan sambungan perekat .....	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe-tipe rangka(Sumber: Wikibuku, diakses 26 Mei 2017).....	6
Gambar 2.2 Konversi kayu dari penampang solid ke penampang box beam (Sumber : Karyadi, 2013).....	8
Gambar 2.3 Perbandingan penampang balok solid dan box beam dengan luas penampang sama (Sumber : hasil analisis) .....	8
Gambar 2.4 Geometri box beam section (Sumber : Karyadi, 2013) .....	9
Gambar 2.5 Road Map Penelitian .....	11
Gambar 4.1 Diagram alir tahapan penelitian .....	14
Gambar 4.2 Geometri jembatan rangka kayu dengan penampang box beam T.58.58.8 .....	15
Gambar 4.3 Geometri jembatan rangka kayu dengan penampang box beam T.50.50.10 .....	15
Gambar 4.4 Geometri jembatan rangka kayu dengan penampang box beam T.40.40.10 .....	16
Gambar 4.5 Geometri jembatan rangka kayu dengan balok solid .....	16
Gambar 4.6 Prosedur perakitan bilah-bilah kayu menjadi elemen box beam.....	16
Gambar 4.7 Prosedur pengujian jembatan rangka kayu dengan inovasi box beam section.....	17
Gambar 5.1 Persiapan alat.....	20
Gambar 5.2 Persiapan bahan Kayu Kamper .....	20
Gambar 5.3 Elemen Box Beam.....	21
Gambar 5.4 Perakitan elemen-elemen box beam.....	21
Gambar 5.5 Perakitan elemen-elemen box beam.....	22
Gambar 5.6 Perakitan elemen-elemen box beam menjadi jembatan rangka kayu box beam .....	22
Gambar 5.7 Pemasangan sambungan titik buhul pada jembatan box beam kayu Kamper .....	23
Gambar 5.8 Hasil pengujian kadar air kayu kamper.....	24
Gambar 5.9 Hasil pengujian kerapatan kayu kamper .....	26
Gambar 5.10 Peralatan Pengujian .....	27

Gambar 5.11 Grafik beban puncak (P-maks) masing-masing variasi ketebalan dinding.....	29
Gambar 5.12 Grafik beban puncak (P-maks) masing-masing variasi ketebalan dinding.....	30
Gambar 5.13 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan BK dengan sambungan paku .....	32
Gambar 5.14 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan BK dengan sambungan Perekat.....	34
Gambar 5.14.a Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan BK antara sambungan paku dan perekat.....	34
Gambar 5.15 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.45.45.12 dengan sambungan Paku.....	36
Gambar 5.16 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.45.45.12 dengan sambungan Perekat.....	37
Gambar 5.16.a Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.45.45.12 dengan sambungan paku dan perekat .....	38
Gambar 5.17 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.50.50.10 dengan sambungan Paku.....	40
Gambar 5.18 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.50.50.10 dengan sambungan Perekat.....	41
Gambar 5.18.a Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.50.50.10 dengan sambungan paku dan perekat .....	42
Gambar 5.19 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.58.58.8 dengan sambungan Paku.....	44
Gambar 5.20 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.50.50.10 dengan sambungan Perekat.....	45
Gambar 5.20.a Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.58.58.8 dengan sambungan paku dan perekat .....	46

## RINGKASAN

Indonesia memiliki lebih dari 80 ribu desa. Setiap desa, setidaknya membutuhkan tiga hingga empat jembatan untuk menyeberangi sungai, dan untuk mengakses fasilitas lainnya. Kebutuhan jembatan yang banyak tersebut tidak dibarengi dengan anggaran negara yang dialokasikan terhadap pembangunan jembatan di desa-desa. Karena pembangunan jembatan membutuhkan biaya yang relatif mahal. Teknologi terkini dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam membangun jembatan di desa adalah teknologi “Judesa”. Teknologi Judesa telah dianggap sebagai jembatan yang ekonomis padahal anggaran yang dikeluarkan relatif besar yaitu 370 juta. Maka dari itu penelitian ini menawarkan jembatan dengan rekayasa kayu dengan tipe rangka menggunakan inovasi elemen jembatan yaitu “*box beam section*” yang memiliki keunggulan yaitu lebih ekonomis dan berkearifan lokal karena material utama kayu dapat dicari di desa-desa setempat. kayu rekayasa *box beam* diciptakan karena permasalahan terkini penggunaan kayu di Indoensia adalah kelangkaan kayu dengan dimensi yang besar. *Box beam* adalah salah satu produk dari kayu rekayasa yang tersusun dari beberapa profil berpenampang kotak dengan lubang di tengahnya. Penampang *box beam* akan meningkatkan inersia yang lebih besar dari pada kayu dengan penampang padat/ solid dengan luas penampang yang sama. Target jangka panjang adalah pembuatan desain fabrikasi jembatan rangka kayu dari *box beam* yang langsung bisa diaplikasikan untuk penghubung antar dusun. Maka dari itu, untuk tahun pertama penelitian bertujuan untuk mencari desain yang optimal dari jembatan rangka kayu dengan inovasi elemen batang yang terbuat dari *box beam* yaitu dengan cara meneliti ketebalan dinding *box beam* ( $t$ ) yang paling optimal dalam desain jembatan ini serta mencari sambungan yang efisien antara alat sambung paku atau perekat sehingga menghasilkan desain jembatan kayu yang kuat dan ekonomis. Rencana Tahun kedua penelitian ini akan meneliti mengenai pengawetan kayu yang dipakai untuk jembatan rangka kayu dan metode perawatan jembatannya. Rencana tahun ketiga, baru membuat desain jembatan rangka kayu dengan inovasi *box beam* yang aplikatif dan siap pakai di dusun-dusun di seluruh Indoensia. Dengan penelitian ini setidaknya ada riset rekayasa kayu untuk struktur sehingga Indonesia yang nota bene salah satu penghasil kayu terbesar di dunia tidak tertinggal oleh negara lain yang sekarang ini berlomba-lomba mengembangkan rekayasa kayu di negaranya, contohnya: Kanada, Amerika, dll. Dari pengujian Balok kontrol (BK) didapatkan data beban puncak sebesar 1200 kg dengan lendutan 8,15 mm untuk sambungan paku dan beban puncak 1100 kg dengan lendutan 14,07 mm untuk sambungan perekat. Dari pengujian Balok B.45.45.12 didapatkan data beban puncak sebesar 1200 kg dengan lendutan 15,52 mm untuk sambungan paku dan beban puncak 1500 kg dengan lendutan 12,83 mm untuk sambungan perekat. Dari pengujian Balok B.50.50.10 didapatkan data beban puncak sebesar 1300 kg dengan lendutan 15,68 mm untuk sambungan paku dan beban puncak 1700 kg dengan lendutan 15,85 mm untuk sambungan perekat. Dari pengujian Balok B.58.58.8 didapatkan data beban puncak sebesar 1900 kg dengan lendutan 22,17 mm untuk sambungan paku dan beban puncak 2000 kg dengan lendutan 12,70 mm untuk sambungan perekat.

Kata kunci: jembatan rangka, *box beam section*, penghubung antar dusun

# **BAB I. PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Indonesia memiliki lebih dari 80 ribu desa sebagai satuan administrasi terkecil dari NKRI. Setiap desa, setidaknya membutuhkan tiga hingga empat jembatan untuk menyeberangi sungai, dan untuk mengakses fasilitas lainnya. Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2015 yaitu Waskito Pandu menyatakan bahwa kebutuhan jembatan sangat besar karena masyarakat memerlukan prasarana yang seringnya tidak tersedia di daerahnya, misalnya sekolah dan puskesmas. (<http://properti.kompas.com/read/2015/04/16/092900421/>, diunduh pada 1 Juni 2017).

Kebutuhan jembatan yang banyak tersebut tidak dibarengi dengan anggaran negara yang dialokasikan terhadap pembangunan jembatan di desa-desa. Karena pembangunan jembatan membutuhkan biaya yang relatif mahal. Teknologi terkini dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam membangun jembatan di desa adalah teknologi “Judesa” yaitu kependekan dari Jembatan untuk Desa-Asimetris. Material yang digunakan berasal dari bahan fabrikasi yang dikirim ke pelosok-pelosok desa (<http://www.pu.go.id/berita/11593/Teknologi-Jembatan-Judesa-Lebih-Cepat-dan-Ekonomis>, diunduh pada 5 Juni 2017). Teknologi Judesa telah dianggap sebagai jembatan yang ekonomis padahal anggaran yang dikeluarkan relatif besar yaitu 370 juta.

Dengan biaya yang mahal tersebut ternyata dibarengi dengan pelayanan Dinas Pekerjaan Umum yang tidak cepat cepat dalam memproses usulan kebutuhan jembatan yang ada di desa-desa. Misalnya hal tersebut dialami oleh Desa Gedangan, Kecamatan Karangrejo, Kabupaten Tulungagung. Menurut kepala desa Gedangan, Bapak Nurkapi menyatakan bahwa Desa Gedangan telah mengajukan satu jembatan bentang pendek yaitu 6 meter kepada Dinas PU Kabupaten Tulungagung setaun yang lalu. Tapi dalam penuturannya sampai sekarang belum ada tindak lanjut dari Dinas PU. Padahal jembatan tersebut merupakan infrastruktur yang menjadi prioritas utama di Desa Gedangan, karena jembatan tersebut akan dijadikan akses untuk warga Dusun Karang untuk mengakses pemakaman di Desa Gedangan, karena selama ini mereka

memakamkan warga Dusun Karang ke desa tetangga yaitu Desa Gedangan (Hasil wawancara tanggal 3 Mei 2017). Dari kasus Desa Gedangan tersebut merupakan salah satu kasus dari banyak kasus jembatan yang belum ditangani oleh Dinas PU kabupaten.

Sehingga dapat digarisbawahi bahwa permasalahan dalam pembangunan jembatan di desa-desa yang ada di Indonesia yaitu pertama biaya yang sangat mahal yang tidak mungkin disokong oleh dana desa. Kedua yaitu lamanya respon dari pihak Dinas Pekerjaan Umum (PU) kabupaten/kota dalam menindaklanjuti kebutuhan jembatan yang ada di desa-desa. Maka dari itu penelitian ini menawarkan jembatan dengan rekayasa kayu dengan tipe rangka menggunakan inovasi "*box beam section*" yang memiliki keunggulan yaitu lebih ekonomis dan berkearifan lokal karena material utama kayu dapat dicari di desa-desa setempat.

Pertama, pemilihan kayu sebagai material utama jembatan bukan tanpa alasan. Suryoatmono (2013) menyatakan bahwa sekarang ini persyaratan desain struktur selain harus memenuhi kekuatan dan daya layan tetapi juga harus memenuhi persyaratan ramah lingkungan dan hemat energi. Maka dari itu kayu adalah jawabannya. Kayu adalah material yang paling ramah lingkungan dibandingkan dengan material lain, yaitu beton dan baja. Berdasarkan laporan APA dalam Suryoatomo (2013), kebutuhan energi untuk menghasilkan 1 ton material semen, kaca, dan baja berturut-turut adalah 5 kali, 14 kali, dan 24 kali kebutuhan untuk menghasilkan 1 ton material kayu.

Kedua yaitu mengenai inovasi "*box beam*" dalam jembatan. Menurut Tjondro (2011), kayu rekayasa *box beam* diciptakan karena permasalahan terkini penggunaan kayu di Indonesia adalah kelangkaan kayu dengan dimensi yang besar. *Box beam* adalah salah satu produk dari kayu rekayasa yang tersusun dari beberapa profil berpenampang kotak dengan lubang di tengahnya (Tjondro & Facmi, 2009). Menurut Jahromi (2010) menyatakan bahwa *Box beam* mempunyai kelebihan dalam hal sifat material dan kemampuan strukturalnya jika dibandingkan dengan kayu pada biasanya. Perekat dan pengunci (paku) atau keduanya sudah biasa diterapkan pada kayu rekayasa. Karyadi, dkk (2013) menambahkan bahwa untuk meningkatkan kegunaan material, Penampang *hollow (box beam)* akan meningkatkan inersia yang lebih besar dari pada kayu dengan

penampang padat/ solid dengan luas penampang yang sama. Hal tersebut dibuktikan dengan perhitungan momen inersia dengan luas penampang yang sama. Dari penelitian-penelitian tersebut membuktikan bahwa kayu rekayasa *box beam* mempunyai keunggulan jauh dari pada kayu konvensional.

Berdasarkan kondisi tersebut maka penelitian bertujuan untuk mencari desain yang optimal dari jembatan rangka kayu dengan inovasi *box beam* yang merupakan komponen elemen batang dari struktur jembatan rangka batang yaitu dengan cara meneliti ketebalan dinding *box beam* (t) yang paling optimal dalam desain jembatan ini serta mencari sambungan yang cocok antara alat sambung paku atau perekat sehingga menghasilkan desain jembatan kayu yang kuat dan ekonomis.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Kendala dalam pembangunan jembatan di desa-desa yang ada di Indonesia yang diakibatkan oleh biaya pembangunan yang relatif mahal yang tidak mungkin dijangkau oleh dana desa dan lamanya respon dari pihak Dinas PU kabupaten dalam menindaklanjuti kebutuhan jembatan yang ada di desa merupakan masalah yang sangat menarik untuk dikaji dan dilakukan penelitian guna mengatasinya. Sehingga dalam penelitian ini dapat dibuat rumusan masalah sebagai acuan pembahasan permasalahan yang akan dikaji mengenai jembatan rangka kayu dengan model *box beam* sebagai berikut:

- 1) Bagaimana desain struktur jembatan rangka kayu dengan inovasi *box beam* yang kuat sebagai penghubung antar dusun?
- 2) Bagaimana pengaruh ketebalan dinding *box beam* (t) terhadap kekuatan jembatan rangka kayu?
- 3) Bagaimana pengaruh penggunaan antara sambungan paku dan perekat pada *box beam* terhadap kekuatan jembatan rangka kayu?

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Jembatan

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015), jembatan merupakan bangunan pelengkap jalan yang berfungsi sebagai penghubung dua ujung jalan yang terputus oleh sungai, saluran, lembah, selat, laut, jalan raya dan jalan kereta api. Kondisi geografis Indonesia yang merupakan kepulauan, memiliki banyak sungai, dan juga lembah mengakibatkan keberadaan jembatan sangat dibutuhkan. Teknologi pembangunan jembatan juga telah berkembang dengan pesat, mulai dari perencanaan, teknologi bahan, teknologi perencanaan dan pelaksanaan serta teknologi rehabilitasi dan perkuatan.

### 2.2 Pentingnya Pembangunan Infrastruktur Jembatan

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015), pengembangan infrastruktur jalan dan jembatan merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi pengembangan sistem transportasi di Tanah Air. Infrastruktur jembatan menjadi unsur sentral dalam pengembangan wilayah serta peningkatan kegiatan perekonomian di masyarakat. Pembangunan, pemeliharaan dan peningkatan infrastruktur jembatan menjadi prioritas seiring dengan semakin bertambahnya populasi penduduk.

### 2.3 Klasifikasi Jembatan

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1995), klasifikasi jembatan dapat dibagi menurut kegunaan, jenis material dan bentuk struktur. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Kalasifikasi jembatan**

No.	Kegunaan	Jenis materialnya	Bentuk Struktur
1	Jembatan jalan raya	Jembatan kayu	Jembatan gelagar
2	Jembatan kereta api	Jembatan baja	Jembatan busur
3	Jembatan penyeberangan	Jembatan beton	Jembatan rangka
4	Jembatan air		Jembatan kabel

### 2.4 Kondisi Terkini Kebutuhan Jembatan di Pedesaan

Indonesia memiliki lebih dari 80 ribu desa sebagai satuan administrasi terkecil dari NKRI. Setiap desa, setidaknya membutuhkan tiga hingga empat

jembatan untuk menyeberangi sungai, dan untuk mengakses fasilitas lainnya. Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2015 yaitu Waskito Pandu menyatakan bahwa kebutuhan jembatan sangat besar karena masyarakat memerlukan prasarana yang seringnya tidak tersedia di daerahnya, misalnya sekolah dan puskesmas. (<http://properti.kompas.com/read/2015/04/16/092900421/>, diunduh pada 1 Juni 2017).

Teknologi terkini dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam membangun jembatan di desa adalah teknologi “Judesa” yaitu kependekan dari Jembatan untuk Desa-Asimetris. Material yang digunakan berasal dari bahan fabrikasi yang dikirim ke pelosok-pelosok desa. (<http://www.pu.go.id/berita/11593/Teknologi-Jembatan-Judesa-Lebih-Cepat-dan-Ekonomis/>, diunduh pada 5 Juni 2017). Teknologi Judesa telah dianggap sebagai jembatan yang ekonomis padahal anggaran yang dikeluarkan relatif besar yaitu 370 juta.

## **2.5 Solusi Jembatan Rangka Kayu dengan Inovasi *Box Beam Section* untuk Penghubung Antar Dusun**

Jembatan rangka kayu dengan inovasi *box beam section* merupakan solusi untuk menanggulangi mahalnya biaya pembangunan jembatan. Karena jembatan ini menggunakan material yang ramah lingkungan yaitu kayu dan lebih ekonomisnya yaitu jembatan ini menggunakan inovasi *box beam section* yang sampai saat ini belum diterapkan di Indonesia.

### **2.5.1 Konsep Jembatan Rangka Batang**

Dalam Eva Arifi, dkk (2016) menyatakan bahwa salah satu jembatan yang paling mudah ditemui di Indonesia selain jembatan prategang adalah jembatan rangka. Aspek kemudahan pelaksanaan merupakan salah satu alasan mengapa jembatan tipe ini sangat sering dipakai. Bambang S. & Agus S. (2007) menyatakan bahwa pada rangka batang, batang-batang disusun sehingga sumbu batang-batang tersebut menjadi bentuk susunan yang terdiri dari satu atau lebih dari satu segitiga dengan joint pada sudut-sudutnya (titik kumpul sumbu batang).

Dengan pembebanan yang terjadi pada joint-joint, gaya dalam pada batang adalah gaya aksial (gaya normal). Untuk sebuah rangka batang yang statis tertentu yang stabil perlu tiga reaksi pada perletakan. Untuk menentukan apa sebuah rangka batang statis tertentu, statis tak tertentu, atau labil rumus di bawah digunakan.

Jika rangka batang statis tertentu maka dihitung dalam Pers. 1.

$$M + R = 2J \dots\dots\dots \text{(pers. 1)}$$

Jika rangka batang statis tak tertentu maka dihitung dalam Pers. 2.

$$M + R > 2J \dots\dots\dots \text{(pers. 2)}$$

Jika rangka batang labil maka dihitung dalam Pers. 3.

$$M + R < 2J \dots\dots\dots \text{(pers. 3)}$$

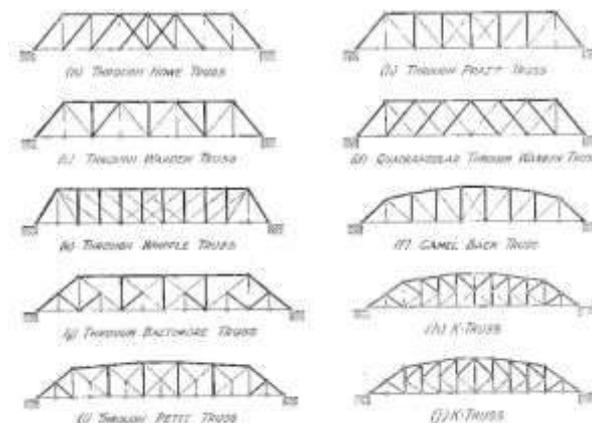
di mana :

M = Jumlah Batang

R = Jumlah Reaksi Perletakan

J = Jumlah Joint

Bentuk dari rangka batang beraneka macam yaitu diantaranya tipe Pratt Truss, Howe Truss, Warren Truss, serta K-Truss. Tipe-tipe jembatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tipe-tipe rangka (Sumber : Wikibuku, diakses 26 Mei 2017)

### 2.5.2 Material Kayu Kamper

Bambang S. & Agus S. (2007) menyatakan kelebihan kayu jika dibandingkan dengan bahan konstruksi lain yaitu kayu relatif lebih ringan, biaya transportasi ringan, dapat dikerjakan dengan alat yang sederhana. Jembatan dari bahan kayu sangat menguntungkan jika lokasi pengerjaan terpencil dan kayu

merupakan bahan yang estetik bila didesain dengan benar. Bahan yang digunakan untuk pembuatan jembatan kayu inovatif ini adalah kayu kamper. Jenis pohon untuk kayu kamper termasuk kelompok kapur terutama *dryobalanops aromatica*, *dryobalanops fusca*, *dryobalanops lanceolata*, *dryobalanops beccarii*, *dryobalanops rappa*. Menurut P3HH (2008), komponen kimia kayu kamper terdiri dari selulosa 60%, lignin 26,9%, pentosan 15,7%, abu 0,8%, dan silika 0,6%. Untuk sifat mekanik dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Kayu Kamper (Chauf, 2005 dan Oka, 2009)**

Sifat fisika			Sifat mekanika				Sumber	
Kadar air (w)	Kerapatan (Berat jenis)	Tekan sejajar serat ( $\sigma_{tk//}$ )	Tekan tegak lurus serat ( $\sigma_{tk\perp}$ )	Tarik sejajar serat ( $\sigma_{tr//}$ )	Geser sejajar serat ( $\tau_{//}$ )	Lentur (MOR)	Modulus Elastisitas (MOE) atau (E)	
(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
12	0,599	51,538	4,936	126,913	10,913	89,989	12395,00	Kusnindar (2005)
13,79	0,785	32,55	13,90	36,56	5,30	44,69	14783,58	Oka (2009)

Menurut PPKI (1961), kerapatan kayu kamper kelas kuat (I) - II dan kelas awet III antara 0,61 gr/cm<sup>3</sup> - 1,01 gr/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan PPKI (1961), kadar air untuk bahan konstruksi dalam kondisi setimbang antara 12% sampai 16%.

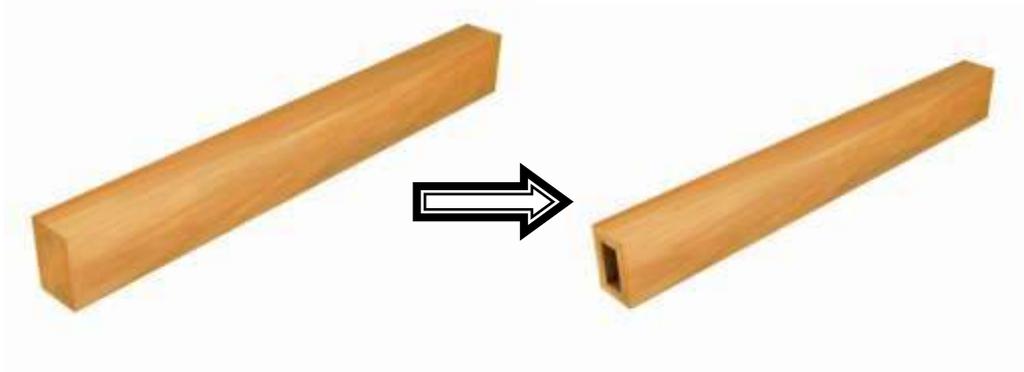
### 2.5.3 Inovasi *Box Beam Section* pada Jembatan Rangka

Menurut Tjondro (2011), kendala dalam penggunaan kayu untuk konstruksi bangunan adalah kelangkaan kayu dengan dimensi yang besar. Untuk menanggulangi masalah tersebut, maka munculah balok kayu rekayasa seperti *box-beam*.

Menurut Jahromi (2010), produk kayu rekayasa (*engineered wood*) adalah produk kayu yang terbuat dari lapisan-lapisan kayu yang direkatkan secara bersamaan, atau penggabungan dua atau lebih hasil-hasil kayu yang ada sebelumnya untuk membentuk produk yang baru. Kayu rekayasa, termasuk *box beam* pada umumnya mempunyai kelebihan dalam hal sifat material dan kemampuan strukturalnya jika dibandingkan dengan kayu pada biasanya. Perekat dan pengunci (paku) atau keduanya sudah biasa diterapkan pada kayu rekayasa.

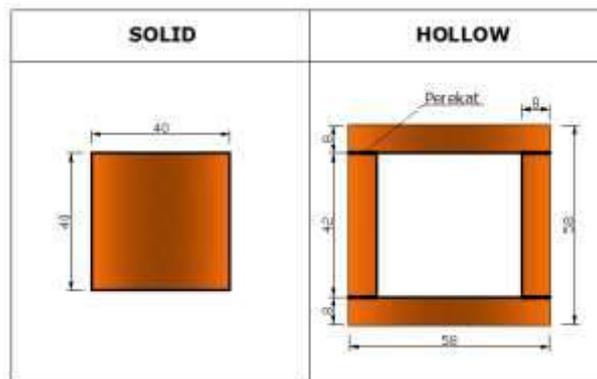
Menurut Moody, dkk (1999), *box beam* adalah komponen struktural yang sangat efisien dan dapat diproduksi dengan menggabungkan produk papan kayu

melalui perekatan. *Box beam* adalah salah satu produk dari kayu rekayasa yang tersusun dari beberapa profil berpenampang kotak dengan lubang di tengahnya (Tjondro & Facmi, 2009). Konversi penampang balok kayu biasa ke penampang *box beam* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2 Konversi kayu dari penampang solid ke penampang box beam (Sumber : Karyadi, 2013)**

Karyadi, dkk (2013) mengungkapkan bahwa untuk meningkatkan kegunaan material, Penampang *hollow (box beam)* akan meningkatkan inersia yang lebih besar dari pada kayu dengan penampang padat/ solid dengan luas penampang yang sama. Hal tersebut dibuktikan dengan perhitungan momen inersia dengan luas penampang yang sama seperti dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 2.3.



**Gambar 2.3 Perbandingan penampang balok solid dan box beam dengan luas penampang sama (Sumber : Wijaya, 2014)**

**Tabel 2.3 Perbandingan momen inersia antara *box beam* dan balok solid**

Jenis	B (mm)	h (mm)	Momen Inersia (mm <sup>4</sup> )
Solid	40	40	426.666,7
<i>Hollow</i> *	58	58	1.083.662,7

\* keterangan: ketebalan dinding hollow 8,0mm (sumber: Wijaya, 2014)

Berdasarkan data di atas, dapat dianalisis bahwa inersia pada *box beam* lebih besar 2,5 kali dari pada balok solid dengan luas penampang yang sama.

### 2.5.4 Pengaruh Ketebalan Dinding *Box Beam* (t) Terhadap Kekuatan

Dengan pembebanan yang terjadi pada joint-joint jembatan rangka batang, gaya dalam pada batang adalah gaya aksial (gaya normal). Gaya aksial yang terjadi berupa gaya aksial tekan dan gaya aksial tarik. Gaya aksial tersebut akan menghasilkan tegangan normal. Menurut PKKI 1961, Perhitungan untuk tegangan aksial tarik dapat dilihat pada Pers. 4

$$\sigma_{tarik} = \frac{P}{A_{br}} \dots \dots \dots \text{(pers. 4)}$$

Sedangkan untuk tegangan tekan dapat dilihat pada Pers. 5.

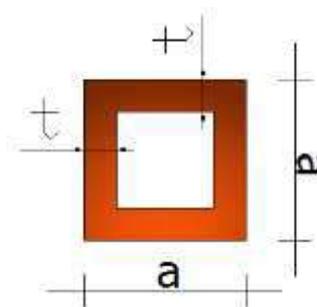
$$\sigma_{tekan} = \frac{\omega * P}{A_{br}} \dots \dots \dots \text{(pers. 5)}$$

di mana :

P = Gaya tekan atau gaya tarik

A<sub>br</sub> = Luas penampang bruto

ω = Faktor tekuk batang tekan



**Gambar 2.4 Geometri *box beam* section (Sumber : Karyadi , 2013)**

Arifin (2014) meneliti kuat tekan kayu *Hollow* dari kayu kamper dengan variasi ketebalan dinding variasi 1 = 1,05 mm, variasi 2 = 1,1 mm, variasi 3 = 1,2 mm, dan variasi 4 adalah balok solid. Luas penampang dari semua variasi sama.

Hasilnya kuat tekan box beam lebih besar 200% dari pada kuat tekan balok solid. Dalam penelitian ini akan dikaji pengaruh rasio antara tebal dinding *box beam* (t) dan dimensi *box beam* dengan catatan semua variasi mempunyai luas penampang yang sama terhadap kekuatan jembatan.

### 2.5.5 Pengaruh Jenis Sambungan Box Beam terhadap Kekuatan

Dalam penelitian ini akan dikaji dua jenis sambungan yaitu sambungan dengan paku dan sambungan dengan perekat.

#### 1) Sambungan Perekat

Menurut Bambang Suryoatmono (2013), perekat merupakan bagian penting dalam semua kayu rekayasa, kecuali kayu rekayasa yang menggunakan pengencang. Perekat berfungsi menyalurkan tegangan antara serat kayu, *strand* (potongan kayu yang panjang dengan dimensi yang kecil), *veneer* (lembaran tipis yang didapat dengan mengupas batang pohon dengan cara memutar), batang kayu, atau papan kayu.

Perekat yang digunakan adalah jenis *Urea Formladhehide*. Widyawati (2009) meneliti kekuatan sambungan antara sambungan tegak dan sambungan miring dengan menggunakan perekat *Urea Formladhehide* pada kayu sengon.

Chauf (2012: 27) memberikan formula dalam perekatan laminasi kayu kamper yaitu bubuk UA-104, NH<sub>4</sub>Cl dan tepung terigu dengan komposisi berat 150 : 0,5 : 25.

#### 2) Sambungan Paku

Sambungan paku merupakan sambungan yang umum digunakan dalam konstruksi kayu. Tjondro (2011) merekomendasikan jarak minimum paku seperti pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4 Jarak minimum paku yang akan dipasang (Tjondro, 2011)**

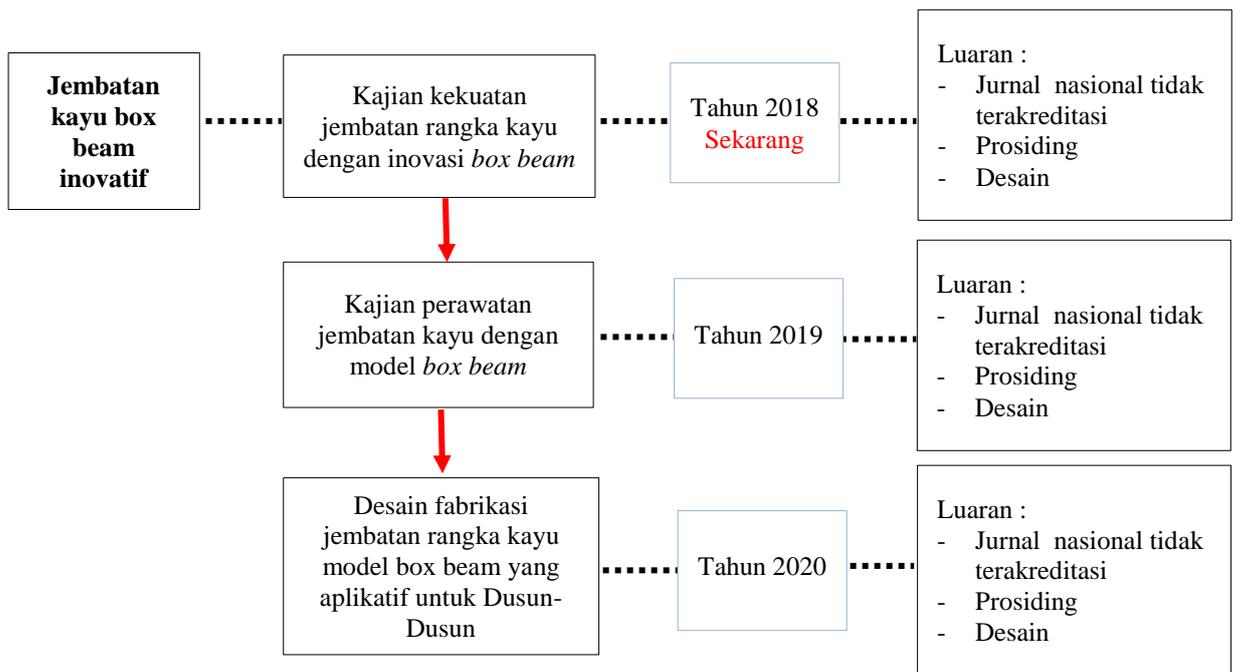
No.	Posisi pemakuan	Jarak minimum
1	Jarak paku ke ujung	20 kali diameter paku
2	Jarak paku ke pinggir	5 kali diameter paku
3	Jarak paku tegak lurus dengan paku terdekat	10 kali diameter paku
4	Jarak paku searah dengan paku terdekat	20 kali diameter paku

Paku dapat ditempatkan berdekatan, sangat efektif dan relatif murah karena biasanya dapat dipakai secara langsung tanpa harus membuat lubang pada kayu (Tjondro, 2011). Penggunaan paku dalam kayu keras

mengharuskan dilakukan pengeboran terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya pecah pada kayu. Besarnya lubang bor adalah 0,8-0,9D dan kedalaman lubang 2/3 dari tebal kayu.

## 2.6 Road-map penelitian

Kajian pembangunan jembatan penghubung antar dusun ini merupakan kegiatan awal dalam *road-map* penelitian dengan topik tata kelola dan pelayanan publik dan sub topik Kajian pengembangan jembatan penghubung, rehabilitasi dan peningkatan tata kelola dan pelayan bulik untuk mendukung pelayanan publik yang optimal dalam program Penelitian Dosen Pemula. Tujuan akhir dalam road map penelitian ini adalah tata kelola dan pelayanan publik yang baik di lingku terkecil dari Negara yaitu dusun, secara keseluruhan road-map penelitian ini disajikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Road Map Penelitian

## **BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT**

### **3.1 Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk merencanakan desain jembatan box beam bentang pendek dari Kayu Kamper yang nantinya digunakan untuk jembatan penghubung antar dusun.

Kajian penelitian ini masuk dalam rencana induk penelitian (RIP) Universitas Tribhuwana Tungadewi dengan topik Tata Kelola dan Pelayanan Publik dan sub-topik Perencanaan Pembangunan, rehabilitasi dan peningkatan tata kelola dan pelayanan publik yaitu pembangunan jembatan antar dusun. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Mengetahui desain struktur jembatan rangka kayu dengan inovasi box beam yang kuat dan ekonomis sebagai penghubung antar dusun.
- 2) Mengetahui pengaruh ketebalan dinding box beam (t) terhadap kekuatan jembatan rangka kayu.
- 3) Mengetahui pengaruh penggunaan antara sambungan paku dan perekat pada box beam terhadap kekuatan jembatan rangka kayu

### **3.2 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini akan dirasakan oleh banyak pihak yang berkepentingan, adapun manfaat tersebut adalah :

1. Universitas Tribhuwana Tungadewi (Instansi)
  - Dapat meningkatkan track record penelitian dalam bidang Tata Kelola dan Pelayanan Publik dalam bidang sarana jembatan penghubung dusun
  - Sebagai referensi acuan penelitian bidang rekayasa material.
  - Menambah koleksi jurnal penelitian dosen.
  - Meningkatkan point akreditasi.
2. Dosen
  - Sebagai point plus untuk kepangkatan dan jabatan fungsional.
  - Sebagai materi pembelajaran di kelas.

- Media dosen untuk menentukan arah kepakaran.
- Sebagai bahan publikasi ilmiah.

### 3. Mahasiswa

- Sebagai bahan referensi untuk penelitian tugas akhir.
- Sebagai referensi untuk kuliah struktur kayu

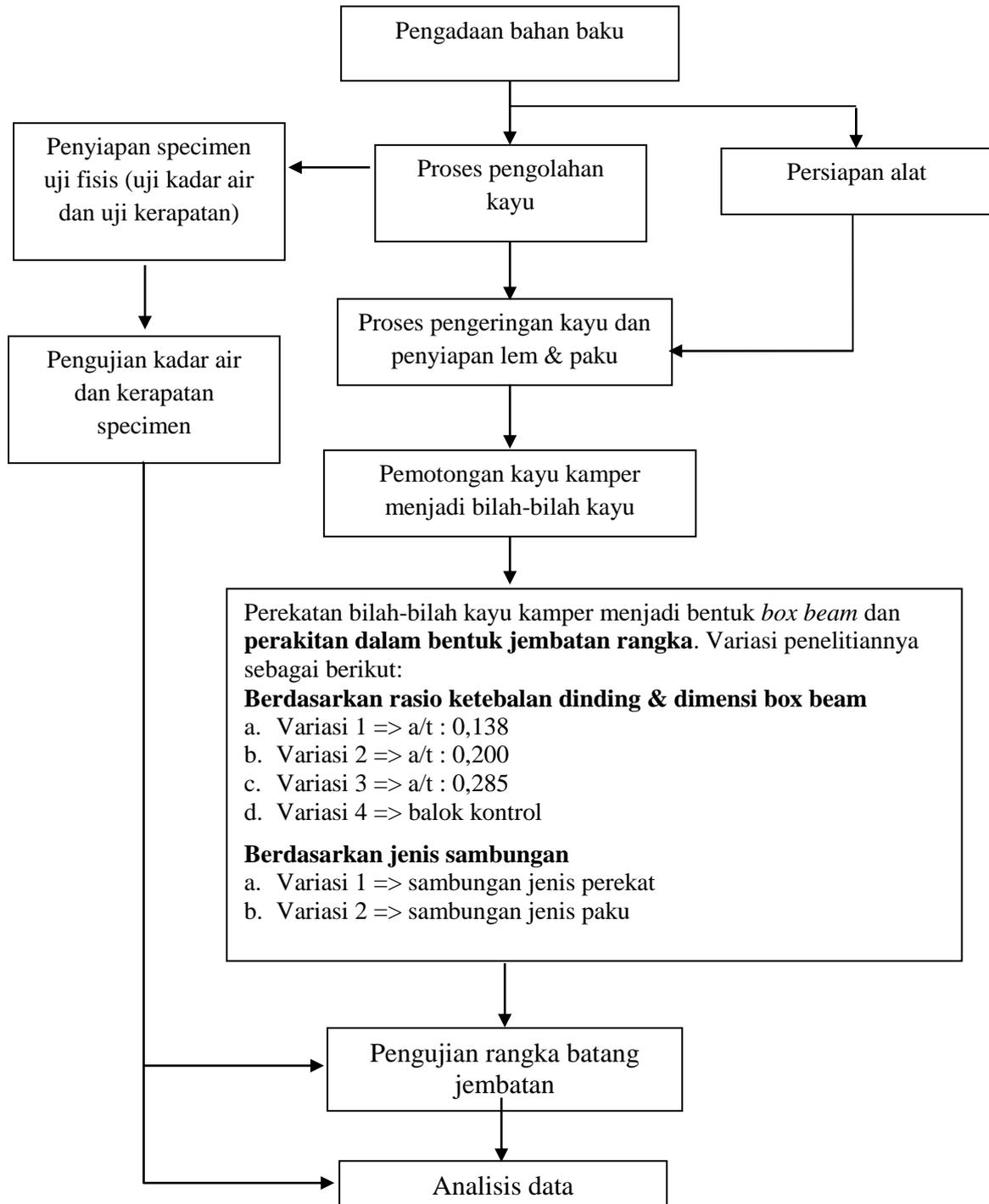
### 4. Masyarakat

- Bisa digunakan sebagai desain jembatan penghubung yang ramah lingkungan (tidak memakai material beton dan baja).
- Bisa langsung diaplikasikan dengan menggunakan material kayu yang ada di masyarakat.

## BAB IV. METODE PENELITIAN

### 4.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Diagram alir tahapan penelitian

## 4.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada tahun 2018 di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tunggadewi, Malang.

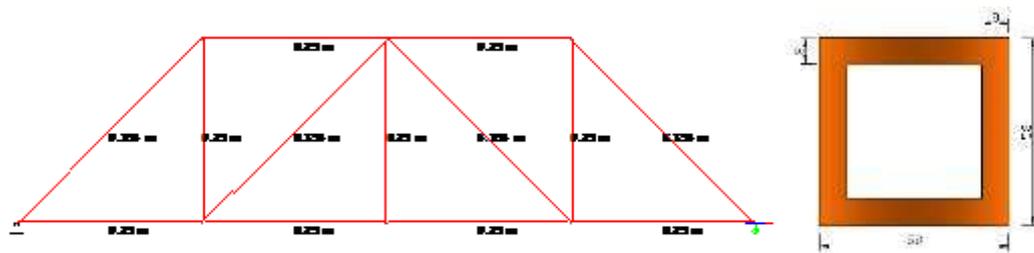
## 4.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan memodelkan struktur yang nyata dengan model dengan skala 1:8. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui desain yang paling kuat dari jembatan rangka tipe *box beam* yaitu dengan meneliti pengaruh ketebalan dinding *box beam* ( $t$ ) terhadap kekuatan jembatan rangka kayu dan mengetahui jenis sambungan yang kuat untuk jembatan dengan inovasi *box beam* ini. Untuk itu perlu adanya pengujian rangka batang dari jembatan. Output dari penelitian ini adalah defleksi/lendutan maksimal dan beban maksimum yang mampu ditahan oleh masing masing jembatan. Dimensi penampang masing-masing benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.1.

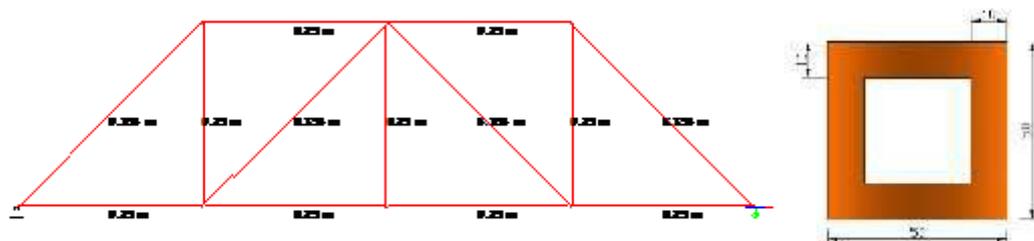
Tabel 4.1 Dimensi *box beam* masing-masing variasi benda uji

Variasi	Dimensi penampang (mm)			Luas penampang (mm <sup>2</sup> )
	b	h	t	
BB.58.58.8	58	58	8	1600
BB.50.50.10	50	50	10	1600
BB.45.45.12	45	45	12	1600
BBK. 40.40	40	40	40	1600

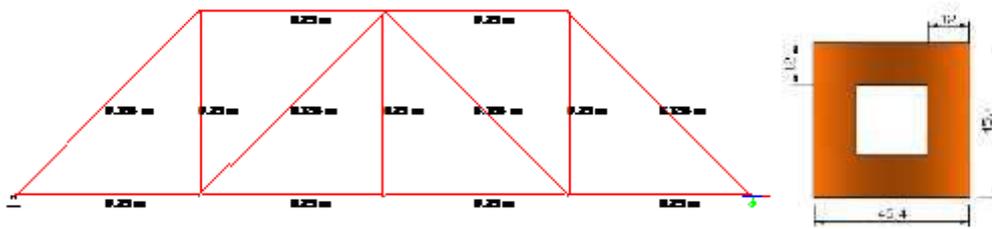
Untuk lebih jelasnya dimensi benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.2 – 3.5.



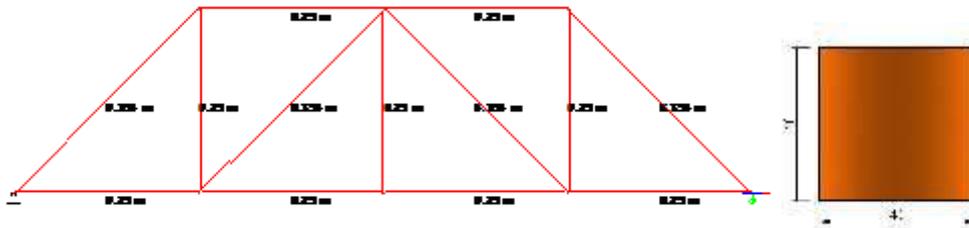
Gambar 4.2 Geometri jembatan rangka kayu dengan penampang *box beam* BB.58.58.8



Gambar 4.3 Geometri jembatan rangka kayu dengan penampang *box beam* BB.50.50.10

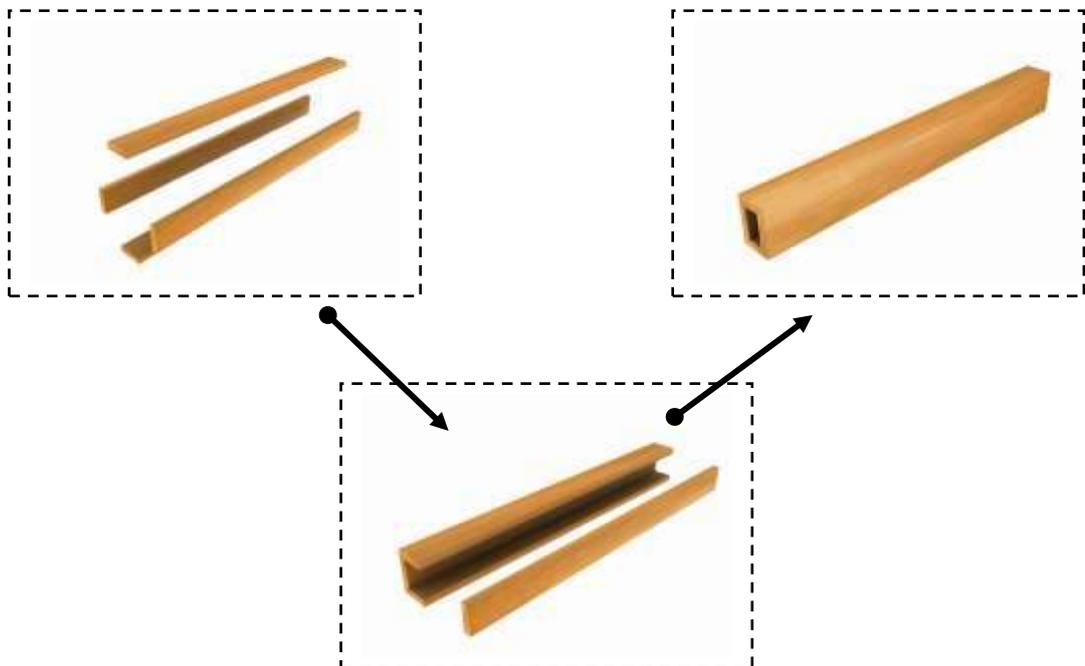


Gambar 4.4 Geometri jembatan rangka kayu dengan penampang *box beam* BB.45.45.12



Gambar 4.5 Geometri jembatan rangka kayu dengan penampang balok kontrol BBK.40.40

Metode pembuatan elemen *box beam* untuk batang-batang jembatan dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 4.6 Prosedur perakitan bilah-bilah kayu menjadi elemen *box beam*

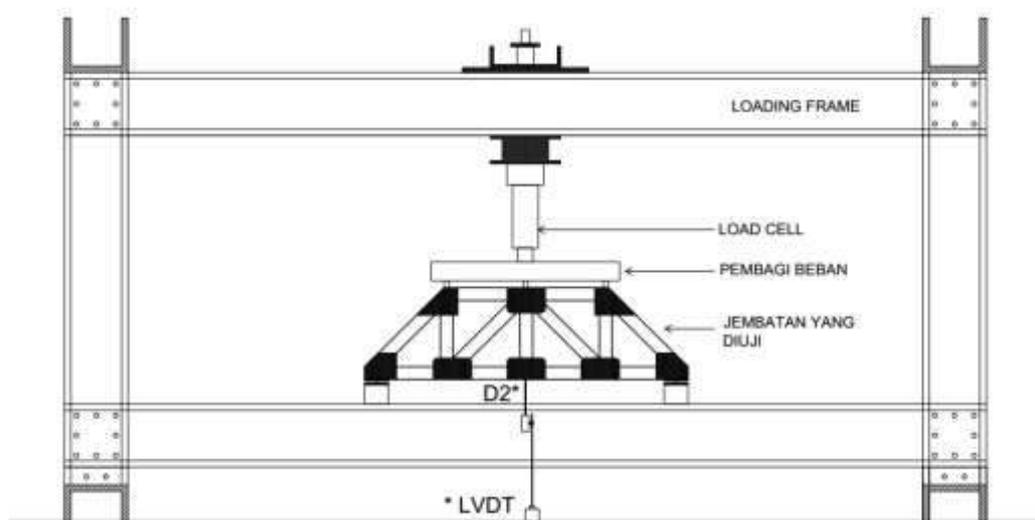
Jumlah sampel dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

**Tabel 4.2 Jumlah sampel benda uji**

Variasi	Sambungan jenis perekat	Sambungan jenis paku
BB.58.58.8	1	1
BB.50.50.10	1	1
BB.45.45.12	1	1
BBK 40.40	1	1

Untuk prosedur pengujian jembatan rangka dapat dilihat pada Gambar 3.7 dengan tata cara sebagai berikut:

- 1) Alat uji utama menggunakan loading frame kapasitas 10 Ton, hydraulic jack, load cell untuk pengukur beban dan LVDT untuk pengukur lendutan.
- 2) Benda uji jembatan diletakkan pada tumpuan sendi dan roll.
- 3) Pembebanan balok dilakukan dengan beban terpusat (P) yang berjumlah 3 buah yang dikenakan pada titik buhul (joint) jembatan bagian atas.
- 4) Tahap pemberian beban dilakukan per 20 kg sampai menemukan beban maksimum ( $P_u$ ).
- 5) Selama tahap pembebanan berlangsung, lendutan dikontrol dan dicatat hingga mencapai keruntuhan jembatan.



**Gambar 4.7** Prosedur pengujian jembatan rangka kayu dengan inovasi *box beam section*

#### 4.4 Variabel Penelitian

Adapun variabel yang dipakai dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 4.3 Variabel tetap dan variabel terukur penelitian**

Variabel Tetap	Variabel Terukur
a. Jenis kayu	a. Rasio antara ketebalan dinding dan dimensi <i>box beam</i> (t/a) : 0.138, 0.200, 0.285 & balok kontrol.
b. Luas penampang elemen batang	b. Jenis sambungan : sambungan perekat dan sambungan paku
c. Bentang jembatan	
d. Segemen jembatan	

#### 4.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan menggunakan dua metode yaitu:

##### 4.5.1 Observasi atau Pengamatan

Observasi yang dilakukan yaitu mengamati dan mengukur beban dan lendutan yang berlangsung pada saat pengujian jembatan rangka untuk mengetahui secara detail kondisi benda uji. Form pengujian jembatan dapat dilihat pada Tabel 3.4.

**Tabel 4.4 Form pengujian jembatan rangka dengan inovasi box beam**

No. Beban	Tahap Beban (kg)	Lendutan (mm)	Keterangan
1	0		
2	20		
3	40		

##### 4.5.2 Studi Literatur

Yaitu suatu proses mendapatkan data dan informasi melalui studi-studi terdahulu yang terkait dengan permasalahan studi, dan mencari buku-buku referensi yang berhubungan dengan permasalahan dalam studi ini.

#### 4.6 Analisa Data

Teknik analisis data yang digunakan yaitu menggunakan deskriptif kuantitatif yaitu dengan mengambil data dari hasil pengujian dan menggambarkannya pada grafik. Hasil akhir dari analisis data pengujian jembatan rangka kayu ini adalah hubungan beban maksimum ( $P_{maks}$ ) yang mampu ditahan oleh masing-masing variasi dan lendutan yang terjadi. Dua unsur tersebut merupakan komponen kekuatan jembatan sehingga hasil akhirnya akan muncul sebuah desain jembatan yang kuat dari pengujian ini,

## BAB V. HASIL LUARAN YANG DICAPAI

Pelaksanaan kegiatan penelitian ini mengacu dari jadwal pelaksanaan kegiatan yang telah disusun pada saat pengajuan proposal penelitian. Jangka waktu pelaksanaan kegiatan ini berlangsung selama 12 bulan. Berikut merupakan jadwal kegiatan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.1 Jadwal kegiatan penelitian**

No	Jenis Kegiatan	Tahun Ke - 1											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Persiapan alat & bahan Kayu												
2.	Pengeringan Kayu Kamper												
3.	Pemotongan kayu menjadi bilah-bilah												
4.	Perakitan elemen <i>box beam</i> menjadi jembatan rangka												
5.	Pengujian jembatan rangka												
6.	Pengolahan dan Analisis Data												
7.	Pembahasan dan Pembuatan Laporan												
8.	Seminar Hasil												
9.	Publikasi Jurnal, draft prosiding dan desain												
10.	Pembuatan Buku Ajar												

### 5.1 Tahap Persiapan Dan Pengumpulan Data

Pada tahap ini peneliti melakukan koordinasi antara ketua dan anggota guna menentukan deskripsi pekerjaan masing-masing anggota. Pada tahap ini dilakukan pula persiapan alat dan bahan yang akan dipakai untuk penelitian.

#### 5.1.1 Persiapan Alat

Pekerjaan awal yang dilakukan adalah menyiapkan alat untuk pemotongan kayu sesuai dengan geometri masing-masing variasi. Untuk alat pemotong

dilakukan di Bengkel Kayu SMK Negeri 1 Singosari Malang yang lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.1 Persiapan alat

### **5.1.2 Persiapan Bahan**

Pada penelitian ini bahan baku utama adalah kayu Kamper oven yang merupakan bahan utama untuk konstruksi jembatan kayu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.2 Persiapan bahan Kayu Kamper

### **5.1.3 Pembuatan Elemen Box Beam**

Setelah kayu sudah mencapai kadar air yang standart. Kayu-kayu tersebut di potong menjadi bilah-bilah sesuai dengan ketebalan dinding box beam masing-

masing variasi dan dirakit menjadi sebuah elemen box beam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.3 Elemen Box Beam

#### **5.1.4 Perakitan Elemen Box Beam Menjadi Jembatan Rangka**

Setelah elemen-elemen box beam sudah terbentuk, selanjutnya elemen-elemen tersebut disatukan membentuk suatu rangka jembatan kayu Kamper. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.4 Perakitan elemen-elemen box beam



Gambar 5.5 Perakitan elemen-elemen box beam



Gambar 5.6 Perakitan elemen-elemen box beam menjadi jembatan rangka kayu box beam

### **5.1.5 Pemasangan Sambungan Buhul**

Setelah rangka jembatan box beam terbentuk, maka selanjutnya pemasangan sambungan buhul dari multipleks 4 mm di setiap pertemuan joint antar batang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.7 Pemasangan sambungan titik buhul pada jembatan box beam kayu Kamper

## **5.2 Hasil Pengujian Pendahuluan**

Data dalam penelitian ini diperoleh berdasarkan hasil pengujian fisik yaitu pengujian kadar air dan kerapatan kayu.

### **5.2.1 Pengujian Kadar Air Kayu Kamper**

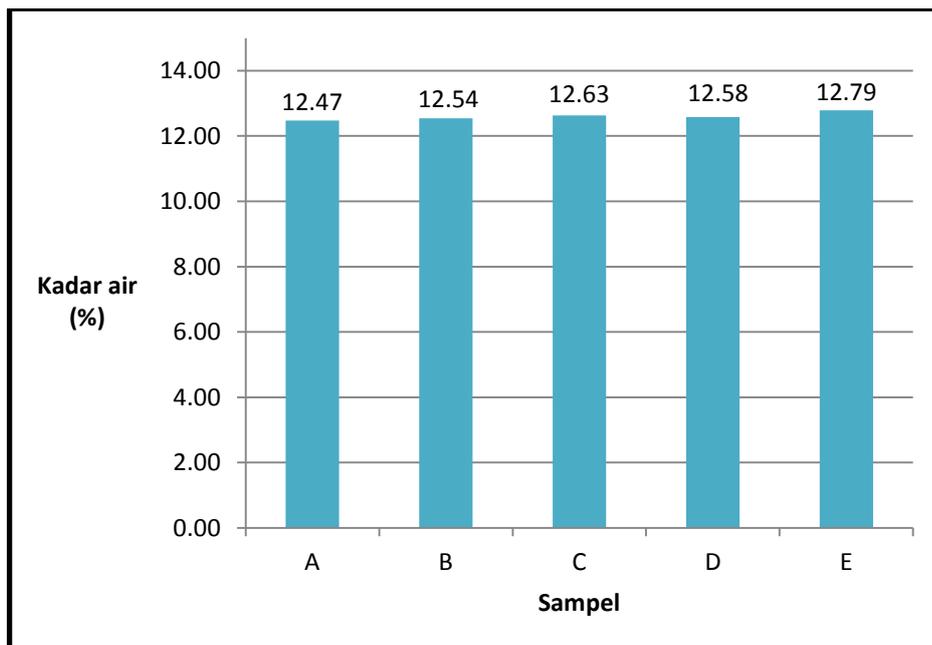
Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui banyaknya air yang terdapat pada kayu kamper. Pengujian kadar air dilakukan untuk memenuhi syarat kayu untuk konstruksi bangunan sesuai PKKI, dimana kadar air yang diizinkan untuk kayu konstruksi adalah 12-16%. Kadar air didapatkan apabila kandungan air sudah hilang dari kayu (minimal 2 penimbangan terakhir berat benda uji tetap). Dari pengujian kadar air kayu kamper didapatkan hasil pada tabel 5.1 berikut.

**Tabel 5.2 Hasil pengujian kadar air kayu kamper**

Sampel	Berat ke-1 (kg)	Berat ke- 2 (kg)	Berat ke-3 (kg)	Berat ke-4 (kg)	Berat ke-5 (kg)	Kadar air (%)
A	38,89	35,05	34,28	34,06	34,04	12,47
B	38,59	34,75	34,00	33,77	33,75	12,54
C	39,10	35,19	34,40	34,15	34,16	12,63
D	38,71	34,80	34,09	33,85	33,84	12,58
E	39,02	34,83	34,23	34,04	34,03	12,79
<b>Kadar air rata-rata</b>						<b>12,60</b>

*Sumber : hasil pengujian kadar air kayu kamper*

Kadar air rata-rata pada pengujian ini adalah 12,60%. Dari data di atas diperoleh kadar air yang terendah adalah sampel A sebesar 12,47%, sedangkan kadar air tertinggi adalah sampel E yaitu sebesar 12,79%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



**Gambar 5.8 Hasil pengujian kadar air kayu kamper**

Berdasarkan PKKI 1961 menyatakan bahwa kadar air kayu yang mutlak diperlukan untuk konstruksi adalah berkisar antara 12 – 16%. Dari pengujian

kadar air di atas diperoleh rata-rata kadar air yaitu sebesar 12,6%. hal ini sudah sesuai dengan memenuhi standar peraturan kadar air pada PKKI.

### 5.2.2 Pengujian Kerapatan kayu kamper

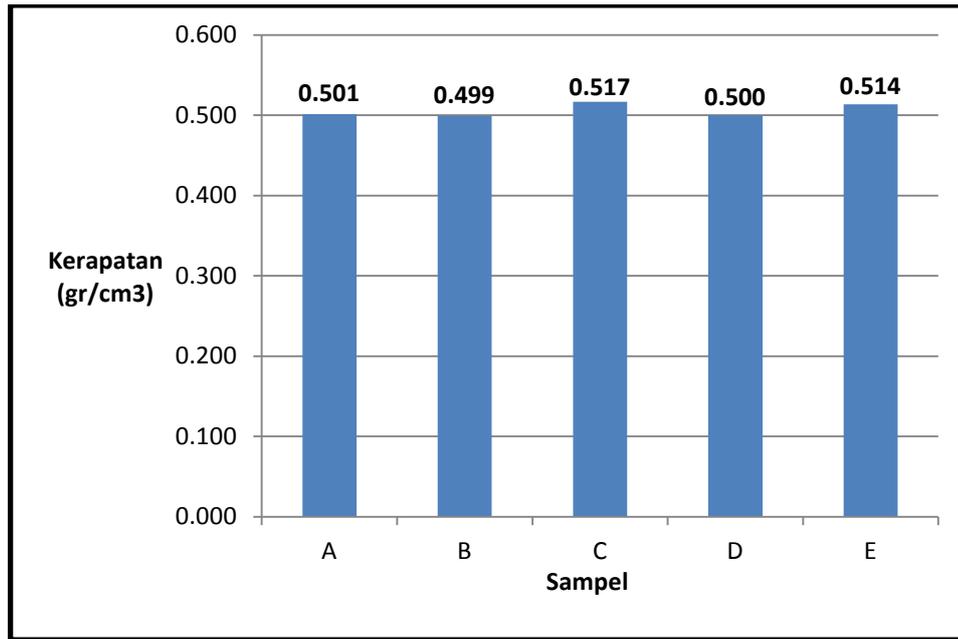
Kerapatan kayu adalah rasio massa dan volume pada kadar air tertentu. Pengujian kerapatan dilakukan untuk memberikan gambaran keadaan suatu bahan untuk menahan beban mekanik dan merupakan sifat fisis suatu bahan bangunan. Dari pengujian kerapatan kayu kamper didapatkan hasil pada tabel 5.2 sebagai berikut:

**Tabel 5.3 Hasil pengujian kerapatan kayu kamper**

<b>Sampel</b>	<b>Panjang (cm)</b>	<b>Lebar (cm)</b>	<b>Tinggi (cm)</b>	<b>Volume (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Berat (kg)</b>	<b>Kerapatan (<math>\rho</math>) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
A	4,05	4,15	4,04	67,902	34,04	0,501
B	4,05	4,13	4,04	67,575	33,75	0,499
C	4,05	4,04	4,04	66,102	34,16	0,517
D	4,035	4,145	4,045	67,653	33,84	0,500
E	4,04	4,06	4,04	66,266	34,03	0,514
<b>Kerapatan rata-rata</b>						<b>0,506</b>

*Sumber : hasil pengujian kerapatan kayu*

Dari data di atas diperoleh kerapatan kayu yang terendah adalah sampel B sebesar 0,499 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan kerapatan kayu tertinggi adalah sampel C yaitu sebesar 0,517 gr/cm<sup>3</sup>. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

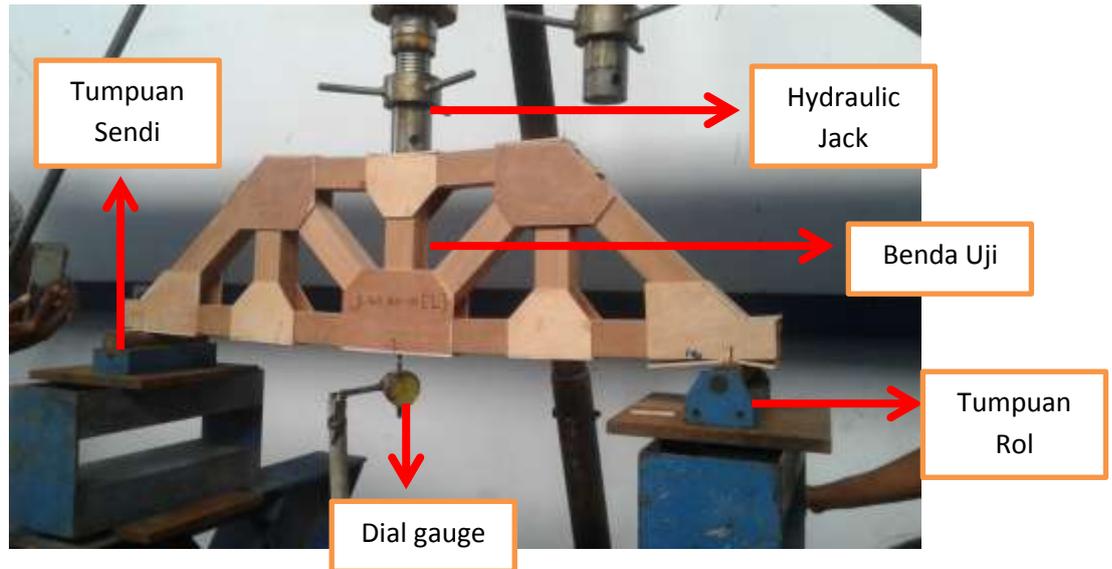


Gambar 5.9 Hasil pengujian kerapatan kayu kamper

Dari data di atas dapat dianalisis bahwa dari kelima sampel kayu kamper mempunyai nilai kerapatan rata-rata adalah 0,506 gr/cm<sup>3</sup>. Hal ini berarti kayu kamper yang digunakan adalah dalam klasifikasi kayu kamper jenis *Dryobalanops oocarpa* yang mempunyai kelas kuat kayu antara II-III dan kelas keawetan IV.

### 5.3 Pengaruh Ketebalan Dinding Penampang Terhadap Kekuatan Jembatan

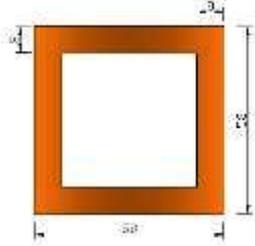
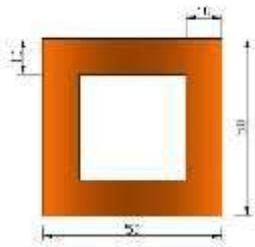
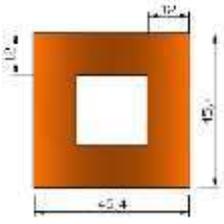
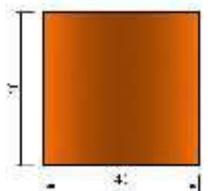
Pengujian rangka dilakukan dengan menambahkan beban yang dikenakan di joint atas pada setengah bentang. Proses pembebanan dilakukan per 100 kg dan dicatat lendutannya di setiap kenaikan beban per 100 kg tersebut. Untuk lebih jelasnya peralatan uji dapat dilihat pada gambar 5.10 berikut ini.



Gambar 5.10 Peralatan Pengujian

Penelitian ini terdapat 4 variasi benda uji untuk sambungan paku dan 4 variasi benda uji untuk sambungan perekat. Dari hasil pengujian didapatkan data beban maksimum ( $P_{max}$ ) yang merupakan salah satu parameter kekuatan. Data dimensi masing-masing variasi dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

**Tabel 5.4 Variasi ketebalan dinding penampang box beam**

No	Dimensi Penampang	Keterangan
1		Jembatan tipe box beam dengan dimensi 58 mm x 58 mm dengan tebal 8 mm (B.58.58.8)
2		Jembatan tipe box beam dengan dimensi 50 mm x 50 mm dengan tebal 10 mm (B.50.50.10)
3		Jembatan tipe box beam dengan dimensi 45 mm x 45 mm dengan tebal 12 mm (B.45.45.12)
4		Jembatan tipe balok konvensional dengan dimensi 40 mm x 40 mm (B.K)

Sumber : Hasil analisis

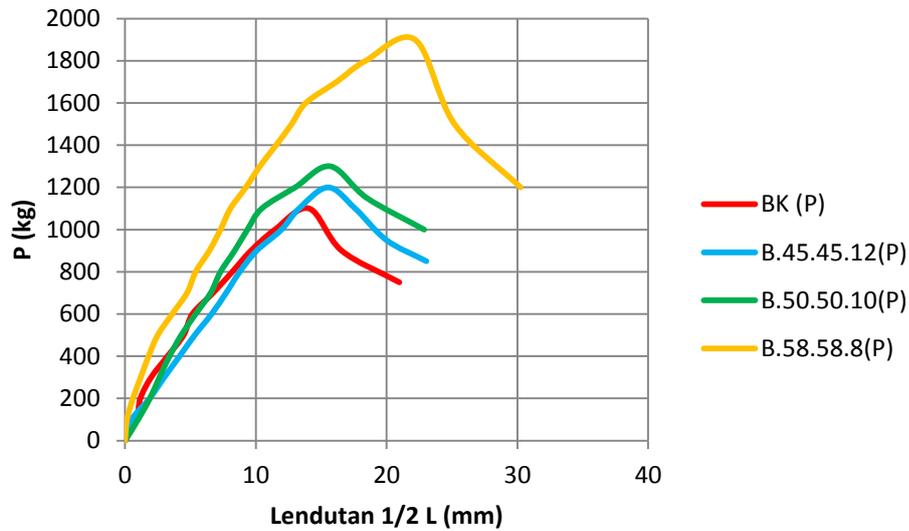
Dari semua variasi tersebut diuji dan didapatkan data beban maksimum masing-masing variasi untuk sambungan paku dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut ini.

**Tabel 5.5 Hasil Beban Maksimum masing-masing variasi ketebalan dinding box beam dengan menggunakan sambungan paku**

No	Variasi jembatan	P max (Kg)
1	B.K.40x40	1100
2	B.45x45,t=12 mm	1200
3	B.50x50,t=10 mm	1300
4	B.58x58,t=8 mm	1900

Sumber : hasil eksperimen

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.11 di bawah ini.



Gambar 5.11 Grafik beban puncak (P-maks) masing-masing variasi ketebalan dinding

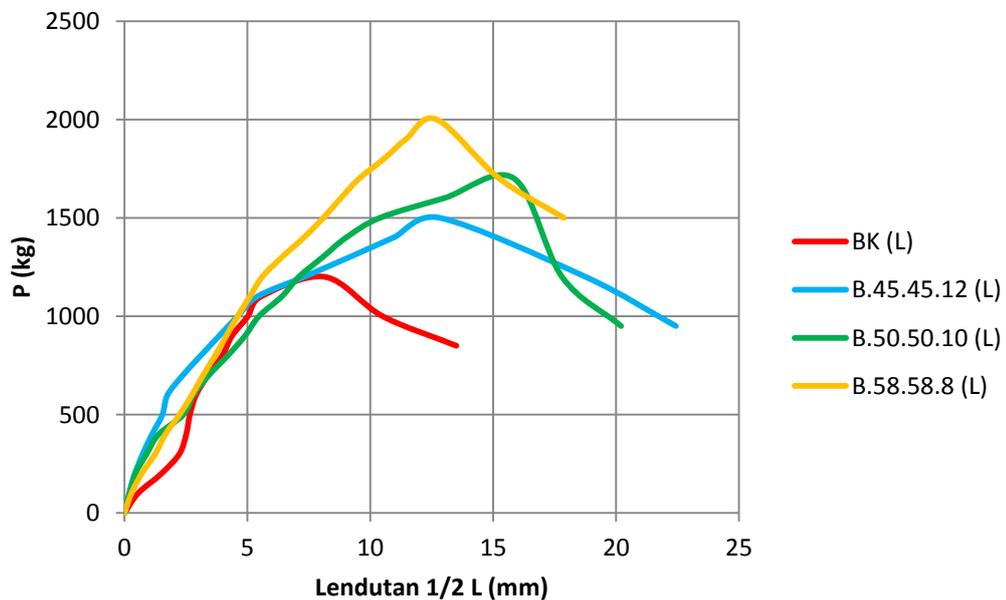
Dari grafik di atas, dapat dilihat bahwa jembatan tanpa menggunakan box beam atau kayu konvensional memiliki kekuatan paling kecil sebesar 1100 kg jika dibandingkan dengan box beam 45x45 mm, dengan tebal 12 mm sebesar 1200 kg. Sedangkan untuk box beam 50x50 mm, dengan tebal 10 mm memiliki kekuatan sebesar 1300 dan yang paling besar yaitu box beam 58x58mm, dengan tebal 8 mm dengan kekuatan sebesar 1900 kg untuk semua sambungan Paku. Sedangkan untuk sambungan perekat data beban maksimum masing-masing variasi untuk sambungan paku dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut ini.

**Tabel 5.6 Hasil Beban Maksimum masing-masing variasi ketebalan dinding box beam dengan menggunakan sambungan perekat**

No	Variasi jembatan	P max (Kg)
1	B.K.40x40	1200
2	B.45x45,t=12 mm	1500
3	B.50x50,t=10 mm	1700
4	B.58x58,t=8 mm	2000

Sumber : hasil eksperimen

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.12 di bawah ini.



Gambar 5.12 Grafik beban puncak (P-maks) masing-masing variasi ketebalan dinding

Dari grafik di atas, dapat dilihat bahwa jembatan tanpa menggunakan box beam atau kayu konvensional memiliki kekuatan paling kecil sebesar 1200 kg jika dibandingkan dengan box beam 45x45 mm, dengan tebal 12 mm sebesar 1500 kg. Sedangkan untuk box beam 50x50 mm, dengan tebal 10 mm memiliki kekuatan sebesar 1700 dan yang paling besar yaitu box beam 58x58mm, dengan tebal 8 mm dengan kekuatan sebesar 2000 kg untuk semua sambungan Perekat. Dari hasil

pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa box beam dapat digunakan sebagai alternatif pengganti kayu konvensional untuk jembatan antar dusun karena kekuatannya lebih besar dari pada kayu konvensional dengan catatan luasan penampang yang sama.

#### **5.4 Pengaruh Jenis Sambungan Perekat dan Sambungan Paku Terhadap Kekuatan Jembatan**

Pada penelitian ini digunakan 2 jenis alat sambung. Pertama menggunakan sambungan paku. Kedua menggunakan sambungan perekat (lem).

##### **5.4.1 Hasil Beban Puncak dan Lendutan pada Jembatan BK**

Jenis sambungan paku dikenakan pada keempat variasi ketebalan dinding dan hasil beban vs lendutannya sebagai berikut.

##### **1) Hasil Beban Puncak dan Lendutan pada Jembatan BK dengan Sambungan Paku**

Hasil beban dan lendutan untuk jembatan BK dengan sambungan paku dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

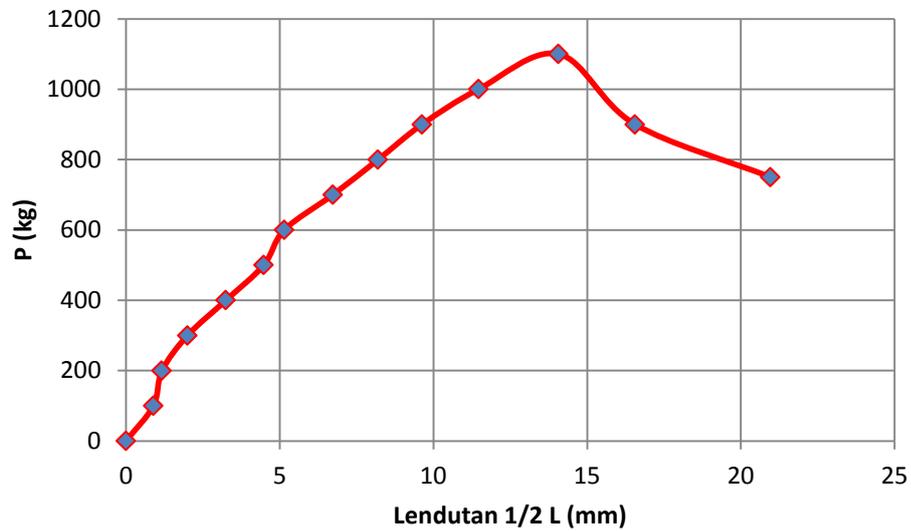
**Tabel 5.7 Hasil Beban dan lendutan Jembatan BK dengan sambungan paku**

<b>NO</b>	<b>BEBAN (kg)</b>	<b>LENDUTAN (mm)</b>
1	0	0
2	100	0.89
3	200	1.17
4	300	2
5	400	3.25
6	500	4.48
7	600	5.15
8	700	6.73
9	800	8.2

10	900	9.63
11	1000	11.47
12	1100	14.07
13	900	16.56
14	750	20.97

Sumber : Data eksperimen

Dari tabel tersebut didapatkan data beban puncak sebesar 1100 kg dengan lendutan 14,07 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut ini.



Gambar 5.13 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan BK dengan sambungan paku

2) **Hasil Beban Puncak dan Lendutan pada Jembatan BK dengan Sambungan Perekat**

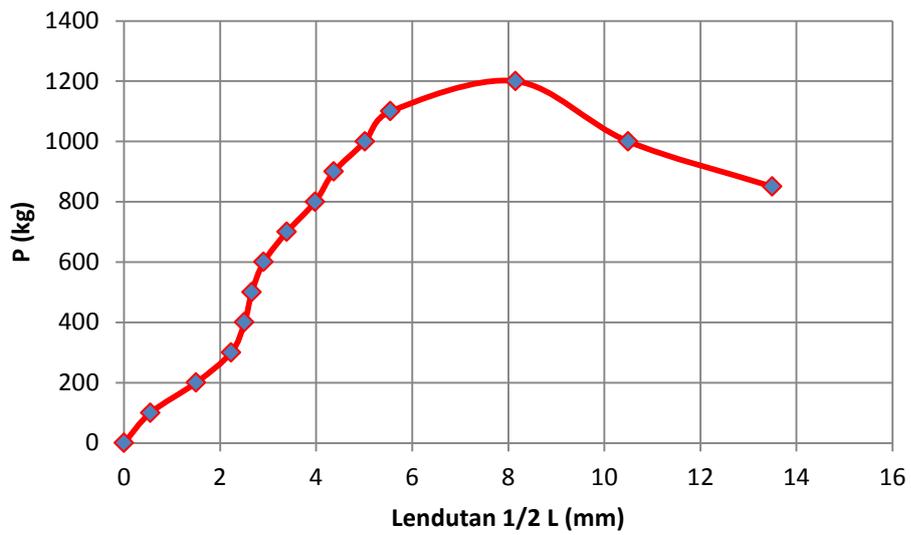
Hasil beban dan lendutan untuk jembatan BK dengan sambungan perekat dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

**Tabel 5.8 Hasil Beban dan lendutan Jembatan BK dengan sambungan perekat**

<b>NO</b>	<b>BEBAN (kg)</b>	<b>LENDUTAN (mm)</b>
1	0	0
2	100	0.55
3	200	1.5
4	300	2.23
5	400	2.51
6	500	2.66
7	600	2.91
8	700	3.39
9	800	3.98
10	900	4.37
11	1000	5.02
12	1100	5.55
13	1200	8.15
14	1000	10.5
15	850	13.5

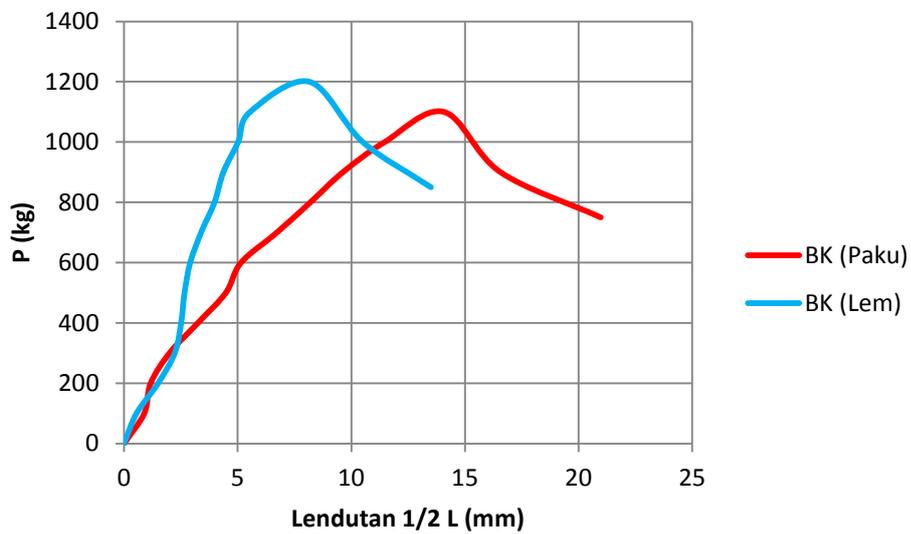
**Sumber : Data ekseprimen**

Dari tabel tersebut didapatkan data beban puncak sebesar 1200 kg dengan lendutan 8,15 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut ini.



Gambar 5.14 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan BK dengan sambungan Perekat

Dari kedua grafik di atas disatukan menjadi grafik berikut.



Gambar 5.14.a Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan BK antara sambungan paku dan perekat

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa sambungan perekat lebih kuat dari pada sambungan paku dengan perbedaan beban yang mampu ditahan sebesar 100 kg.

#### **5.4.2 Hasil Beban Puncak dan Lendutan pada Jembatan B.45.45.12**

Jenis sambungan paku dan perekat dikenakan pada keempat variasi ketebalan dinding dan hasil beban vs lendutannya sebagai berikut.

##### **1) Hasil Beban Puncak dan Lendutan pada Jembatan B.45.45.12 dengan Sambungan Paku**

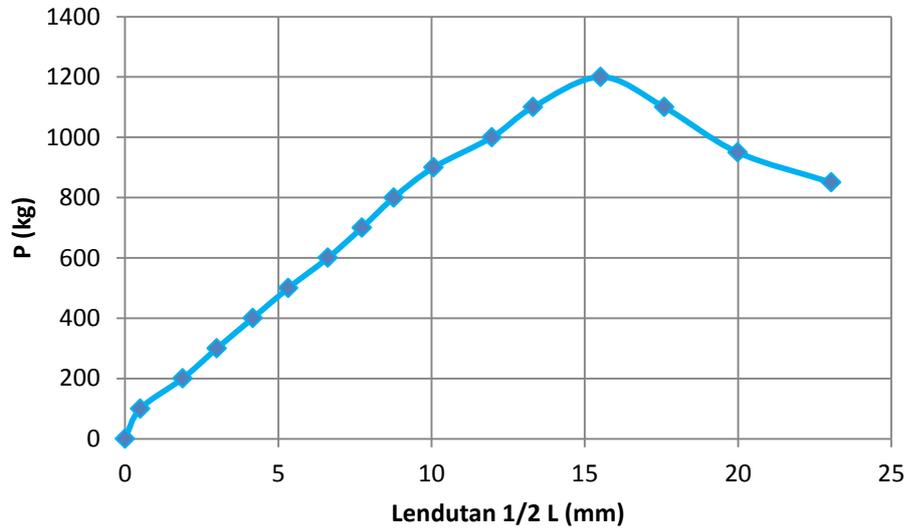
Hasil beban dan lendutan untuk jembatan B.45.45.12 dengan sambungan paku dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut ini.

**Tabel 5.9 Hasil Beban dan lendutan Jembatan B.45.45.12 dengan sambungan paku**

<b>NO</b>	<b>BEBAN (kg)</b>	<b>LENDUTAN (mm)</b>
1	0	0
2	100	0.5
3	200	1.88
4	300	3
5	400	4.17
6	500	5.33
7	600	6.62
8	700	7.73
9	800	8.77
10	900	10.07
11	1000	11.97
12	1100	13.31
13	1200	15.52
14	1100	17.59
15	950	19.99
16	850	23.04

**Sumber : Data eksperimen**

Dari tabel tersebut didapatkan data beban puncak sebesar 1200 kg dengan lendutan 15,52 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut ini.



Gambar 5.15 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.45.45.12 dengan sambungan Paku

**2) Hasil Beban Puncak dan Lendutan pada Jembatan B.45.45.12 dengan Sambungan Paku**

Hasil beban dan lendutan untuk jembatan B.45.45.12 dengan sambungan paku dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

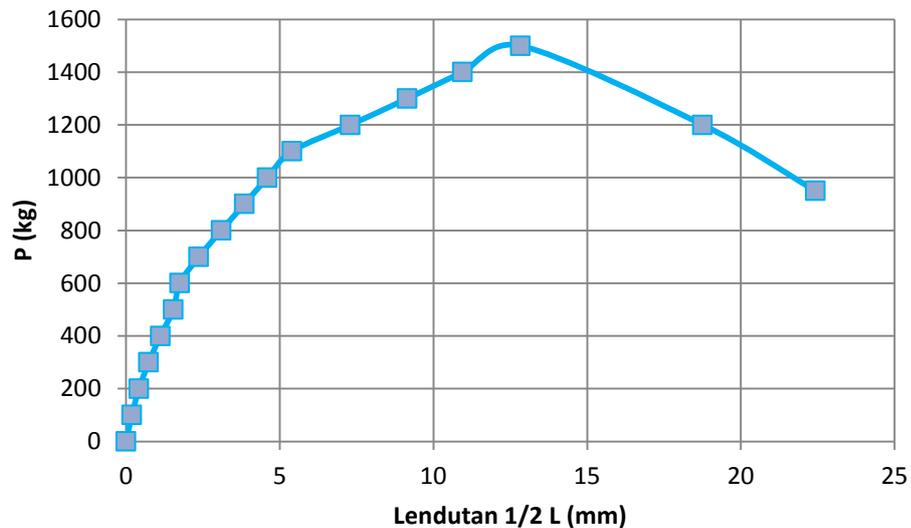
**Tabel 5.10 Hasil Beban dan lendutan Jembatan B.45.45.12 dengan sambungan perekat**

NO	BEBAN (kg)	LENDUTAN (mm)
1	0	0
2	100	0.19
3	200	0.42
4	300	0.74
5	400	1.12
6	500	1.54

7	600	1.75
8	700	2.37
9	800	3.1
10	900	3.85
11	1000	4.6
12	1100	5.4
13	1200	7.3
14	1300	9.15
15	1400	10.95
16	1500	12.83
17	1200	18.76
18	950	22.43

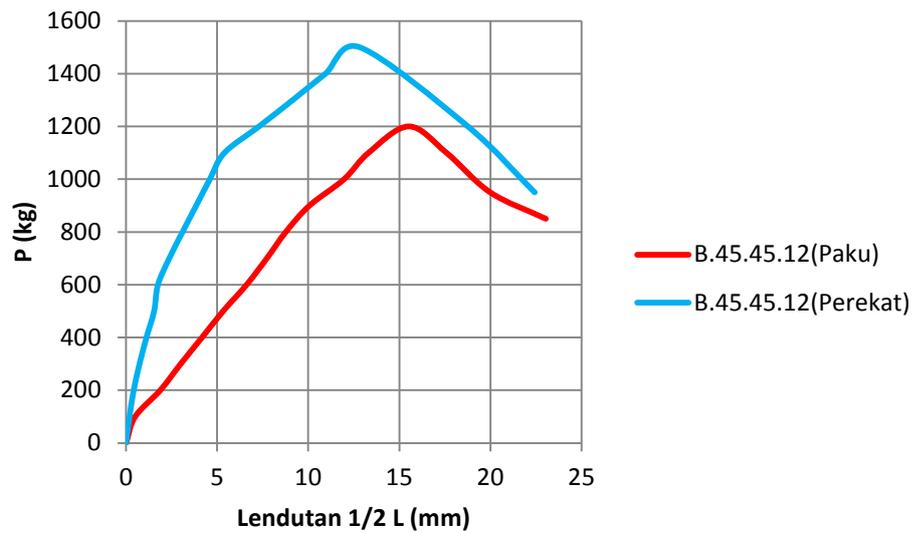
Sumber : Data eksperimen

Dari tabel tersebut didapatkan data beban puncak sebesar 1500 kg dengan lendutan 12,83 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut ini.



Gambar 5.16 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.45.45.12 dengan sambungan Perekat

Dari kedua grafik di atas disatukan menjadi grafik berikut.



Gambar 5.16.a Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.45.45.12 dengan sambungan paku dan perekat

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa sambungan perekat lebih kuat dari pada sambungan paku dengan perbedaan beban yang mampu ditahan sebesar 300 kg.

### 5.4.3 Hasil Beban Puncak dan Lendutan pada Jembatan B.50.50.10

Jenis sambungan paku dan perekat dikenakan pada keempat variasi ketebalan dinding dan hasil beban vs lendutannya sebagai berikut.

#### 1) Hasil Beban Puncak dan Lendutan pada Jembatan B.50.50.10 dengan Sambungan Paku

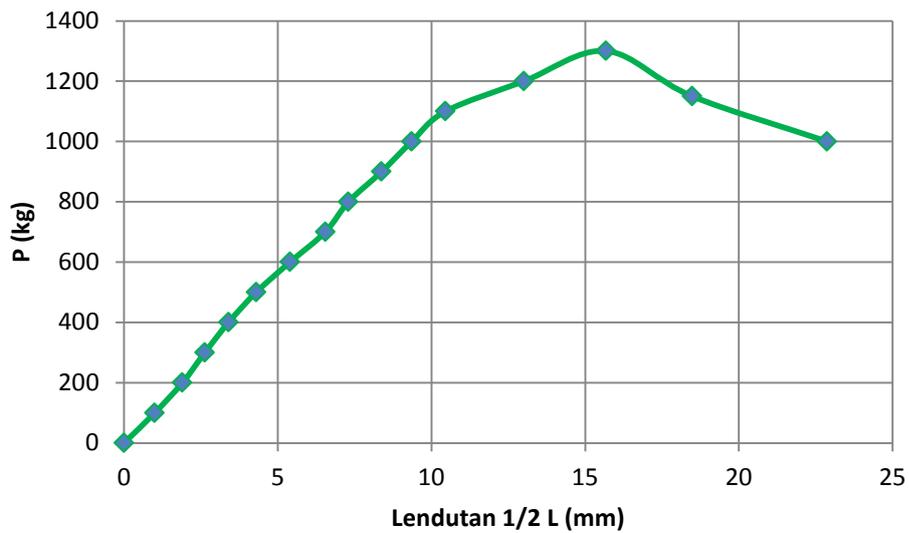
Hasil beban dan lendutan untuk jembatan B.50.50.10 dengan sambungan paku dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini.

**Tabel 5.11 Hasil Beban dan lendutan Jembatan B.50.50.10 dengan sambungan paku**

<b>NO</b>	<b>BEBAN (kg)</b>	<b>LENDUTAN (mm)</b>
1	0	0
2	100	1
3	200	1.9
4	300	2.63
5	400	3.4
6	500	4.3
7	600	5.4
8	700	6.55
9	800	7.3
10	900	8.38
11	1000	9.36
12	1100	10.46
13	1200	13.01
14	1300	15.68
15	1150	18.48
16	1000	22.87

Sumber : Hasil analisis

Dari tabel tersebut didapatkan data beban puncak sebesar 1300 kg dengan lendutan 15,68 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.17berikut ini.



Gambar 5.17 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.50.50.10 dengan sambungan Paku

2) Hasil Beban Puncak dan Lendutan pada Jembatan B.50.50.10 dengan Sambungan Perekat

Hasil beban dan lendutan untuk jembatan B.50.50.10 dengan sambungan perekat dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini.

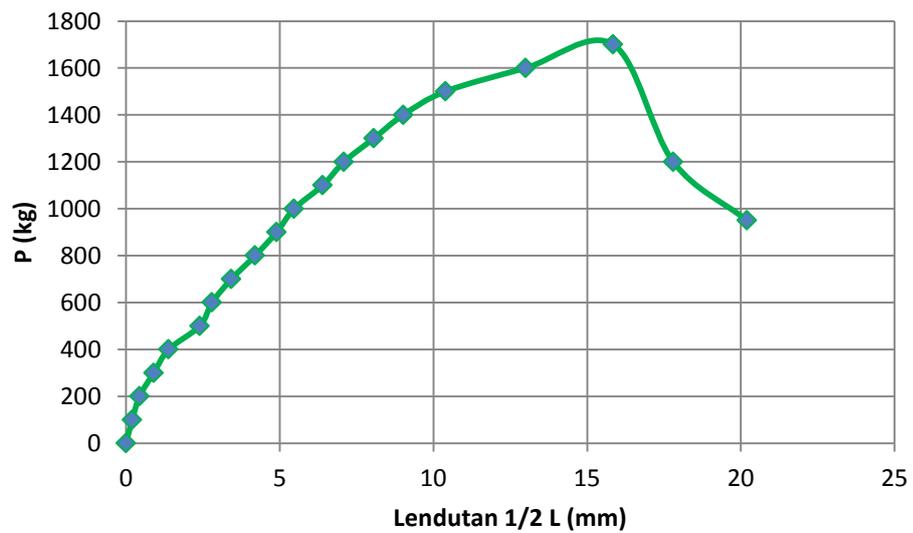
Tabel 5.12 Hasil Beban dan lendutan Jembatan B.50.50.10 dengan sambungan perekat

NO	BEBAN (kg)	LENDUTAN (mm)
1	0	0
2	100	0.2
3	200	0.44
4	300	0.9
5	400	1.39
6	500	2.4
7	600	2.8
8	700	3.43
9	800	4.2
10	900	4.9

11	1000	5.47
12	1100	6.4
13	1200	7.09
14	1300	8.06
15	1400	9.02
16	1500	10.39
17	1600	13
18	1700	15.85
19	1200	17.8
20	950	20.2

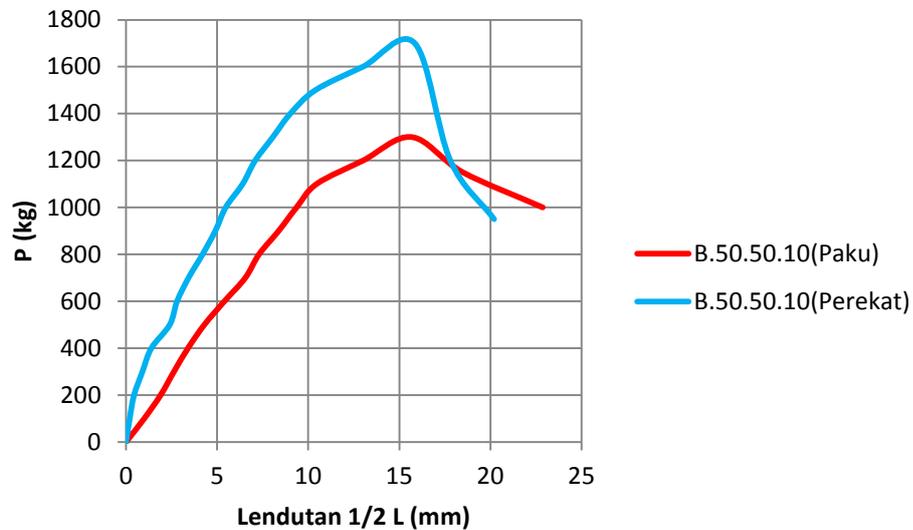
Sumber : Data eksperimen

Dari tabel tersebut didapatkan data beban puncak sebesar 1700 kg dengan lendutan 15,85 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.18 berikut ini.



Gambar 5.18 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.50.50.10 dengan sambungan Perekat

Dari kedua grafik di atas disatukan menjadi grafik berikut.



Gambar 5.18.a Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.50.50.10 dengan sambungan paku dan perekat

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa sambungan perekat lebih kuat dari pada sambungan paku dengan perbedaan beban yang mampu ditahan sebesar 400 kg.

#### 5.4.4 Hasil Beban Puncak dan Lendutan pada Jembatan B.58.58.8

Jenis sambungan paku dan perekat dikenakan pada keempat variasi ketebalan dinding dan hasil beban vs lendutannya sebagai berikut.

##### 1) Hasil Beban Puncak dan Lendutan pada Jembatan B.58.58.8 dengan Sambungan Paku

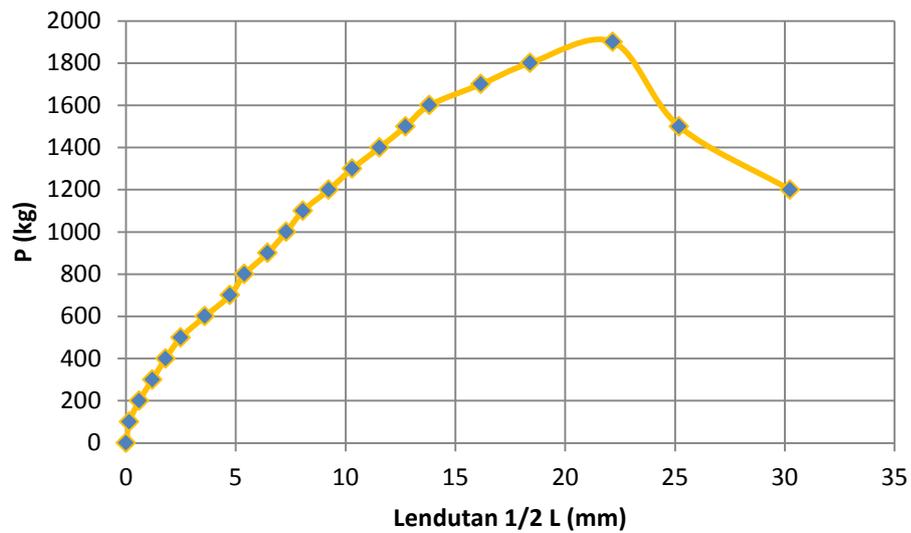
Hasil beban dan lendutan untuk jembatan B.58.58.8 dengan sambungan paku dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut ini.

**Tabel 5.13 Hasil Beban dan lendutan Jembatan B.58.58.8 dengan sambungan paku**

<b>NO</b>	<b>BEBAN (kg)</b>	<b>LENDUTAN (mm)</b>
1	0	0
2	100	0.15
3	200	0.6
4	300	1.2
5	400	1.8
6	500	2.5
7	600	3.6
8	700	4.74
9	800	5.4
10	900	6.45
11	1000	7.3
12	1100	8.06
13	1200	9.24
14	1300	10.31
15	1400	11.55
16	1500	12.74
17	1600	13.82
18	1700	16.17
19	1800	18.4
20	1900	22.17
21	1500	25.19
22	1200	30.24

Sumber : Hasil analisis

Dari tabel tersebut didapatkan data beban puncak sebesar 1900 kg dengan lendutan 22,17 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut ini.



Gambar 5.19 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.58.58.8 dengan sambungan Paku

**2) Hasil Beban Puncak dan Lendutan pada Jembatan B.58.58.8 dengan Sambungan Perekat**

Hasil beban dan lendutan untuk jembatan B.58.58.8 dengan sambungan perekat dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut ini.

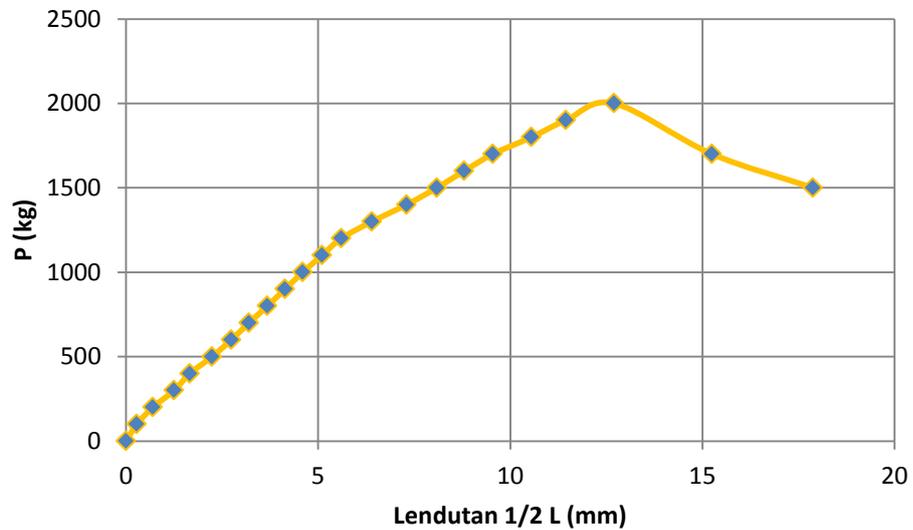
**Tabel 5.14 Hasil Beban dan lendutan Jembatan B.58.58.8 dengan sambungan perekat**

NO	BEBAN (kg)	LENDUTAN (mm)
1	0	0
2	100	0.28
3	200	0.7
4	300	1.25
5	400	1.66
6	500	2.24
7	600	2.74
8	700	3.2
9	800	3.68
10	900	4.14

11	1000	4.6
12	1100	5.1
13	1200	5.6
14	1300	6.4
15	1400	7.3
16	1500	8.09
17	1600	8.8
18	1700	9.55
19	1800	10.55
20	1900	11.45
21	2000	12.7
22	1700	15.25
23	1500	17.88

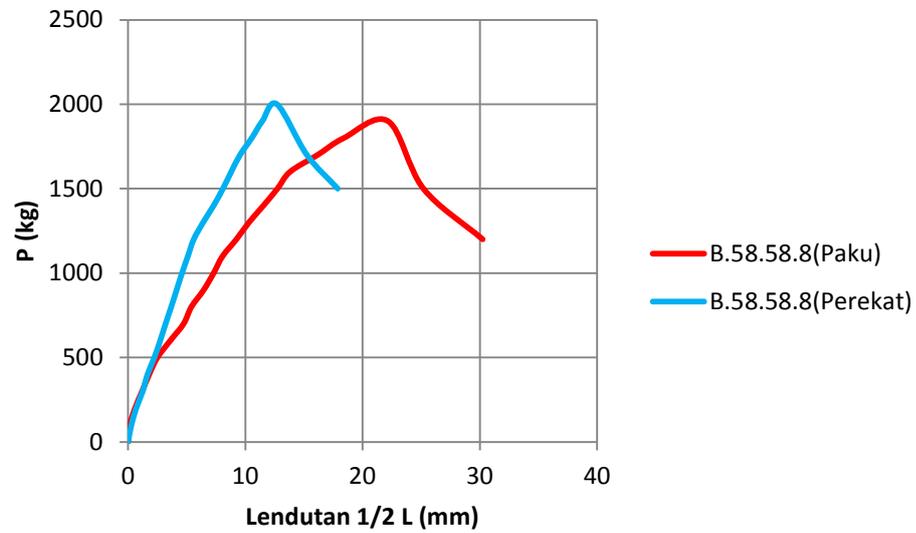
Sumber : Data eksperimen

Dari tabel tersebut didapatkan data beban puncak sebesar 2000 kg dengan lendutan 12,70 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut ini.



Gambar 5.20 Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.50.50.10 dengan sambungan Perekat

Dari kedua grafik di atas disatukan menjadi grafik berikut.



Gambar 5.20.a Grafik beban dan lendutan untuk Jembatan B.58.58.8 dengan sambungan paku dan perekat

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa sambungan perekat lebih kuat dari pada sambungan paku dengan perbedaan beban yang mampu ditahan sebesar 100 kg.

## **BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **6.1 Kesimpulan**

1. Pada pengujian pendahuluan, Kayu Kamper yang digunakan sebagai penelitian ini masih masuk dalam standart konstruksi yaitu 12%.
2. Pada pengujian pendahuluan, Kayu Kamper ini mempunyai nilai kerapatan rata-rata adalah  $0,506 \text{ gr/cm}^3$ . Hal ini berarti kayu kamper yang digunakan adalah dalam klasifikasi kayu kamper jenis *Dryobalanops oocarpa* yang mempunyai kelas kuat kayu antara II-III dan kelas keawetan IV.
3. Ketebalan dinding tidak berpengaruh terhadap kekuatan jembatan karena semakin tipis dinding dengan dimensi yang lebih besar dari pada balok konvensional tidak mengurangi kekuatan box beam. Dari keempat variasi semakin tipis dinding sambungan, tidak mempengaruhi kekuatan yang mampu ditahan.
4. Jenis sambungan antara perekat dan paku mempengaruhi kekuatan jembatan. Dalam keempat variasi sambungan perekat selalu lebih kuat dari pada sambungan paku.

### **6.2 Saran**

1. Perlu kajian lebih lanjut mengenai box beam dengan kayu kelas kuat rendah, semisal Mahoni, Sengon, dll.
2. Perlu kajian lebih lanjut mengenai jembatan box beam dengan bentang panjang.

## BAB VII. DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Isnani. (2014). Studi Kuat Tekan Kolom Kayu Kamper Hollow Hasil Fabrikasi Terhadap Kayu Kamper Solid. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Negeri Malang.
- Chauf, Kusnindar. 2005. Karakteristik Mekanik Kayu Kamper Sebagai Bahan Konstruksi. *Majalah Ilmiah Mektek*, Tahun VII, No. 1: 41-47.
- Chauf, Kusniandar Abd. 2012. Pengaruh Posisi Sambungan Lamina Terhadap Kapasitas Lentur Balok Kayu Laminasi. *Jurnal Infrastruktur*, 2 (1) : 26 : 35.
- Eva, Arifi., Hendro Suseno, M. Taufik Hidayat & Hafidz Emirudin G. 2016. Pengaruh Konfigurasi Rangka Dan Optimasi Profil Terhadap Kinerja Pada Struktur Jembatan Rangka Baja. *Jurnal REKAYASA SIPIL*, Vol. 10, No. 3: 187-193.
- Jahromi, Ali Bahdori. 2010. *Development and evaluation of composite insulated beams*. Edinburg: Napier University
- Karyadi, Sri Murni Dewi, Agoes Soehardjono Md, 2013. Experimental Investigation on Characteristics of Mechanics of Box-Section Beam Made Of Sliced-Laminated Dendrocalamus Asper under Torsion. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 3 (4) : 2614-2619.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). Informasi Statistik Infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2015. Jakarta : Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Kompas.com. (2015, 16 April). "Judesa" Cocok Dibangun di Desa Terpencil. Diperoleh 1 Juni 2017, dari <http://properti.kompas.com/read/2015/04/16/092900421/.Judesa.Cocok.Dibangun.di.Desa.Terpencil>
- Manu, I. Agus. 1995. *Dasar-Dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Moody, Russel C., Roland Hernandez & Jen Y. Liu. 1999. *Glued Structural Members: Wood Handbook Wood As An Engineering Material*. Madison: Forest Products Laboratory USDA Forest Service

- Oka, M. G. 2005. Analisis Rasio Antara Tinggi dan Lebar Balok Terhadap Perilaku Lentur Kayu Kamper. *Jurnal SMARTek*, Vol. 7, No. 1: 24-31.
- PU-net. (2014, 14 September). “Teknologi Jembatan Judesa Lebih Cepat dan Ekonomis”. Diperoleh 1 Juni 2017, dari <http://www.pu.go.id/berita/11593/Teknologi-Jembatan-Judesa-Lebih-Cepat-dan-Ekonomis>
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH). 2008. *Petunjuk Praktis Sifat-Sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia-A Handbook of Selected Indonesian Wood Species*. Jakarta: Indonesian Sawmill And Woodworking Association (ISWA).
- Supriyadi, B. & Agus S. 2007. *Jembatan*. Yogyakarta: Betta Offset.
- Suryoatmono, B. 2013. *Kayu Rekayasa Sebagai Masa Depan Struktur Kayu Indonesia*. Makalah disajikan dalam The 2nd Indonesian Structural Engineering And Materials Symposium, Jurusan Teknik Sipil Universitas Parahyangan, Bandung 7-8 November.
- Tjondro, Adhijoso, 2011. *Balok Dan Kolom Papan Kayu Laminasi- Paku*. Bandung: Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan.
- Tjondro, Johannes, Adhi & Facmi, 2009. *Kuat Lentur Balok Penampang Tersusun Box Dari Papan Kayu Sengon*. Makalah disajikan dalam Prosiding Simposium Nasional I Forum Teknologi Hasil Hutan (FTHH), Forum Teknologi Hasil Hutan, Bogor 30-31 Oktober.
- Widyawati, Ratna. 2009. Perbandingan Kekuatan Butt Joint dan Scraft Joint pada Kayu dengan Alat Sambung Perekat. *Jurnal Rekayasa*. 13 (1): 82 – 82.
- Wijaya, S. Handika. (2014). Kekuatan dan Kekakuan Puntir Balok Berpenampang Hollow (Box Beam) dari Kayu Kamper. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Negeri Malang.
- Wikibuku. (2012, 29 Maret). *Rekayasa Lalu Lintas/Jembatan*. Diperoleh 26 Mei 2017, dari [https://id.wikibooks.org/wiki/Rekayasa\\_Lalu\\_Lintas/Jembatan/](https://id.wikibooks.org/wiki/Rekayasa_Lalu_Lintas/Jembatan/)
- YLPMB, 1978. *Peraturan konstruksi kayu Indonesia NI-5 PKKI 1961*, Jakarta.

## LAMPIRAN





**LUARAN 1**  
**JURNAL NASIONAL BER-ISSN**

# Perbandingan Nilai Lendutan Jembatan Rangka Antara *Box Beam Section* dan Konvensional Dari Kayu Kamper Sebagai Penghubung Antar Dusun

Handika Setya Wijaya <sup>1)</sup> Andy Kristafi Arifianto, S.T., M.M<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Teknik Sipil, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang

<sup>2)</sup> Teknik Sipil, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang

Jl. Telaga Warna, Tlogomas, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang

Email : [handika.civilunitri@gmail.com](mailto:handika.civilunitri@gmail.com)

## Abstrak

Indonesia memiliki lebih dari 80 ribu desa sebagai satuan administrasi terkecil dari NKRI. Setiap desa, setidaknya membutuhkan tiga hingga empat jembatan untuk menyeberangi sungai, dan untuk mengakses fasilitas lainnya. Kebutuhan jembatan yang banyak tersebut tidak dibarengi dengan anggaran negara yang dialokasikan terhadap pembangunan jembatan di desa-desa. Salah satu alternative konstruksi jembatan adalah dari material kayu juga merupakan material yang terbaharukan. Kendala dalam penggunaan kayu untuk konstruksi bangunan adalah kelangkaan kayu dengan dimensi besar. Untuk menanggulangi masalah tersebut, maka munculah kayu rekayasa (engineered wood), salah satunya yaitu box beam.

Box beam terbukti dapat meningkatkan inersia suatu bahan jika dibandingkan balok kayu konvensional dengan luas penampang sama. Penelitian ini bertujuan untuk mencari perbandingan kekakuan antara jembatan kayu konvensional dan jembatan kayu menggunakan elemen box beam dari Kayu Kamper. Unsur kekakuan bias dinilai dari besarnya lendutan yang terjadi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dari perbandingan box beam dan balok kayu biasa ternyata box beam menghasilkan lendutan untuk B.58.58.8 lendutannya 0.852mm. Untuk balok B.50.50.10 lendutan yang terjadi 0.894 mm. Untuk balok B.45.45.12 lendutan yang terjadi 0.931 mm. Sedangkan untuk balok control B.40.40.20 lendutan yang terjadi 0.950 mm. Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa box beam memiliki lendutan yang lebih kecil dari pada jembatan rangka dengan balok control (konvensional). Dan bisa menjadi rekomendasi pemilihan tipe struktur jembatan bentang pendek untuk Pedesaan karena lebih kaku.

**Kata kunci:** Jembatan Rangka Kayu, Lendutan, Box-Beam Section.

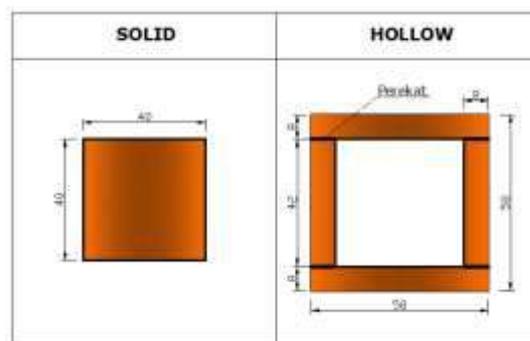
## 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki lebih dari 80 ribu desa sebagai satuan administrasi terkecil dari NKRI. Setiap desa, setidaknya membutuhkan tiga hingga empat jembatan untuk menyeberangi sungai, dan untuk mengakses fasilitas lainnya. Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2015 yaitu Waskito Pandu menyatakan bahwa kebutuhan jembatan sangat besar karena masyarakat memerlukan prasarana yang seringnya tidak tersedia di daerahnya, misalnya sekolah dan puskesmas [1].

Kebutuhan jembatan yang banyak tersebut tidak dibarengi dengan anggaran negara yang dialokasikan terhadap pembangunan jembatan di desa-desa. Karena pembangunan jembatan membutuhkan biaya yang relatif mahal. Teknologi terkini dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam membangun jembatan di desa adalah teknologi “Judesa” yaitu kependekan dari Jembatan untuk Desa-Asimetris. Material yang digunakan berasal dari bahan fabrikasi yang dikirim ke pelosok-pelosok desa [2] Teknologi Judesa telah dianggap sebagai jembatan yang ekonomis padahal anggaran yang dikeluarkan relatif besar yaitu 370 juta.

Pemilihan kayu sebagai material utama jembatan bukan tanpa alasan. Suryoatmono (2013) menyatakan bahwa sekarang ini persyaratan desain struktur selain harus memenuhi kekuatan dan daya layan tetapi juga harus memenuhi persyaratan ramah lingkungan dan hemat energi. Maka dari itu kayu adalah jawabannya. Kayu adalah material yang paling ramah lingkungan dibandingkan dengan material lain, yaitu beton dan baja. Berdasarkan laporan APA dalam Suryoatomo (2013), kebutuhan energi untuk menghasilkan 1 ton material semen, kaca, dan baja berturut-turut adalah 5 kali, 14 kali, dan 24 kali kebutuhan untuk menghasilkan 1 ton material kayu [3].

Kendala dalam penggunaan kayu untuk konstruksi bangunan adalah kelangkaan kayu dengan dimensi yang besar. Untuk menanggulangi masalah tersebut, maka munculah balok kayu rekayasa (*engineered wood*), salah satunya adalah *box-beam* [4]. Penampang *hollow* terbukti dapat meningkatkan kegunaan material yaitu dapat meningkatkan besarnya inersia secara signifikan jika dibandingkan dengan kayu solid dengan luas penampang yang sama [5]. Bentuk penampang box beam dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Perbandingan penampang balok solid dan box beam dengan luas penampang sama (Sumber : Wijaya, 2014[6])

Kayu kamper (*Dryoblanas sp.*) adalah kayu yang digunakan dalam kebanyakan konstruksi bangunan. Kayu kamper tahan terhadap bubuk kayu, mempunyai kembang susut yang sedikit dan mudah diolah. Hal ini menjadikan kayu kamper banyak dipakai untuk bahan bangunan [7] Modulus elastisitas kayu kamper pada kadar air 13,79% yaitu 14783,58 MPa [8]

Berdasarkan kondisi tersebut maka penelitian bertujuan untuk mencari perbandingan kekuatan antara jembatan kayu konvensional dan jembatan kayu menggunakan elemen box beam dari Kayu Kamper.

## 2. METODE

### 2.1 Karakteristik Kayu Kamper

Jembatan box beam ini menggunakan material kayu kamper yang didukung data-data sifat-sifat fisik dan sifat mekanis yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2 Sifat fisik dan mekanik

<b>Nama Komersial</b>	Kapur
<b>Warna kayu</b>	Kayu teras warna merah dan kayu gubal warna putih sampai coklat kuning muda
<b>Tekstur</b>	Agak kasar dan merata
<b>Kelas awet</b>	II-III
<b>Kelas kuat</b>	I-II
<b>Kembang susut</b>	Sedang
<b>Berat jenis kering</b>	0.0008 kg/cm <sup>3</sup>
<b>Modulus elastisitas</b>	100.000 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Kegunaan</b>	Kayu bangunan, plywood kayu, lantai, papan, dll.

### 2.2 Metode Analisis Jembatan Rangka Kayu

Pada penelitian ini, analisis struktur rangka jembatan kayu akan dianalisis dengan menggunakan software Staad Pro 2004 yang merupakan software dengan pendekatan metode elemen hingga. Konfigurasi beberapa rangka yang dihitung adalah PRATT Truss yang dianalisis mulai dari input geometri struktur, pembebanan, dan tumpuannya yang akhirnya akan gaya-gaya aksial tarik dan tekan. Gaya aksial merupakan aspek dari kekuatan jembatan rangka kayu. Kekuatan tersebut akan dikawinkan dengan berat jembatan yang terdapat pada masing-masing rangka. Rasio antara kekuatan dan berat jembatan yang terkecil yang merupakan indikator efisiensi penggunaan material sehingga akan tercipta konfigurasi struktur rangka jembatan yang kuat dan ekonomis.

### 2.3 Pemodelan Struktur Jembatan Rangka

Struktur jembatan rangka kayu ini merupakan permodelan struktur jembatan sebenarnya dikenai skala 1 : 10 yang dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Data pemodelan struktur jembatan rangka

<b>Bentang teoritis</b>	1.0 meter
<b>Tinggi jembatan</b>	0.25 meter
<b>Lantai jembatan</b>	Jembatan rangka kayu dengan lantai kendaraan di bawah (Trough Type Truss)
<b>Lantai jembatan</b>	Multipleks 3 mm
<b>Jumlah segmen</b>	4 segmen
<b>Tumpuan/ perletakan</b>	Sendi dan rol
<b>Sambungan</b>	Paku

Material	Kayu Kamper
----------	-------------

## 2.4 Rancangan Penelitian

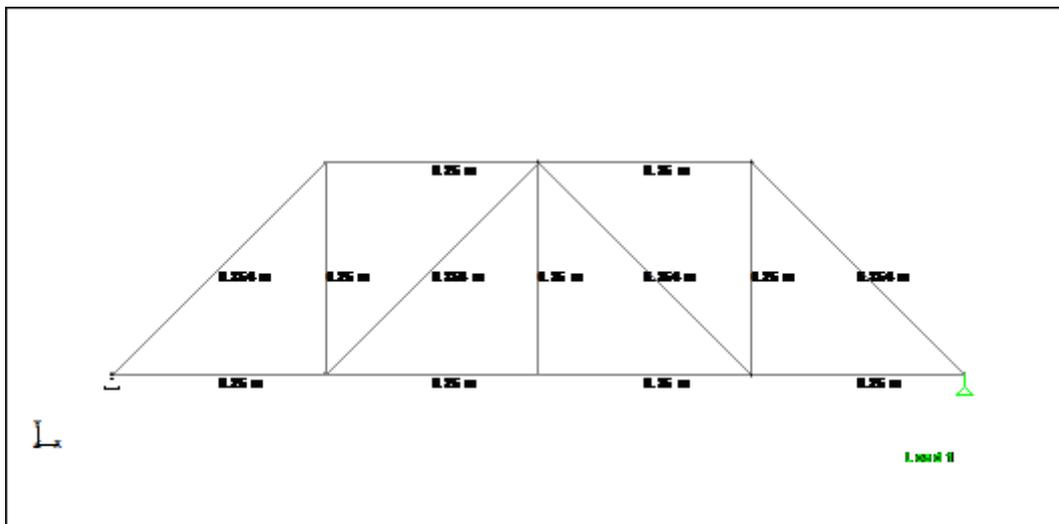
Rancangan penelitian dari riset ini yaitu terdapat 4 variabel yaitu variable pertama yaitu Box beam dengan ukuran 58x58mm dengan tebal 8 mm. sedangkan variable kedua yaitu 40x40mm (Balok kontrol). Kedua variable tersebut memiliki persamaan yaitu luas penampang yang sama. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Ukuran benda uji

Variasi	Dimensi penampang (mm)			Luas penampang (mm <sup>2</sup> )
	b	h	t	
B.58.58.8	58	58	8	1600
B.50.50.10	50	50	10	1600
B.45.45.12	45	45	12	1600
Balok Konvensional	40	40	20	1600

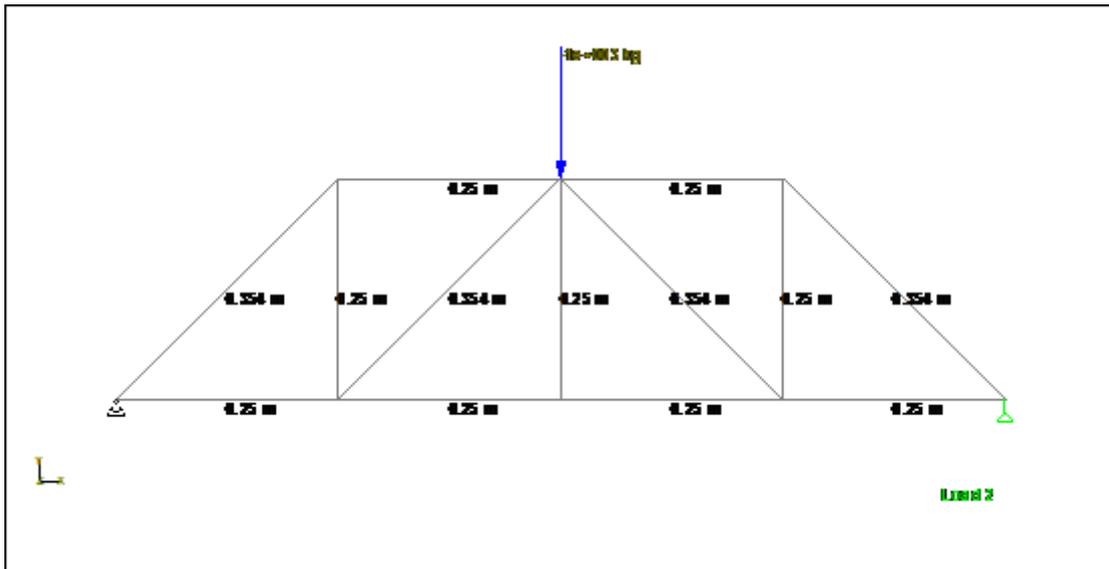
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa struktur yang digunakan berbantuan software Staad Pro V8i. hasil geometri jembatan rangka dapat dilihat pada Gambar 2.



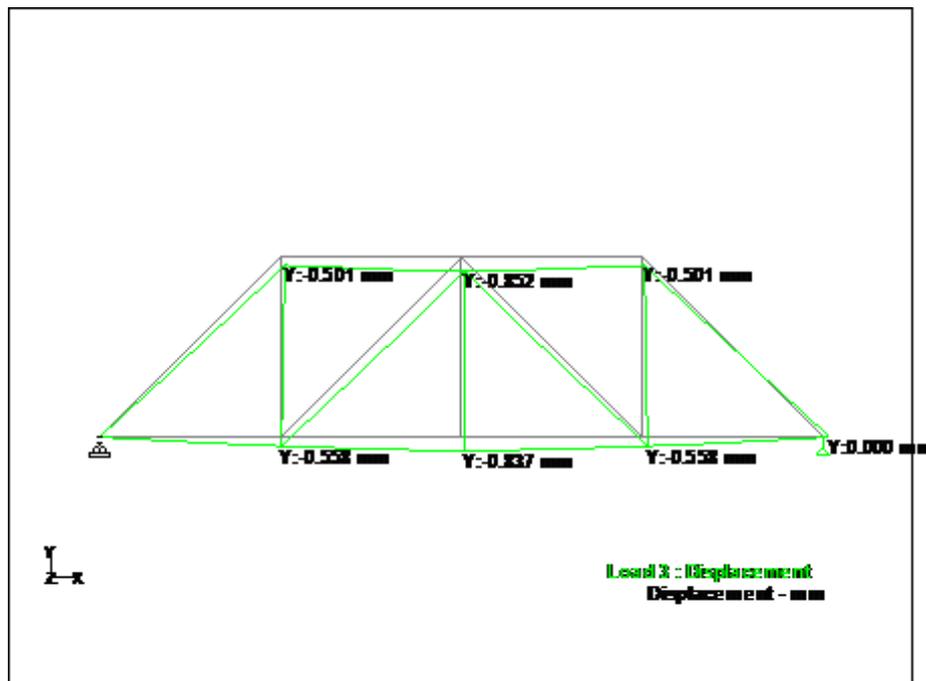
Gambar 2. Geometri struktur jembatan rangka kayu (Sumber : Software staad pro v8i)

Analisa pembebanan yang digunakan adalah beban  $P=1000$  kg dikenakan di setengah bentang seperti pada Gambar 3.

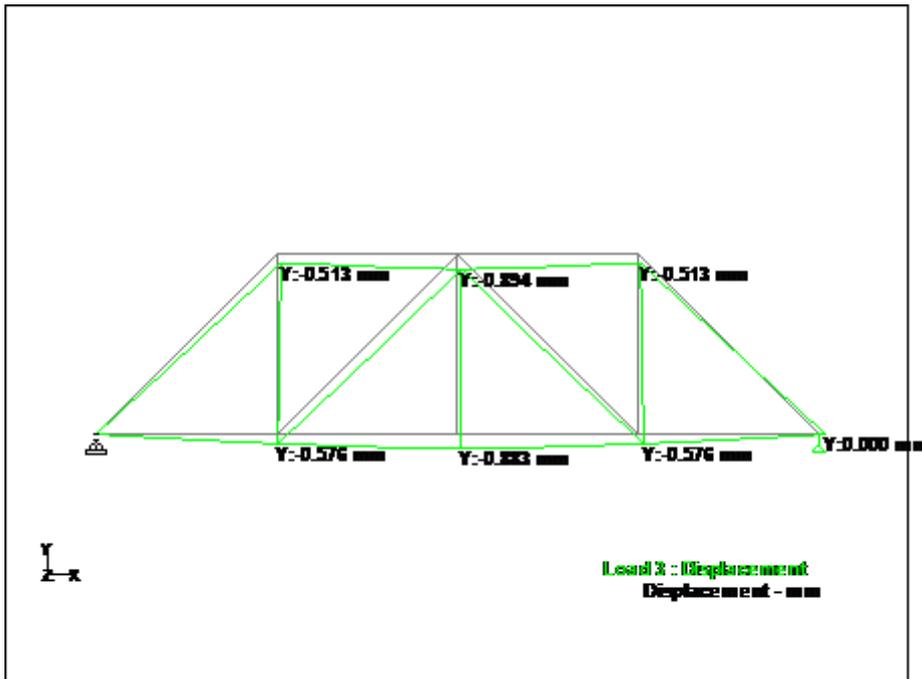


Gambar 3. Pembebanan struktur jembatan rangka kayu (Sumber : Software staad pro v8i)

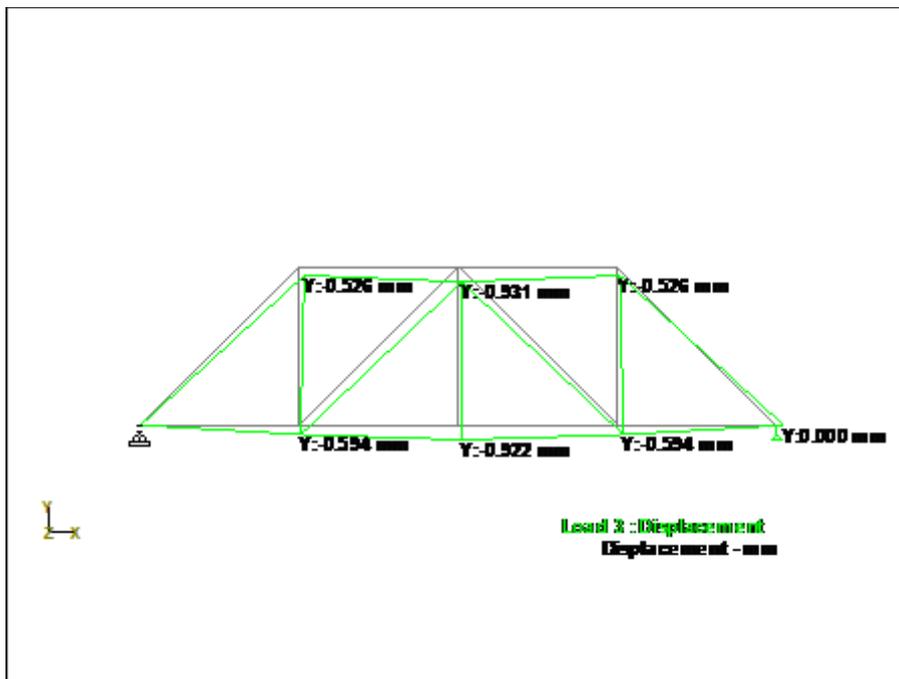
Indikator kekakuan dari penelitian ini adalah lendutan maksimal yang terjadi dengan beban 1000kg. Data lendutan maksimum masing-masing sampel dapat dilihat pada Gambar 4 - 7.



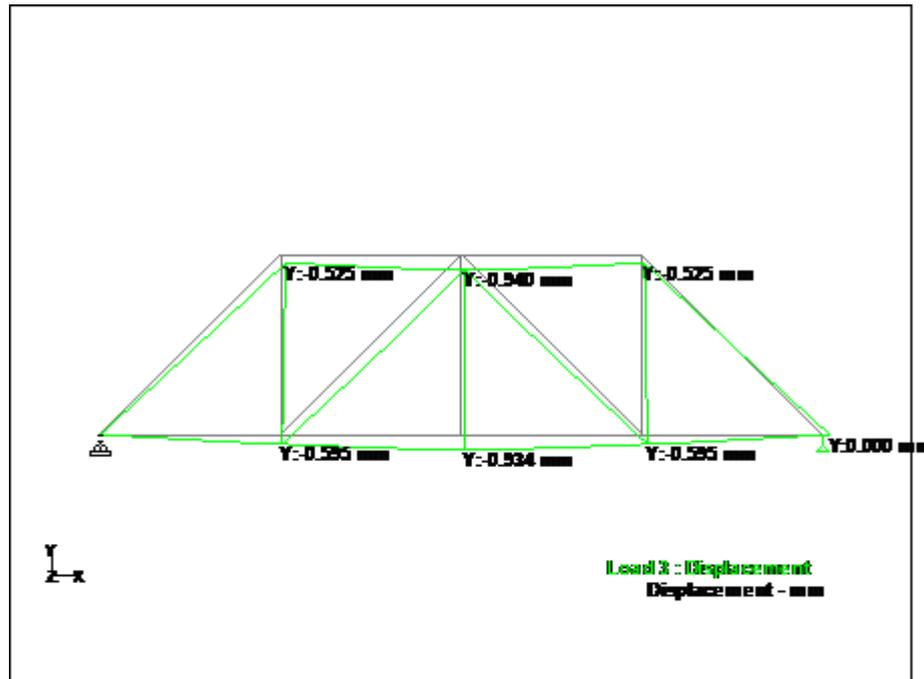
Gambar 4. Hasil lendutan untuk jembatan dengan box beam B.58.58.8 (Sumber : Software staad pro v8i)



Gambar 5. Hasil lendutan untuk jembatan dengan box beam B.50.50.10 (Sumber : Software staad pro v8i)



Gambar 6. Hasil lendutan untuk jembatan dengan box beam B.45.45.12 (Sumber : Software staad pro v8i)



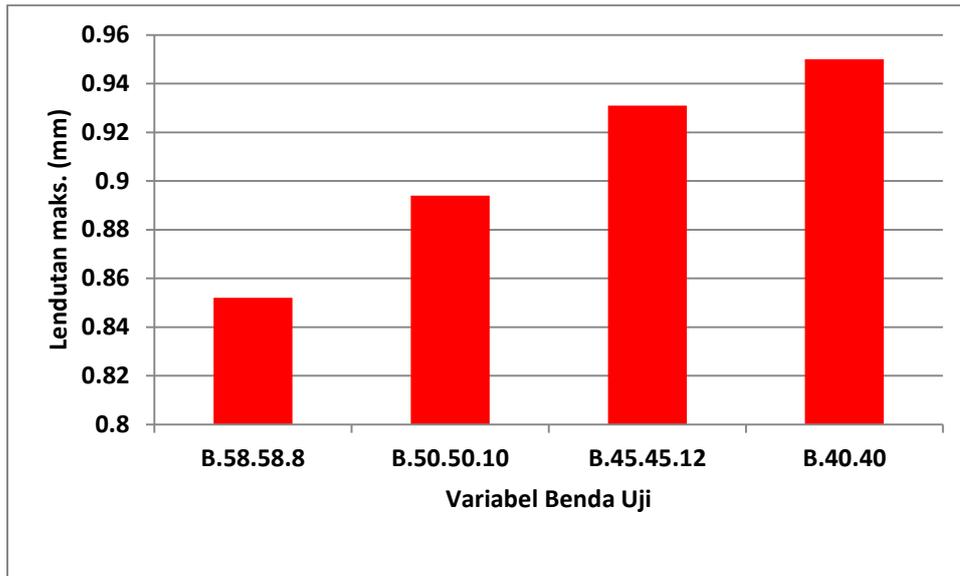
Gambar 7. Hasil lendutan untuk jembatan dengan balok kontrol B.40.40.20 (Sumber : Software staad pro v8i)

Untuk ringkasan lendutan maksimum yang terjadi masing-masing variasi dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Data lendutan kayu kamper hasil permodelan**

Vasiasi (a/t)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Lendutan maksimum (mm)
B.58.58.8	1600	0,852
B.50.50.10	1600	0,894
B.45.45.12	1600	0,931
Balok Konvensional	1600	0,95

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dari perbandingan box beam dan balok kayu biasa ternyata box beam menghasilkan lendutan untuk B.58.58.8 lendutannya 0.852mm. Untuk balok B.50.50.10 lendutan yang terjadi 0.894 mm. Untuk balok B.45.45.12 lendutan yang terjadi 0.931 mm. Sedangkan untuk balok kontrol B.40.40.20 lendutan yang terjadi 0.950 mm. Untuk melihat secara jelas dapat divisualisasikan di Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Perbandingan lendutan maksimum antara box beam dan balok konvensional hasil analisa software Staad Pro

Dari Gambar 8 menunjukkan menunjukkan bahwa dengan adanya box beam tersebut, memberikan informasi penting bahwa box beam dapat memperbesar inersia suatu bahan sehingga kekakuan bahan semakin besar yang dibuktikan dengan lendutan pada jembatan box beam lebih kecil dari pada lendutan pada balok konvensional.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa box beam memiliki lendutan yang lebih kecil dari pada jembatan rangka dengan balok control (konvensional). Dan bisa menjadi rekomendasi pemilihan tipe struktur jembatan bentang pendek untuk Pedesaan karena lebih kaku.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada RISTEKDIKTI yang berperan besar dalam proses penelitian ini.

#### DAFTAR RUJUKAN

- [1] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). Informasi Statistik Infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2015. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [2] Kompas.com. (2015, 16 April). “Judesa” Cocok Dibangun di Desa Terpencil. Diperoleh 1 Juni 2017, dari

<http://properti.kompas.com/read/2015/04/16/092900421/.Judesa.Cocok.Dibangun.di.De.sa.Terpencil>

- [3] Suryoatmono, B. (2013) *Kayu Rekayasa Sebagai Masa Depan Struktur Kayu Indonesia*. Makalah disajikan dalam The 2nd Indonesian Structural Engineering And Materials Symposium, Jurusan Teknik Sipil Universitas Parahyangan, Bandung 7-8 November.
- [4] Tjondro, Adhijoso. (2011) *Balok Dan Kolom Papan Kayu Laminasi- Paku*. Bandung: Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan.
- [5] Karyadi, Sri Murni Dewi, Agoes Soehardjono Md. (2013) Experimental Investigation on Characteristics of Mechanics of Box-Section Beam Made Of Sliced-Laminated Dendrocalamus Asper under Torsion. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 3 (4) : 2614-2619
- [6] Wijaya, S. Handika. (2014). Kekuatan dan Kekakuan Puntir Balok Berpenampang Hollow (Box Beam) dari Kayu Kamper. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Negeri Malang.
- [7] Oka, Gusti Made. (2009) Analisis Rasio Antara Lebar Dan Tinggi Balok Terhadap Perilaku Lentur Kayu Kamper. *Jurnal Smartek*, 7 (1) : 24 – 31
- [8] Putra, Dharma, Sugita, I N., NI Wayan P (2007) Tegangan Geser Ultimit Epoxy-Resin pada Sambungan Balok Kayu yang Dibebani Gaya Tekan Sejajar Serat. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. 11 (2): 165 – 170.

**LUARAN 2**  
**PROSIDING NASIONAL**

# Perbandingan Tegangan Aksial Antara Jembatan Rangka Kayu *Box Beam Section* dan Konvensional Dari Kayu Kamper

Handika Setya Wijaya<sup>1)</sup> Blima Oktaviastuti<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Teknik Sipil, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang

<sup>2)</sup> Teknik Sipil, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang  
Jl. Telaga Warna, Tlogomas, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang  
Email : [handika.civilunitri@gmail.com](mailto:handika.civilunitri@gmail.com)

## Abstrak

Indonesia memiliki lebih dari 80 ribu desa sebagai satuan administrasi terkecil dari NKRI. Setiap desa, setidaknya membutuhkan tiga hingga empat jembatan untuk menyeberangi sungai, dan untuk mengakses fasilitas lainnya. Kebutuhan jembatan yang banyak tersebut tidak dibarengi dengan anggaran negara yang dialokasikan terhadap pembangunan jembatan di desa-desa. Salah satu alternative konstruksi jembatan adalah dari material kayu juga merupakan material yang terbaharukan. Kendala dalam penggunaan kayu untuk konstruksi bangunan adalah kelangkaan kayu dengan dimensi besar. Untuk menanggulangi masalah tersebut, maka munculah kayu rekayasa (*engineered wood*), salah satunya yaitu *box beam*.

*Box beam* terbukti dapat meningkatkan inersia suatu bahan jika dibandingkan balok kayu konvensional dengan luas penampang sama. Penelitian ini bertujuan untuk mencari perbandingan kekuatan antara jembatan kayu konvensional dan jembatan kayu menggunakan elemen *box beam* dari Kayu Kamper Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dari perbandingan *box beam* dan balok kayu biasa ternyata *box beam* menghasilkan tegangan 0,129 MPa dan Balok konvensional sebesar 0,142 MPa. Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa *box beam* memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi dari pada kayu solid dengan luas penampang yang sama. Dan bisa menjadi rekomendasi pemilihan tipe struktur jembatan bentang pendek untuk Pedesaan karena lebih ekonomis dan kuat.

**Kata kunci:** jembatan, tegangan aksial, *Box-Beam* Kayu.

## Abstract

Indonesia has more than 80 thousand villages as the smallest administrative unit of the Republic of Indonesia. Each village needs at least three to four bridges to cross the river, and to access other facilities. The many bridge needs are not accompanied by the state budget allocated to the construction of bridges in villages. One alternative bridge construction is from wood material is also a renewable material. Constraints in the use of wood for building construction are the scarcity of wood with large dimensions. To overcome this problem, there is engineering wood (*engineering wood*), one of which is the *box beam*. *Box beams* are proven to increase the inertia of a material when compared to conventional wooden beams with the same cross-sectional area. This study aims to find a comparison of the strengths between conventional wooden bridges and wooden bridges using *Camper box beam* elements. The results of this study indicate that from the comparison of *box beams* and ordinary wood beams it turns out that the *box beam* produces a voltage of 0.129 MPa and a conventional beam of 0.142 MPa. Based on the results of the study it can be concluded that the *box beam* has a higher compressive strength than solid wood with the same cross-sectional area. And can be a recommendation for the selection of short span bridge structures for Rural because it is more economical and strong.

**Keyword:** Bridge, Axial Stress, Wood *Box-Beam*.

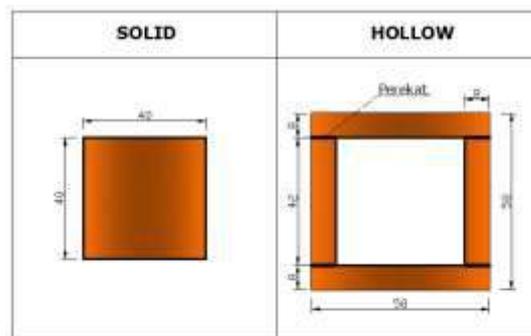
## 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki lebih dari 80 ribu desa sebagai satuan administrasi terkecil dari NKRI. Setiap desa, setidaknya membutuhkan tiga hingga empat jembatan untuk menyeberangi sungai, dan untuk mengakses fasilitas lainnya. Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2015 yaitu Waskito Pandu menyatakan bahwa kebutuhan jembatan sangat besar karena masyarakat memerlukan prasarana yang seringnya tidak tersedia di daerahnya, misalnya sekolah dan puskesmas [1].

Kebutuhan jembatan yang banyak tersebut tidak dibarengi dengan anggaran negara yang dialokasikan terhadap pembangunan jembatan di desa-desa. Karena pembangunan jembatan membutuhkan biaya yang relatif mahal. Teknologi terkini dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam membangun jembatan di desa adalah teknologi “Judesa” yaitu kependekan dari Jembatan untuk Desa-Asimetris. Material yang digunakan berasal dari bahan fabrikasi yang dikirim ke pelosok-pelosok desa [2] Teknologi Judesa telah dianggap sebagai jembatan yang ekonomis padahal anggaran yang dikeluarkan relatif besar yaitu 370 juta.

Pemilihan kayu sebagai material utama jembatan bukan tanpa alasan. Suryoatmono (2013) menyatakan bahwa sekarang ini persyaratan desain struktur selain harus memenuhi kekuatan dan daya layan tetapi juga harus memenuhi persyaratan ramah lingkungan dan hemat energi. Maka dai itu kayu adalah jawabannya. Kayu adalah material yang paling ramah lingkungan dibandingkan dengan material lain, yaitu beton dan baja. Berdasarkan laporan APA dalam Suryoatomo (2013), kebutuhan energi untuk menghasilkan 1 ton material semen, kaca, dan baja berturut-turut adalah 5 kali, 14 kali, dan 24 kali kebutuhan untuk menghasilkan 1 ton material kayu [3].

Kendala dalam penggunaan kayu untuk konstruksi bangunan adalah kelangkaan kayu dengan dimensi yang besar. Untuk menanggulangi masalah tersebut, maka munculah balok kayu rekayasa (*engineered wood*), salah satunya adalah *box-beam* [4]. Penampang *hollow* terbukti dapat meningkatkan kegunaan material yaitu dapat meningkatkan besarnya inersia secara signifikan jika dibandingkan dengan kayu solid dengan luas penampang yang sama [5]. Bentuk penampang box beam dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 2.3 Perbandingan penampang balok solid dan box beam dengan luas penampang sama (Sumber : Wijaya, 2014[6])

Kayu kamper (*Dryoblanas sp.*) adalah kayu yang digunakan dalam kebanyakan konstruksi bangunan. Kayu kamper tahan terhadap bubuk kayu, mempunyai kembang susut yang sedikit dan mudah diolah. Hal ini menjadikan kayu kamper banyak dipakai untuk bahan bangunan [7] Modulus elastisitas kayu kamper pada kadar air 13,79% yaitu 14783,58 MPa [8]

Berdasarkan kondisi tersebut maka penelitian bertujuan untuk mencari perbandingan kekuatan antara jembatan kayu konvensional dan jembatan kayu menggunakan elemen box beam dari Kayu Kamper.

## 2. METODE

### 2.1 Karakteristik Kayu Kamper

Jembatan box beam ini menggunakan material kayu kamper yang didukung data-data sifat-sifat fisik dan sifat mekanis yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2 Sifat fisik dan mekanik

<b>Nama Komersial</b>	Kapur
<b>Warna kayu</b>	Kayu teras warna merah dan kayu gubal warna putih sampai coklat kuning muda
<b>Tekstur</b>	Agak kasar dan merata
<b>Kelas awet</b>	II-III
<b>Kelas kuat</b>	I-II
<b>Kembang susut</b>	Sedang
<b>Berat jenis kering</b>	0.0008 kg/cm <sup>3</sup>
<b>Modulus elastisitas</b>	100.000 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Kegunaan</b>	Kayu bangunan, plywood kayu, lantai, papan, dll.

### 2.2 Metode Analisis Jembatan Rangka Kayu

Pada penelitian ini, analisis struktur rangka jembatan kayu akan dianalisis dengan menggunakan software Staad Pro 2004 yang merupakan software dengan pendekatan metode elemen hingga. Konfigurasi beberapa rangka yang dihitung adalah PRATT Truss yang dianalisis mulai dari input geometri struktur, pembebanan, dan tumpuannya yang akhirnya akan gaya-gaya aksial tarik dan tekan. Gaya aksial merupakan aspek dari kekuatan jembatan rangka kayu. Kekuatan tersebut akan dikawinkan dengan berat jembatan yang terdapat pada masing masing rangka. Rasio antara kekuatan dan berat jembatan yang terkecil yang merupakan indikator efisiensi penggunaan material sehingga akan tercipta konfigurasi struktur rangka jembatan yang kuat dan ekonomis.

### 2.3 Pemodelan Struktur Jembatan Rangka

Struktur jembatan rangka kayu ini merupakan permodelan struktur jembatan sebenarnya dikenai skala 1 : 10 yang dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Data pemodelan struktur jembatan rangka

<b>Bentang teoritis</b>	1.0 meter
<b>Tinggi jembatan</b>	0.25 meter
<b>Lantai jembatan</b>	Jembatan rangka kayu dengan lantai kendaraan di bawah (Trough Type Truss)
<b>Lantai jembatan</b>	Multipleks 3 mm
<b>Jumlah segmen</b>	4 segmen
<b>Tumpuan/ perletakan</b>	Sendi dan rol
<b>Sambungan</b>	Paku
<b>Material</b>	Kayu Kamper

### 2.4 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dari riset ini yaitu terdapat 2 variabel yaitu variable pertama yaitu Box beam dengan ukuran 58x58mm dengan tebal 8 mm. sedangkan variable kedua yaitu 40x40mm (Balok kontrol). Kedua variable tersebut memiliki persamaan yaitu luas penampang yang sama. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Ukuran benda uji

Variasi	Dimensi penampang (mm)			Luas penampang (mm <sup>2</sup> )
	b	h	t	
Box Beam	58	58	8	1600
Balok Konvensional	40	40	20	1600

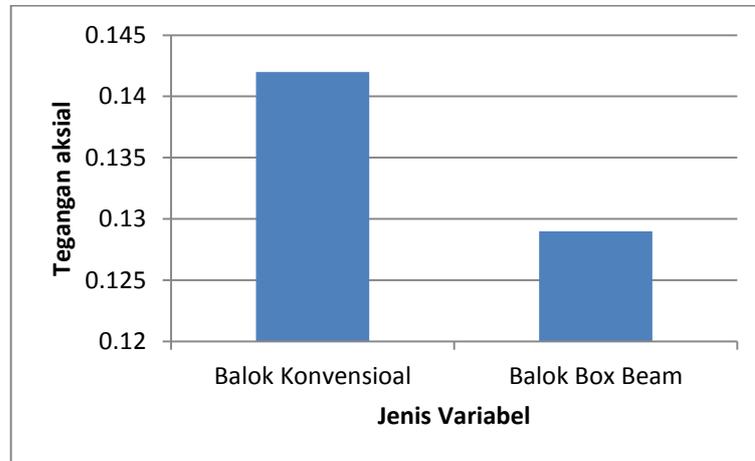
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Indikator kekuatan puntir dari penelitian ini adalah Tegangan aksial yang terjadi dengan beban 30 kg. Data Tegangan aksial masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data tegangan aksial kayu kamper hasil permodelan

Vasiasi (a/t)	Gaya aksial Max (N)	Luas (mm)	Tegangan aksial (MPa)
Box Beam	207,80	1600	0,129
Balok Konvensional	228,30	1600	0,142

Dari perbandingan box beam dan balok kayu biasa ternyata box beam menghasilkan tegangan 0,129 MPa dan Balok konvensional sebesar 0,142 MPa. Untuk melihat secara jelas dapat divisualisasikan di Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Perbandingan tegangan aksial antara box beam dan balok konvensional hasil analisa software Staad Pro

Dari Gambar 2 menunjukkan menunjukkan bahwa dengan adanya box beam tersebut, memberikan informasi penting bahwa box beam dapat memperbesar inersia suatu bahan sehingga tegangan aksial akan lebih kecil (lebih aman) dari pada balok kayu konvensional dengan luas penampang yang sama.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa *box beam* memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi dari pada kayu solid dengan luas penampang yang sama. Dan bisa menjadi rekomendasi pemilihan tipe struktur jembatan bentang pendek untuk Pedesaan karena lebih ekonomis dan kuat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada RISTEKDIKTI yang berperan besar dalam proses penelitian ini.

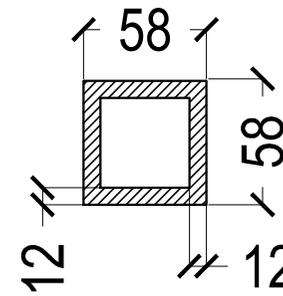
#### DAFTAR RUJUKAN

- [1] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). Informasi Statistik Infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2015. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [2] Kompas.com. (2015, 16 April). “Judesa” Cocok Dibangun di Desa Terpencil. Diperoleh 1 Juni 2017, dari

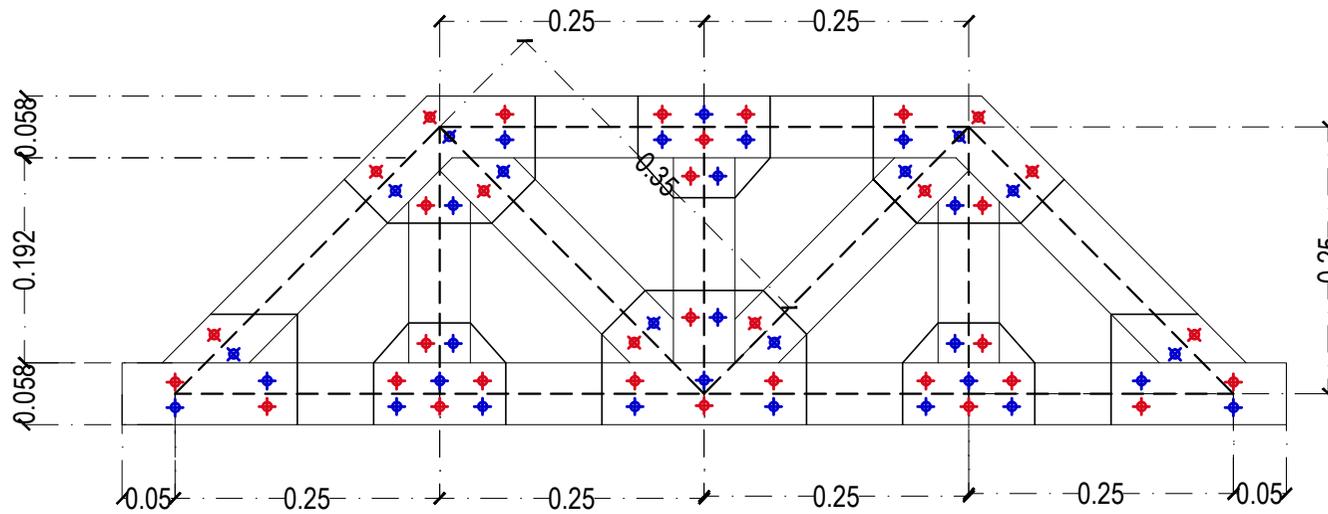
<http://properti.kompas.com/read/2015/04/16/092900421/.Judesa.Cocok.Dibangun.di.Des.a.Terpencil>

- [3] Suryoatmono, B. (2013) *Kayu Rekayasa Sebagai Masa Depan Struktur Kayu Indonesia*. Makalah disajikan dalam The 2nd Indonesian Structural Engineering And Materials Symposium, Jurusan Teknik Sipil Universitas Parahyangan, Bandung 7-8 November.
- [4] Tjondro, Adhijoso. (2011) *Balok Dan Kolom Papan Kayu Laminasi- Paku*. Bandung: Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan.
- [5] Karyadi, Sri Murni Dewi, Agoes Soehardjono Md. (2013) Experimental Investigation on Characteristics of Mechanics of Box-Section Beam Made Of Sliced-Laminated Dendrocalamus Asper under Torsion. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 3 (4) : 2614-2619
- [6] Wijaya, S. Handika. (2014). Kekuatan dan Kekakuan Puntir Balok Berpenampang Hollow (Box Beam) dari Kayu Kamper. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Negeri Malang.
- [7] Oka, Gusti Made. (2009) Analisis Rasio Antara Lebar Dan Tinggi Balok Terhadap Perilaku Lentur Kayu Kamper. *Jurnal Smartek*, 7 (1) : 24 – 31
- [8] Putra, Dharma, Sugita, I N., NI Wayan P (2007) Tegangan Geser Ultimit Epoxy-Resin pada Sambungan Balok Kayu yang Dibebeani Gaya Tekan Sejajar Serat. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. 11 (2): 165 – 170.

**LUARAN 3**  
**PRODUK DESAIN**



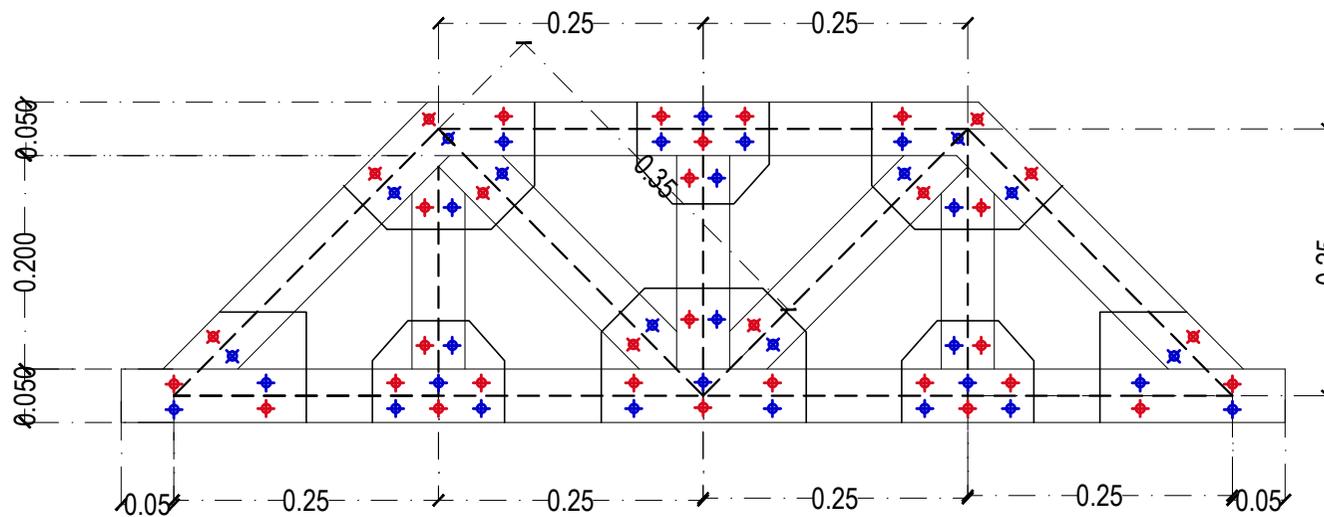
DETAIL VARIASI 1  
SKALA 1 : 2,5

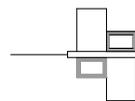


VARIASI 1 (58X58X8)  
SKALA 1 : 5

JMLH 1 BH PEREKAT  
JMLH 1 BH PAKU

NAMA PROYEK		
LOKASI PROYEK		
KETERANGAN		
DIGAMBAR OLEH		TTD
JUDUL GAMBAR		SKALA
KODE	NO	JUMLAH




**VARIASI 2 (50X50X10)**  
 SKALA 1 : 5

**JMLH 1 BH PEREKAT**  
**JMLH 1 BH PAKU**

NAMA PROYEK

LOKASI PROYEK

KETERANGAN

DIGAMBAR OLEH

TTD

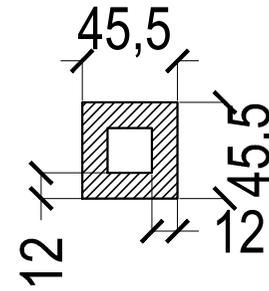
JUDUL GAMBAR

SKALA

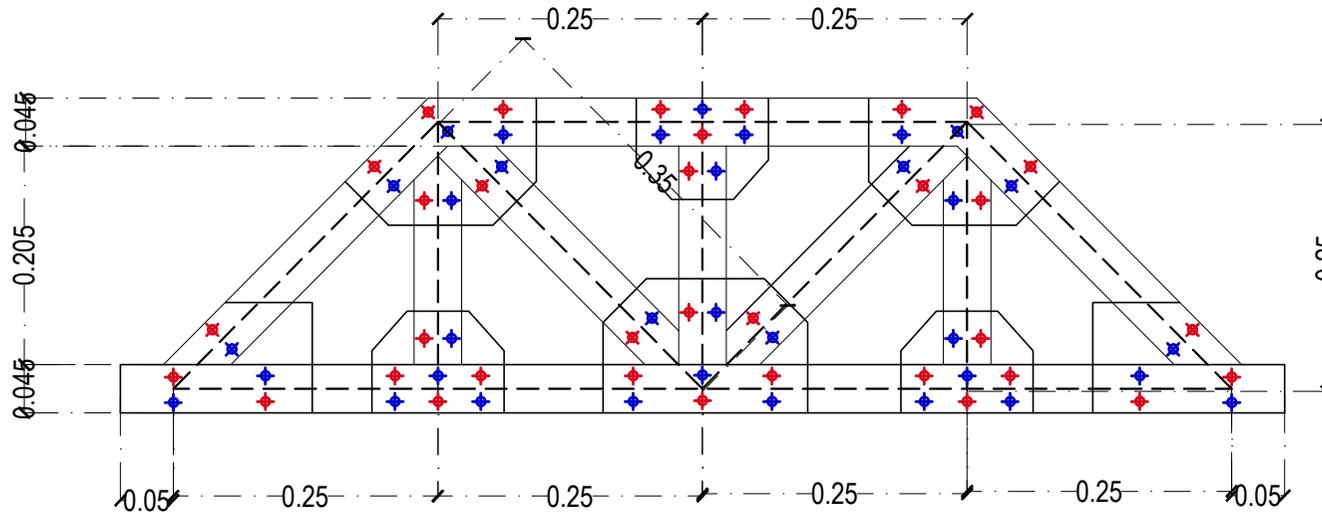
KODE

NO

JUMLAH



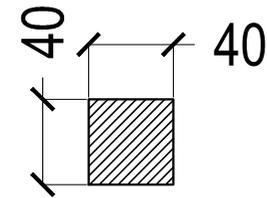
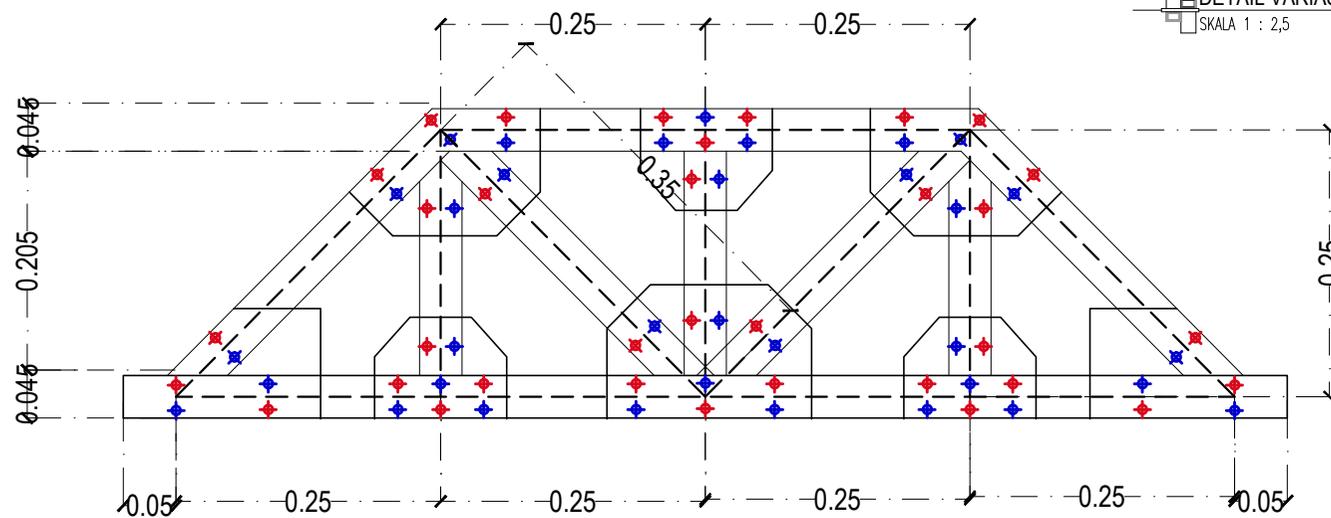
DETAIL VARIASI 3  
SKALA 1 : 2,5



VARIASI 3 (45X45X12)  
SKALA 1 : 5

JMLH 1 BH PEREKAT  
JMLH 1 BH PAKU

NAMA PROYEK		
LOKASI PROYEK		
KETERANGAN		
DIGAMBAR OLEH		TTD
JUDUL GAMBAR		SKALA
KODE	NO	JUMLAH



DETAIL VARIASI 4  
SKALA 1 : 2,5

VARIASI 4 (40X40)  
SKALA 1 : 5

JMLH 1 BH PEREKAT  
JMLH 1 BH PAKU

NAMA PROYEK

LOKASI PROYEK

KETERANGAN

DIGAMBAR OLEH

TTD

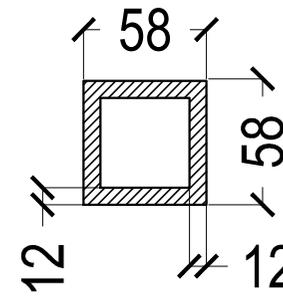
JUDUL GAMBAR

SKALA

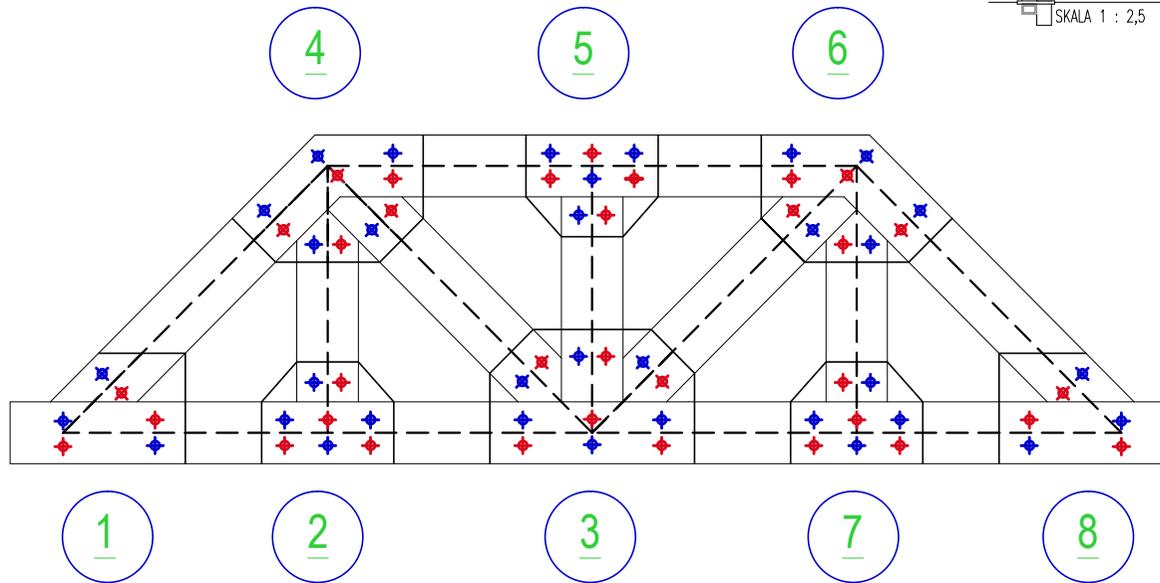
KODE

NO

JUMLAH



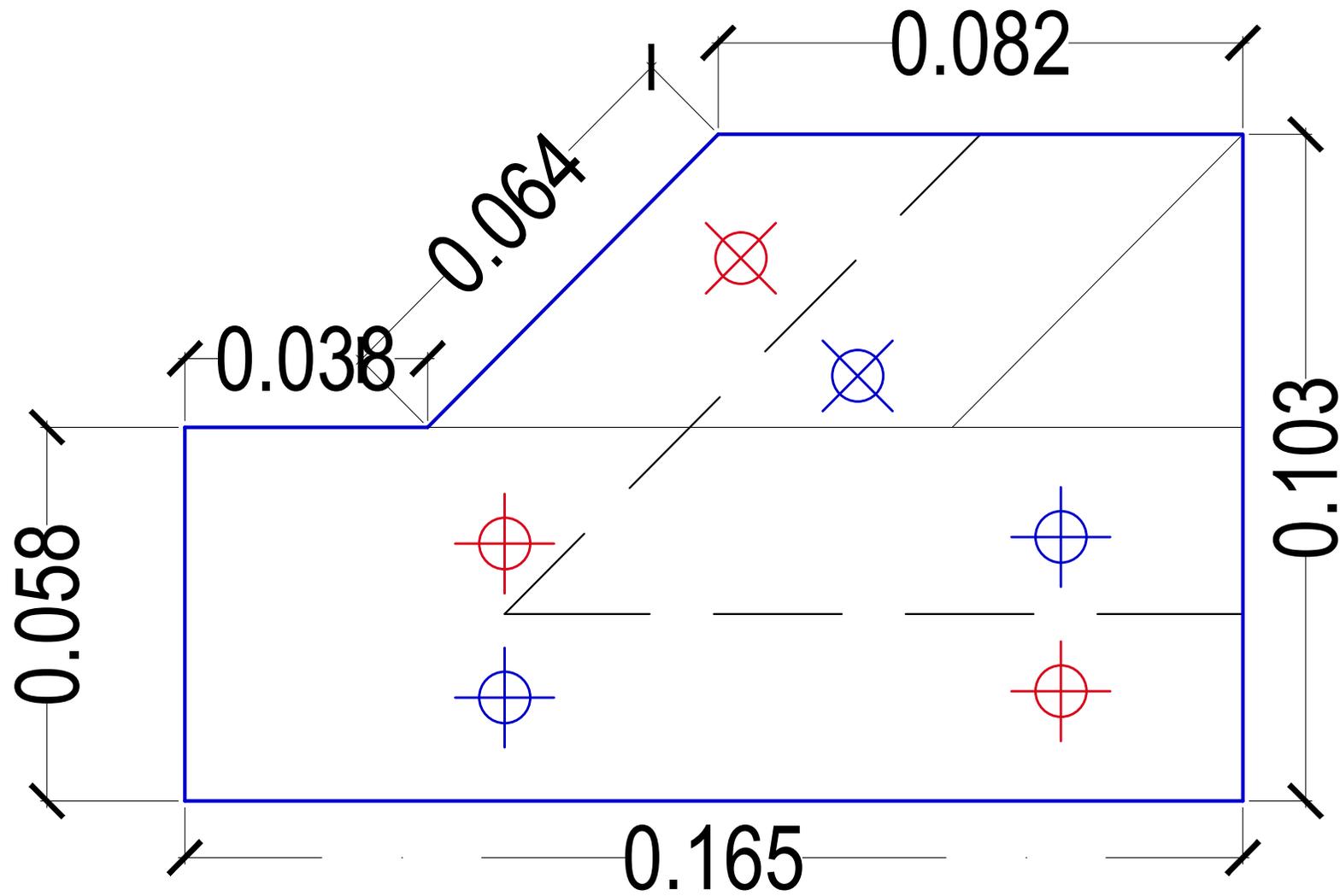
DETAIL VARIASI 1  
SKALA 1 : 2,5

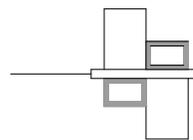


DENAH SAMBUNAN SISI KANAN  
SKALA 1 : 5

JMLH 1 BH PEREKAT  
JMLH 1 BH PAKU

NAMA PROYEK		
LOKASI PROYEK		
KETERANGAN		
DIGAMBAR OLEH		TTD
JUDUL GAMBAR		SKALA
KODE	NO	JUMLAH




**BUHUL NO. (1)**  
 SKALA 1 : 1

NAMA PROYEK

LOKASI PROYEK

KETERANGAN

DIGAMBAR OLEH

TTD

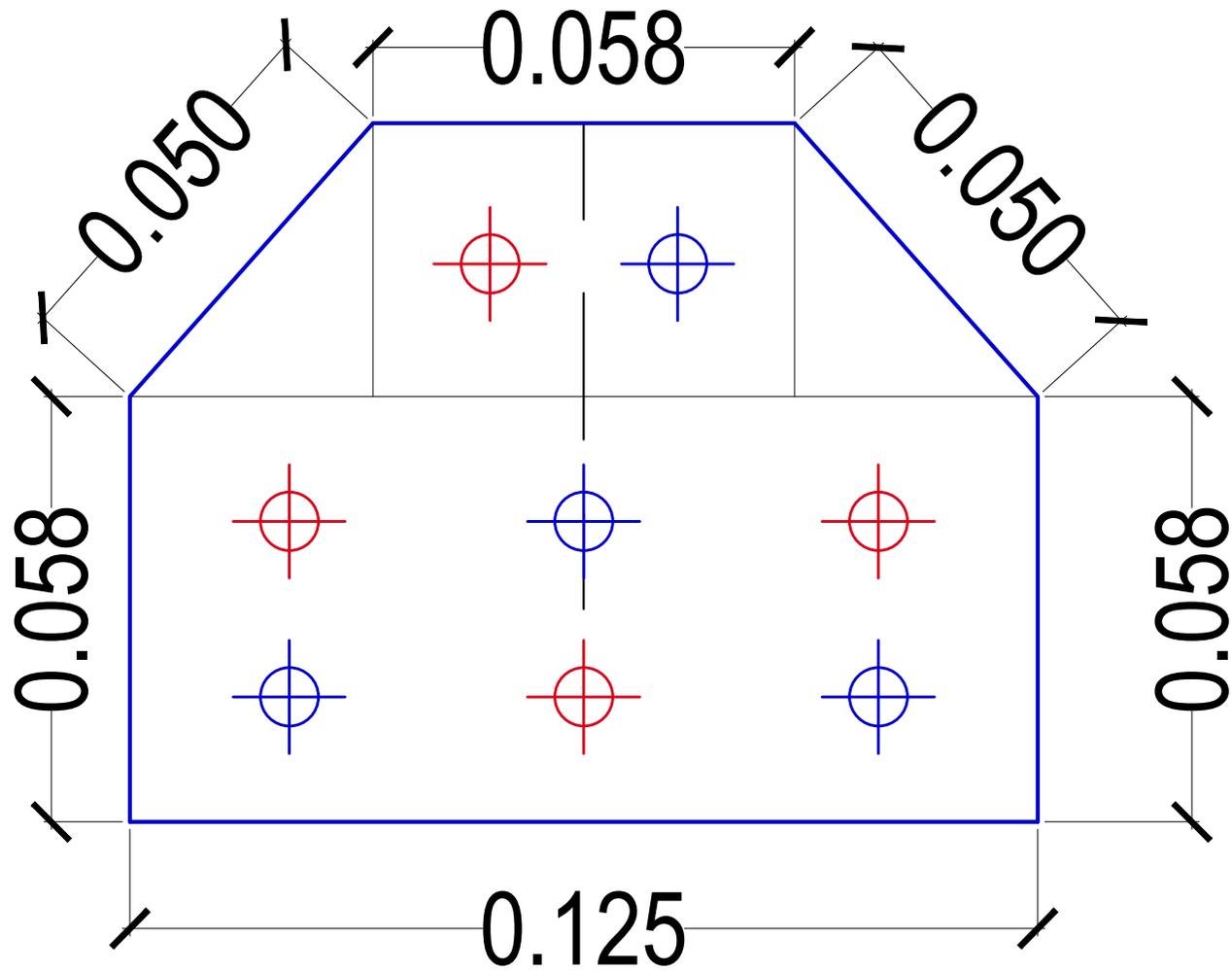
JUDUL GAMBAR

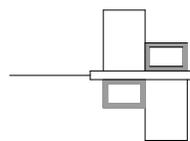
SKALA

KODE

NO

JUMLAH




**BUHUL NO. (2)**  
 SKALA 1 : 1

NAMA PROYEK

LOKASI PROYEK

KETERANGAN

DIGAMBAR OLEH

TTD

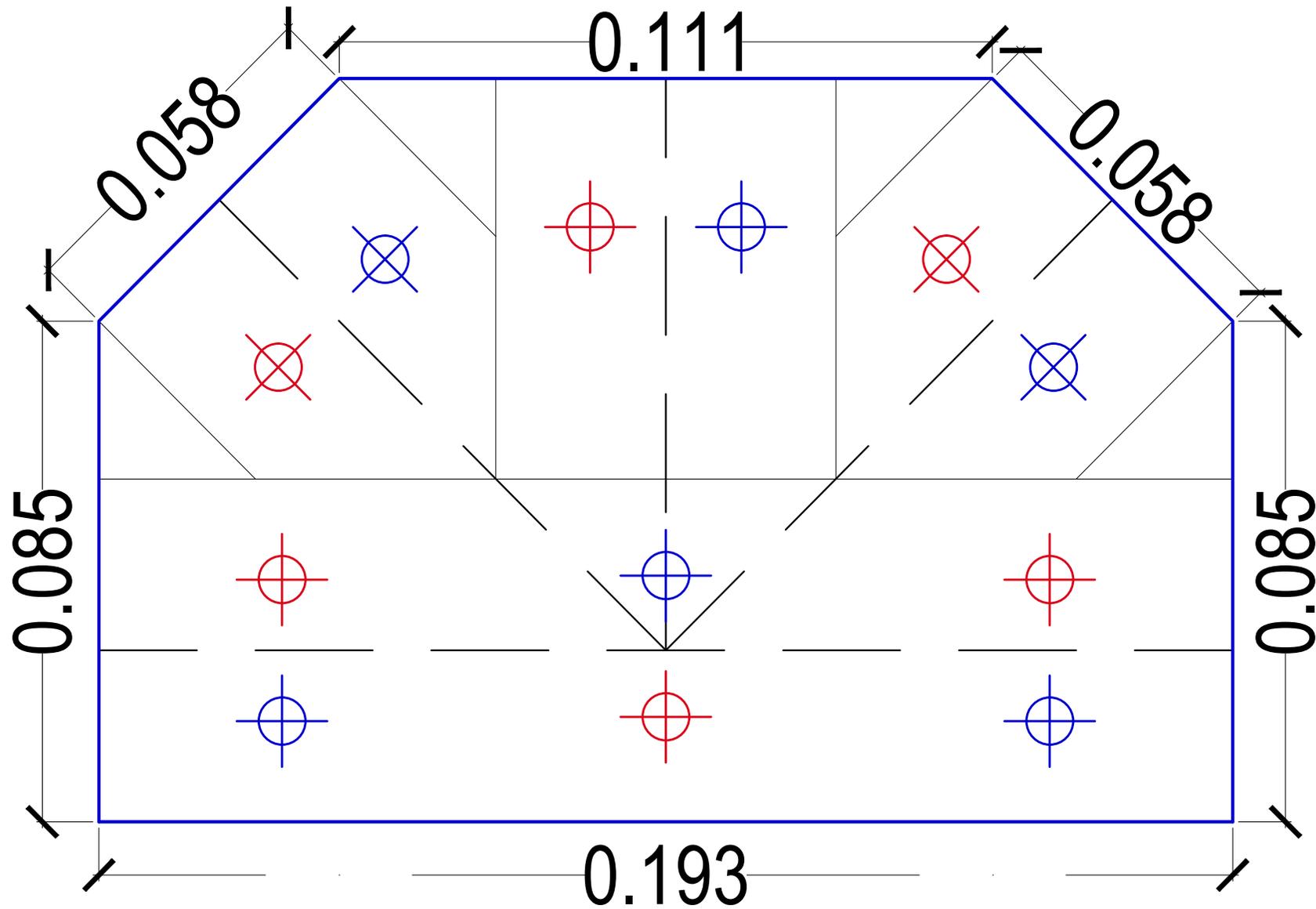
JUDUL GAMBAR

SKALA

KODE

NO

JUMLAH



BUHUL NO. (3)

SKALA 1 : 1

NAMA PROYEK

LOKASI PROYEK

KETERANGAN

DIGAMBAR OLEH

TTD

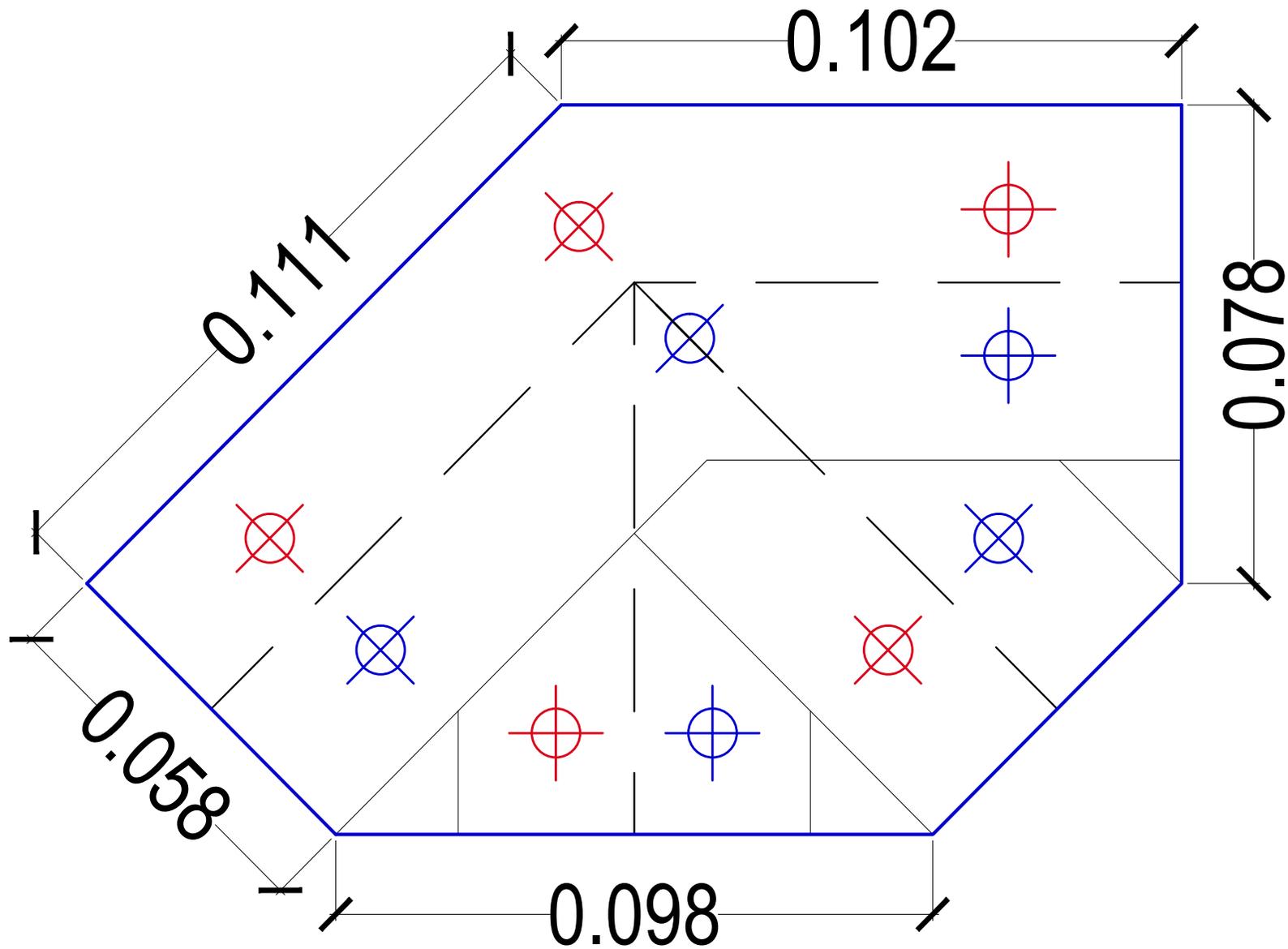
JUDUL GAMBAR

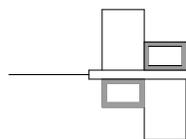
SKALA

KODE

NO

JUMLAH




**BUHUL NO. (4)**  
 SKALA 1 : 1

NAMA PROYEK

LOKASI PROYEK

KETERANGAN

DIGAMBAR OLEH

TTD

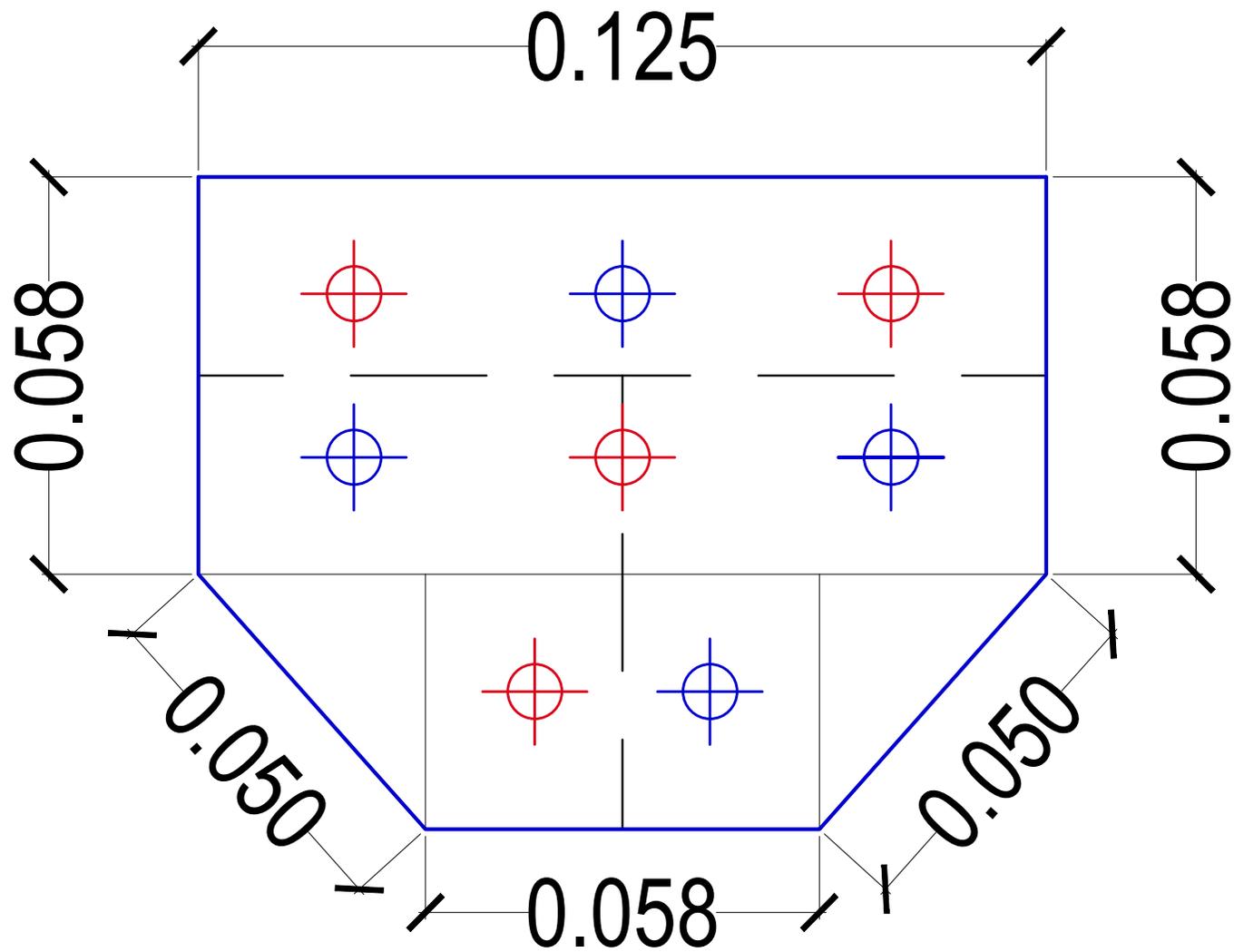
JUDUL GAMBAR

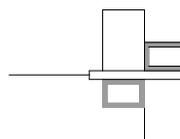
SKALA

KODE

NO

JUMLAH




**BUHUL NO. (5)**  
 SKALA 1 : 1

NAMA PROYEK

LOKASI PROYEK

KETERANGAN

DIGAMBAR OLEH

TTD

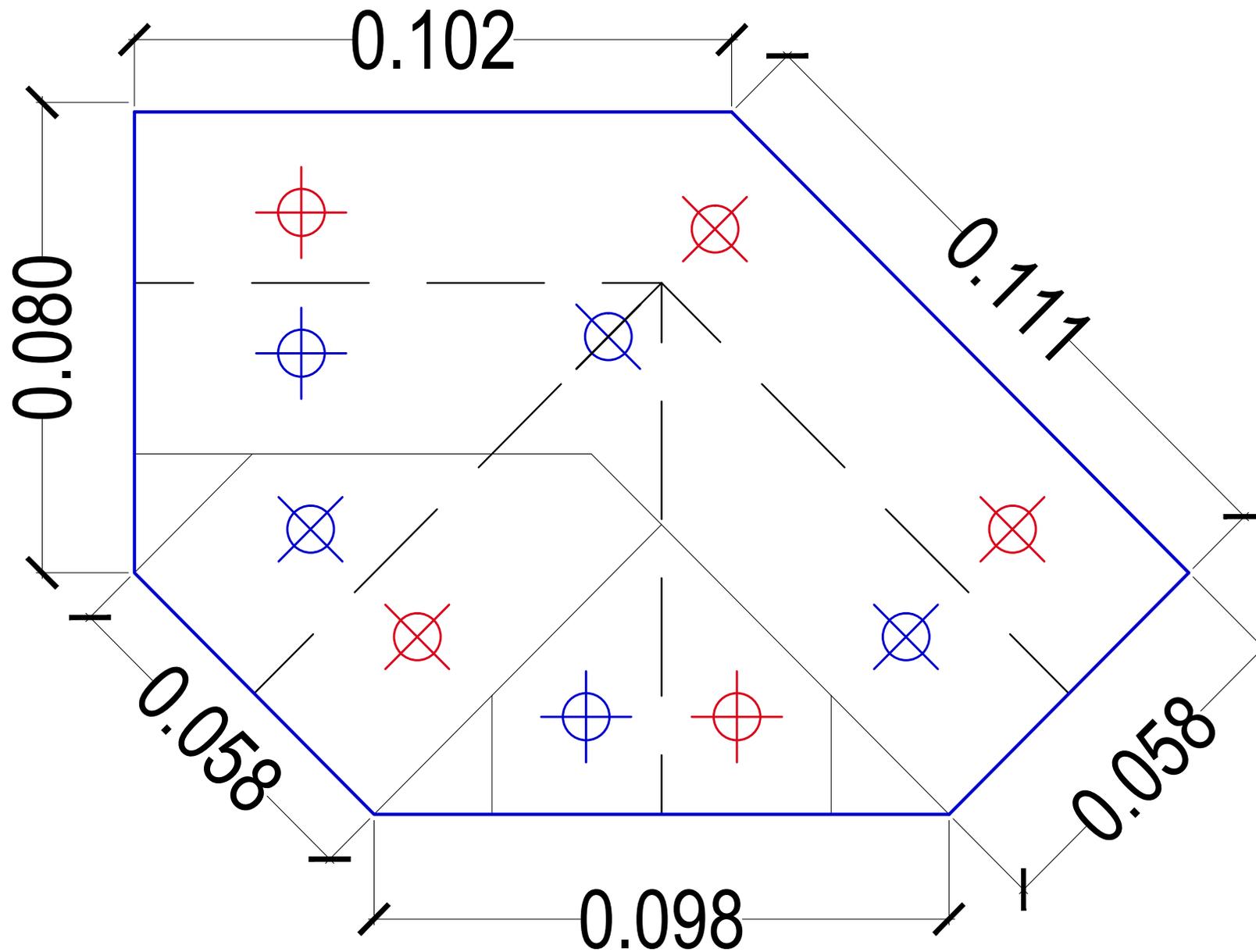
JUDUL GAMBAR

SKALA

KODE

NO

JUMLAH



BUHUL NO. (6)  
 SKALA 1 : 1

NAMA PROYEK

LOKASI PROYEK

KETERANGAN

DIGAMBAR OLEH

TTD

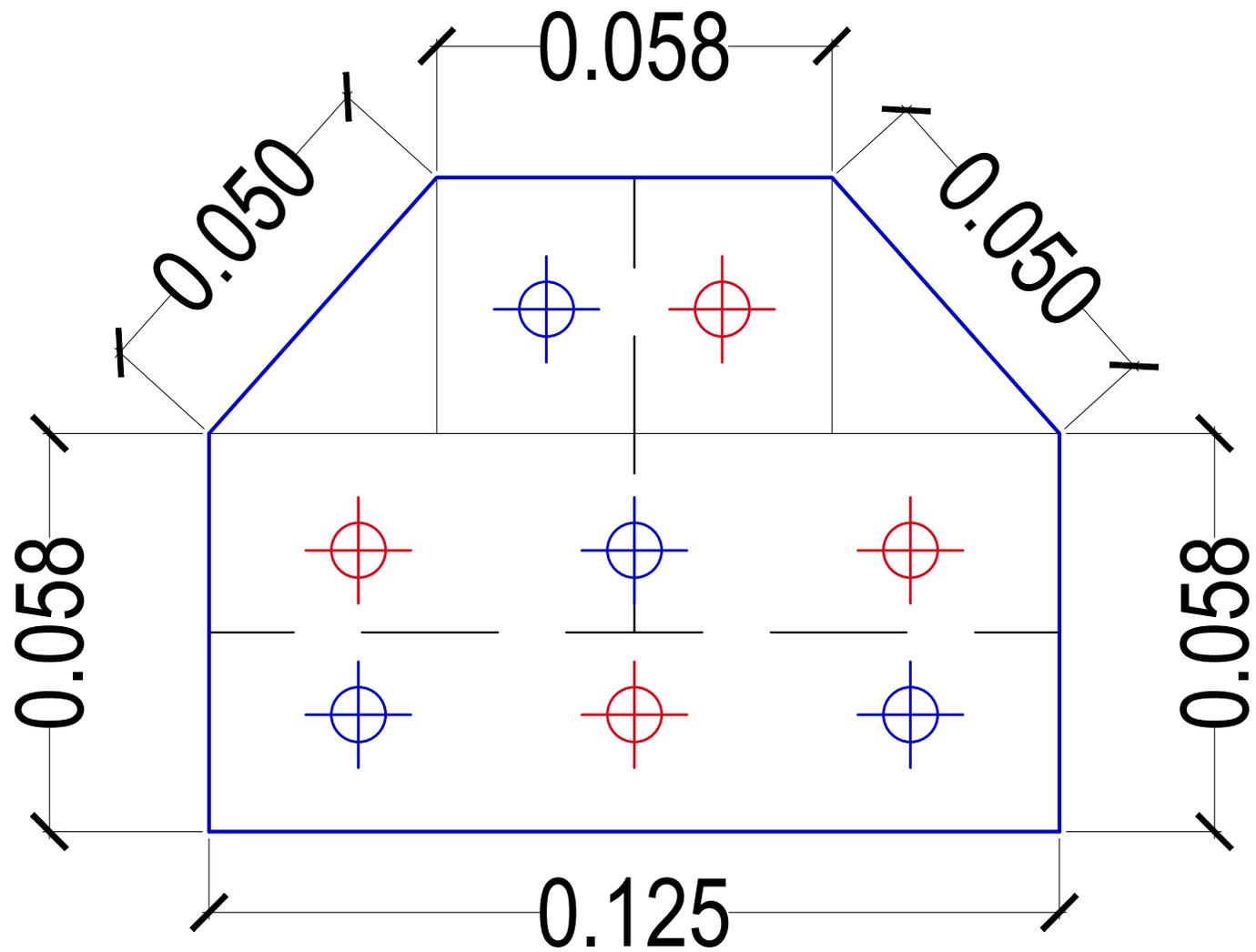
JUDUL GAMBAR

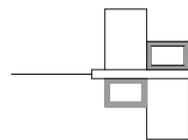
SKALA

KODE

NO

JUMLAH




**BUHUL NO. (7)**  
 SKALA 1 : 1

NAMA PROYEK

LOKASI PROYEK

KETERANGAN

DIGAMBAR OLEH

TTD

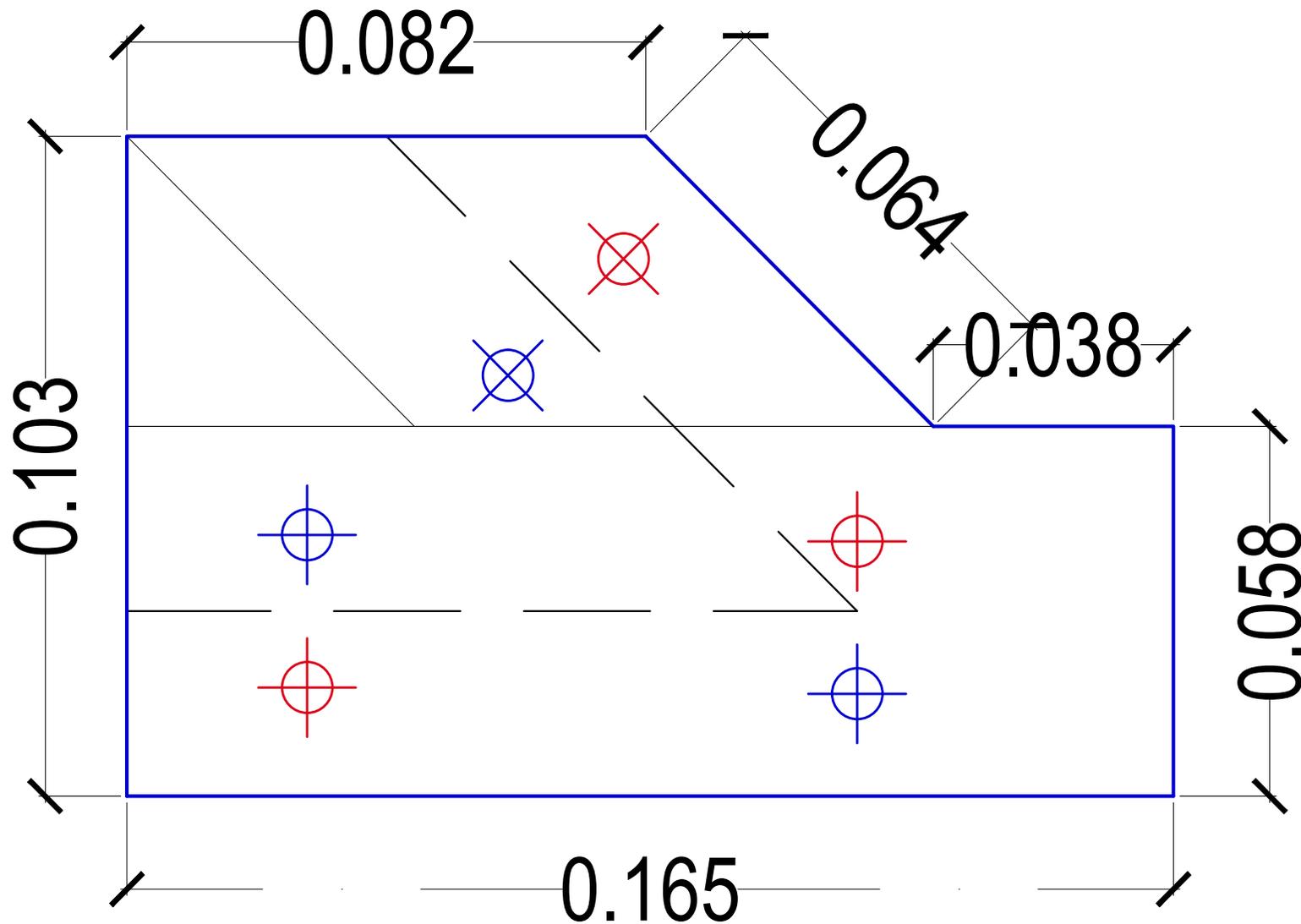
JUDUL GAMBAR

SKALA

KODE

NO

JUMLAH



0.165

BUHUL NO. (8)

SKALA 1 : 1

NAMA PROYEK

LOKASI PROYEK

KETERANGAN

DIGAMBAR OLEH

TTD

JUDUL GAMBAR

SKALA

KODE

NO

JUMLAH