

## Penelitian Eksperimental Geser-Friksi Sambungan Tiang Kayu Lontar (*Borassus flabellifer*) dengan Batu pada Rumah Tradisional *Ammu Hawu* (NTT)

I Ketut Suwantara

Balai Pengembangan Teknologi Perumahan Tradisional Denpasar,  
Puslitbang Permukiman, Badan Litbang, Kementerian Pekerjaan Umum  
Jalan Danau Tamblingan No. 49 Sanur, Denpasar, E-mail: tara\_iwan@yahoo.com

Rusli

Balai Pengembangan Teknologi Perumahan Tradisional Denpasar,  
Puslitbang Permukiman, Badan Litbang, Kementerian Pekerjaan Umum  
Jalan Danau Tamblingan No. 49 Sanur, Denpasar, E-mail: rslpld2008@gmail.com

### Abstrak

*Ammu Hawu* sebagai rumah tradisional asli Indonesia memiliki sistem struktur tiang-tiang di atas pondasi batu. Jenis pondasi batu/umpak yang sering digunakan pada bangunan tradisional mampu meningkatkan kinerja struktur secara keseluruhan akibat gaya lateral. Perilaku ini dikenal sebagai sistem base isolation, cara populer untuk melindungi struktur dari gaya lateral yang ditimbulkan akibat gempa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter nilai friksi yang terjadi pada sambungan tiang dengan batu. Penelitian ini dilakukan melalui pengujian eksperimental di laboratorium dengan jumlah benda uji 3 (tiga) buah. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban aksial konstan (terdapat 3 variasi beban aksial untuk masing-masing benda uji) dan beban lateral bertahap sampai dengan kondisi permukaan penampang kayu Lontar (*Borassus flabellifer*) dan batu mengalami kondisi slip. Nilai friksi dihitung dengan membandingkan kedua beban tersebut. Hasil penelitian menunjukkan besarnya friksi yang terjadi antara kayu Lontar berbentuk silindris dengan batu adalah sebesar  $m = 0,35$ . Nilai friksi yang diperoleh dari penelitian ini direkomendasikan sebagai parameter nilai friksi antara kayu Lontar dengan batu.

**Kata-kata Kunci:** *Ammu hawu*, kayu lontar (*borassus flabellifer*), batu, nilai friksi, eksperimental.

### Abstract

*Ammu Hawu* been native traditional houses in Indonesia have poles above the stone foundation structure system. This type were often used in traditional houses, it can improve overall structure performance due to lateral forces. This behavior is known as base isolation system, the popular ways to protect the structure from lateral force. The objective of this research is to recognize friction value parameter that occur in pole-stone foundation connection. This research was conducted through experimental testing in laboratory with 3 specimen tests. Testing was done by providing constant axial load (there were 3 variations of axial load each specimens) and lateral load incrementally until the papyrus (*Borassus flabellifer*) and stone surface conditions slipped. Friction value was calculated by comparing both of the loads. Result shown friction between papyrus and stone was equal to  $m = 0.35$ . This friction value obtained to recommended as a parameter value to the friction between papyrus and stone.

**Kata-kata Kunci:** *Ammu hawu*, papyrus (*borassus flabellifer*), stone, friction value, eksperimental.

### 1. Pendahuluan

*Ammu Hawu* merupakan rumah tradisional masyarakat Sabu yang terletak di pulau Sabu, Propinsi Nusa Tenggara Timur. Pulau sabu merupakan pulau kecil yang dikelilingi laut sehingga beriklim tropis. Iklim ini sangat sesuai untuk tumbuhnya tanaman sejenis palem. Jenis yang paling banyak tumbuh adalah pohon Lontar.

Lontar digunakan sebagai bahan utama untuk struktur rumah tradisional *Ammu Hawu*. Rumah dengan tipologi seperti perahu terbalik berfungsi sebagai tempat tinggal. Bentuk rumah panggung dengan tinggi kurang lebih 1,5 m dari muka tanah. Kayu Lontar (*Borassus flabellifer*) utamanya digunakan sebagai tiang-tiang struktur yang berdiri di atas umpak/batu. Rumah tradisional *Ammu Hawu* dibuat berdasarkan pengetahuan turun temurun,

salah satunya adalah teknologi yang memanfaatkan batu sebagai pondasi rumah.

Meskipun pada jaman dulu belum ada teori-teori struktur, namun nenek moyang kita dapat menciptakan pondasi yang mampu mempertahankan struktur bangunan sehingga tidak runtuh pada saat terjadi gempa besar. Sebagai contoh rumah *Omo Hada* yang terdapat di Nias, Sumatera Utara dan *Uma Lengge* yang terdapat di Mbawa, Nusa Tenggara Barat. Kedua rumah tradisional asli Indonesia ini menggunakan umpak/batu sebagai pondasi, tiang-tiang hanya diletakkan di atas umpak/batu tanpa menggunakan sambungan khusus, hal ini terbukti, rumah tradisional *Omo Hada* ketika terjadi gempa Nias (tahun 2005) dengan kekuatan 8,7 skala Richter tidak mengalami keruntuhan secara struktural (Suara Merdeka, 2005). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa tiang-tiang rumah yang ditanam memiliki tegangan yang besar ketika mendapat beban gempa (Pudjisuryadi, dkk., 2007). Hal ini menyebabkan terjadinya kegagalan komponen struktur. Apabila tiang-tiang penyangga struktur hanya bertumpu pada batu, maka tegangan yang terjadi jauh lebih kecil sehingga tidak menyebabkan kegagalan struktur.

Tiang-tiang yang bertumpu pada sebuah batu berlaku sebagai *base isolation* pada rumah tradisional. Sistem ini disebut *base isolation* karena tiang-tiang tidak bersentuhan langsung dengan tanah, melainkan bertumpu pada sebuah batu. Akibatnya rumah tradisional ini dapat bergeser dari tempat asalnya ketika menerima beban lateral gempa. Selain itu dapat menimbulkan efek redaman terhadap getaran gempa bumi (Pudjisuryadi, dkk., 2007). Hal ini menjadi sangat penting untuk diteliti, bagaimana suatu struktur dapat bertahan dengan pondasi yang hanya diletakkan pada sebuah batu.

Pada masa sekarang telah berkembang teori yang menyatakan bahwa *base isolation* merupakan cara populer untuk melindungi struktur bangunan terhadap gaya gempa. Sistem ini merupakan kumpulan elemen struktural substansial yang memisahkan suatu suprastruktur dari substruktur yang bertumpu pada tanah bergetar sehingga melindungi integritas struktur

bangunan atau non-bangunan (Datta, 2010). Prinsip tersebut dapat dilihat pada penerapan umpak batu sebagai pondasi pada **Gambar 1**. Keberadaan umpak batu sebagai pondasi mampu menimbulkan efek gesekan yang diakibatkan oleh tahanan antara batu dengan kayu sebagai elemen struktural, namun belum diketahui secara pasti besar gesekan yang terjadi pada sistem tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter nilai friksi yang terjadi antara tiang kayu Lontar yang berpenampang silindris dengan batu. Penelitian ini dilakukan melalui pengujian eksperimental di laboratorium dengan jumlah benda uji sebanyak 3 (tiga) spesimen, pengujian dilakukan dengan memberikan beban aksial konstan (terdapat 3 variasi beban aksial untuk masing-masing benda uji) dan beban lateral bertahap sampai dengan kondisi permukaan penampang kayu Lontar dengan batu mengalami kondisi *slip*. Nilai friksi dihitung dengan membandingkan kedua beban tersebut.

## 2. Tinjauan Literatur

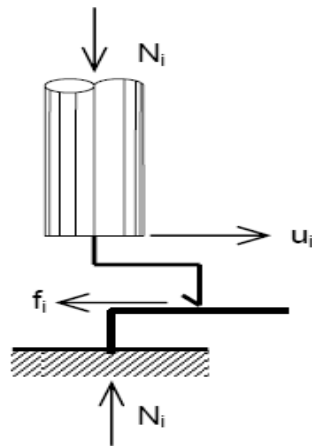
Tiang-tiang/kaki-kaki dari rumah tradisional *Ammu Hawu* tidak ditanam ke dalam tanah melainkan sengaja dibuat bertumpu di atas sebuah batu. Pertemuan antara kaki-kaki rumah tradisional yang terbuat dari kayu dengan pondasi dibawahnya yang terbuat dari batu inilah berpotensi menimbulkan gaya gesek/friksi. Gaya gesek tersebut dapat terjadi ketika bangunan menerima gaya lateral (Lase, 2005). Ilustrasi pada **Gambar 2** menunjukkan dua benda yang bersentuhan memiliki suatu nilai yang menentukan besarnya gaya gesek dua benda tersebut. Nilai inilah yang disebut dengan koefisien gesek. Selain koefisien gesek antara dua benda, faktor lain yang mempengaruhi besarnya gaya gesek antara dua benda adalah gaya normal/aksial. Dari dua faktor tersebut, gaya gesek dapat dirumuskan dengan **Persamaan 1** (Hibbeler, 2007) yang mana notasi  $m$  merupakan koefisien friksi antara dua benda yang bersentuhan,  $N$  merupakan gaya aksial, dan  $F$  merupakan beban lateral:

$$\mu = \frac{F}{N} \quad (1)$$

Catatan: gaya gesek  $m$ , selalu sejajar permukaan bidang sentuh dengan arah yang berlawanan dengan arah gerakan benda.



**Gambar 1.** Pondasi umpak batu pada rumah tradisional *Ammu Hawu*



Gambar 2. Ilustrasi *coulomb friction*

Pada penelitian ini, perletakan dari rumah tradisional dibuat sebagai *Coulomb friction*. Hal ini dikarenakan perletakan dari rumah tradisional mengandalkan gesekan antara kaki-kakinya yang terbuat dari kayu dengan pondasi batu untuk menahan gaya lateral dari gempa. Tipe perletakan seperti ini serupa dengan perletakan rol, hanya saja perletakan rol sama sekali tidak memberikan reaksi ketika menerima beban lateral, sedangkan perletakan *Coulomb friction* memberikan reaksi ketika menerima beban lateral. Reaksi yang diberikan oleh perletakan *Coulomb friction* tersebut berasal dari gaya gesek antara kayu Lontar dengan batu.

### 3. Metodologi

#### 3.1 Penyiapan benda uji

Benda uji yang digunakan adalah kayu Lontar (*Borassus flabellifer*) utuh dengan diameter 25 cm dan panjang 1 m, batu kali dengan permukaan kasar dan cenderung datar berukuran lebih besar dari 25 cm. Jumlah benda uji adalah sebanyak 3 spesimen.

#### 3.2 Set up benda uji

Gambar 3 menjelaskan proses *set up* benda uji. Batu dijepit pada bagian bawahnya dengan menggunakan baja siku, tiang kayu Lontar diletakkan tepat diatasnya dengan mengekang bagian atas tiang.



Gambar 3. Persiapan *set up* benda uji

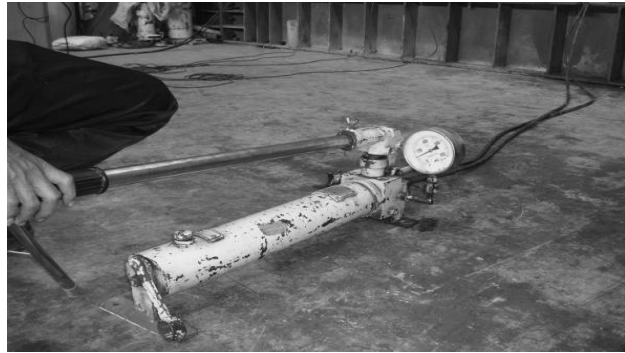
Beban aksial dipasang tepat diatas tiang dengan memberi rol agar jack tidak *slip* ketika terjadi gaya lateral. Beban lateral dipasang pada tiang bagian bawah yang terdekat pada sambungan tiang dengan batu dan diberi kekangan (kabel pengait). Alat-alat pengukuran deformasi yaitu LVDT (*Linier Variable Differential Transducer*) kapasitas 50 mm, dipasang pada tiang bagian bawah untuk mengukur deformasi.

#### 3.3 Uji friksi

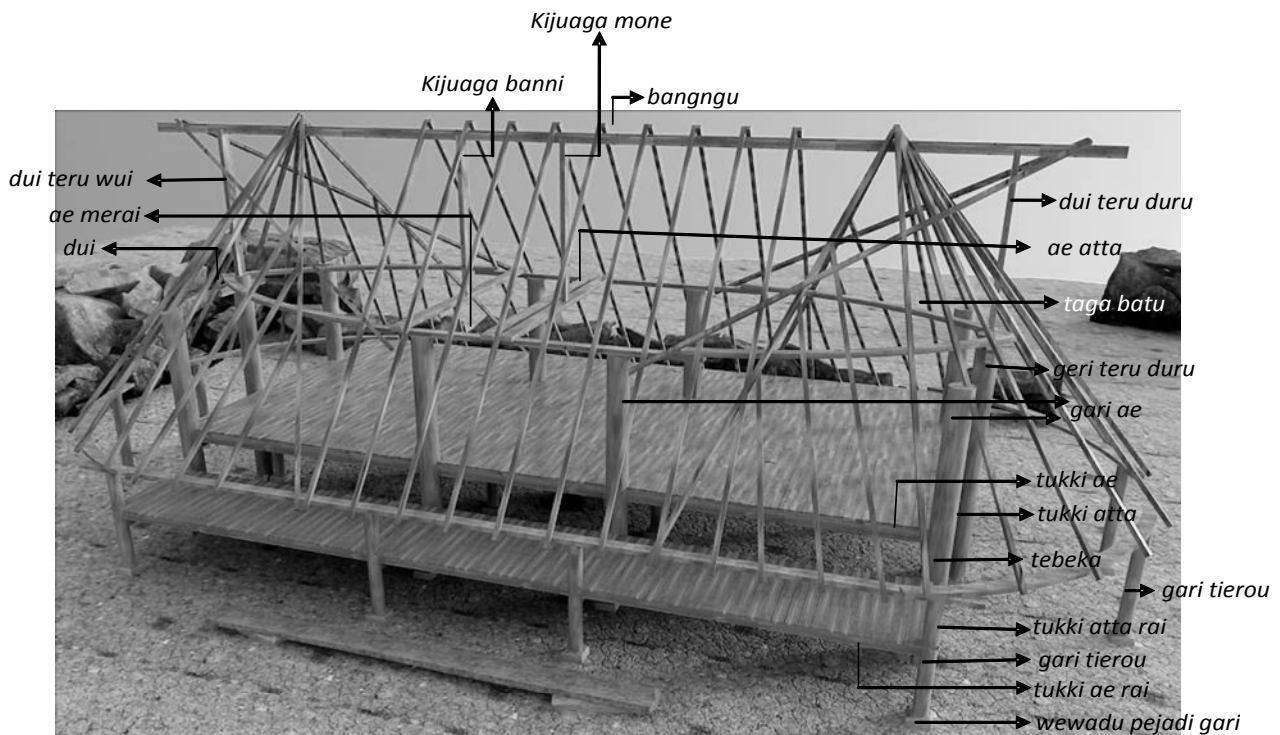
Uji friksi dilakukan dengan memberikan beban aksial konstan sebesar 1 ton, 2 ton, dan 3 ton. Beban lateral diberikan sedekat mungkin dengan pondasi batu. Untuk menguji besar gesekan yang terjadi, beban lateral diberikan pada sambungan, dengan mendorong tiang sehingga terjadi pergeseran antara tiang dengan batu. LVDT akan menunjukkan besar deformasi yang terjadi. Nilai koefisien gesekan diperoleh dengan membandingkan beban lateral dengan beban aksial (Gambar 4).

### 4. Hasil dan Pembahasan

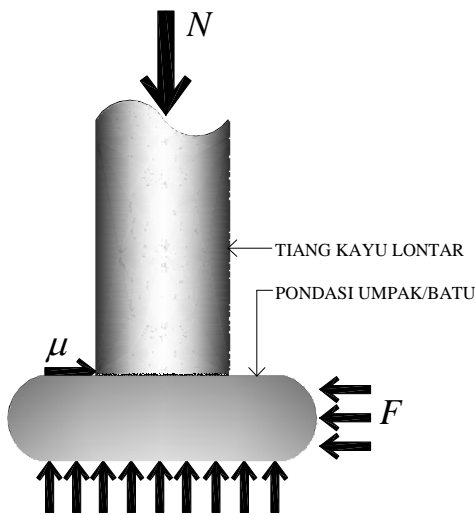
Pada Gambar 5 dijelaskan sistem struktur rumah tradisional *Ammu Hawu* seluruhnya merupakan struktur atas, karena seluruh struktur berdiri diatas permukaan tanah dengan pondasi batu (*Wewadu Pejadi Gari*). Struktur dibentuk dari tiang utama (*Teru Duru*), tiang induk (*Tebeka*), tiang anak (*Geri Tie Rou*), balok lantai, balok atap, dan rangka atap. Pada Gambar 6 dijelaskan ilustrasi gaya yang bekerja pada sambungan tiang dengan batu dapat menimbulkan gaya gesek. Tiang-tiang struktur hanya diletakkan pada batu (*Wewadu Pejadi Gari*) tanpa sambungan khusus. Sambungan antara tiang dengan batu bukan merupakan sambungan mekanis, karena tidak terdapat pengaku maupun alat sambung lain sebagai penguat sambungan. Sambungan bekerja mengandalkan gesekan antara permukaan tiang dengan batu. Beban/gaya aksial sebesar  $N$  (*Newton*) merupakan berat bangunan yang berkontribusi menahan gaya lateral gempa sebesar  $F$  (*Newton*), akibat dari kekasaran permukaan antara sambungan menimbulkan tahanan sebesar  $m$  yang disebut dengan koefisien geser friksi.



Gambar 4. Uji geser friksi



Gambar 5. Struktur rumah tradisional Ammu Hawu



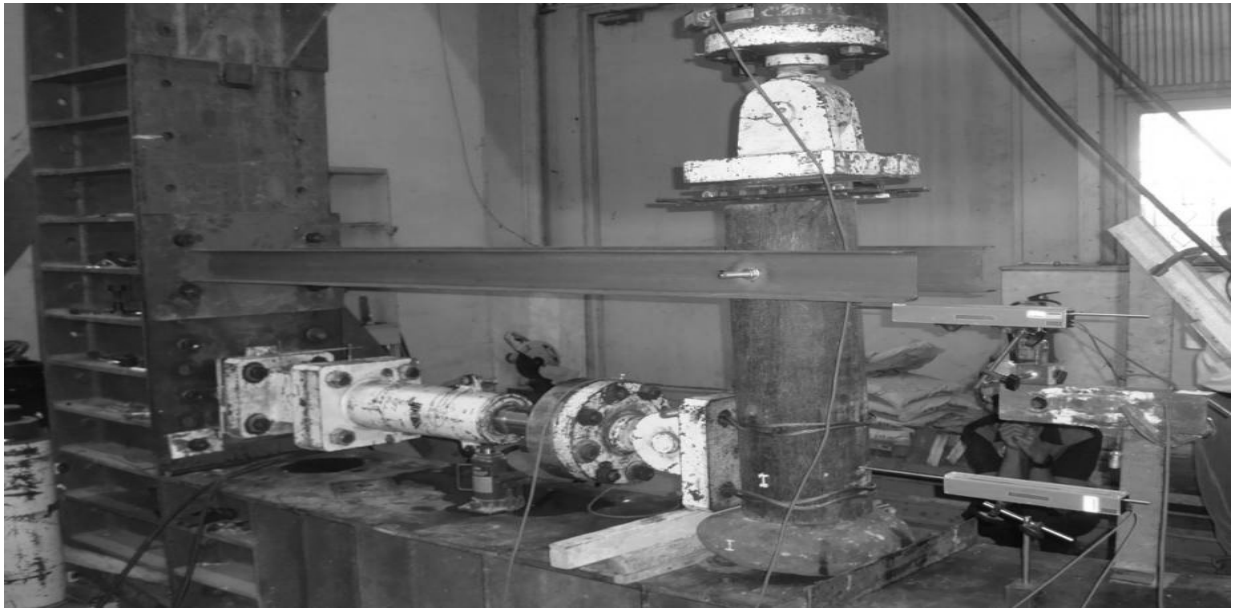
Gambar 6. Sambungan antara tiang dengan pondasi umpak/batu yang memikul gaya aksial dan lateral

Ilustrasi pada **Gambar 6** dimodelkan pada skala pengujian seperti pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**. Tes eksperimental dilakukan dengan menggunakan mesin portal test yang direkayasa dengan menambahkan alat bantu uji agar sesuai dengan perilaku yang diinginkan (sesuai dengan kondisi riil). Alat uji dilengkapi dengan *load cell* yang memberikan beban lateral pada arah horisontal dan beban aksial apada arah vertikal. Dua bua baja *Canal* untuk menahan tiang agar tidak terjadi translasi. Permukaan tiang atas diberi roll untuk mencegah terjadinya rotasi, sedangkan kekangan pada baja siku pada perletakkan batu/umpak agar tidak bergeser dari posisinya. Pengujian dilakukan melalui kontrol *displacement* dengan uji monotonik. Pada kondisi ini efek dinamis diabaikan karena kecepatan pembebanan yang diberikan sangat kecil. Tiang Lontar diletakkan pada sebuah batu dengan asumsi seluruh permukaan kayu tepat menyentuh permukaan batu secara penuh. Batu sebagai pondasi ditahan sehingga tidak mengalami *displacement*. Bagian batang yang terdekat

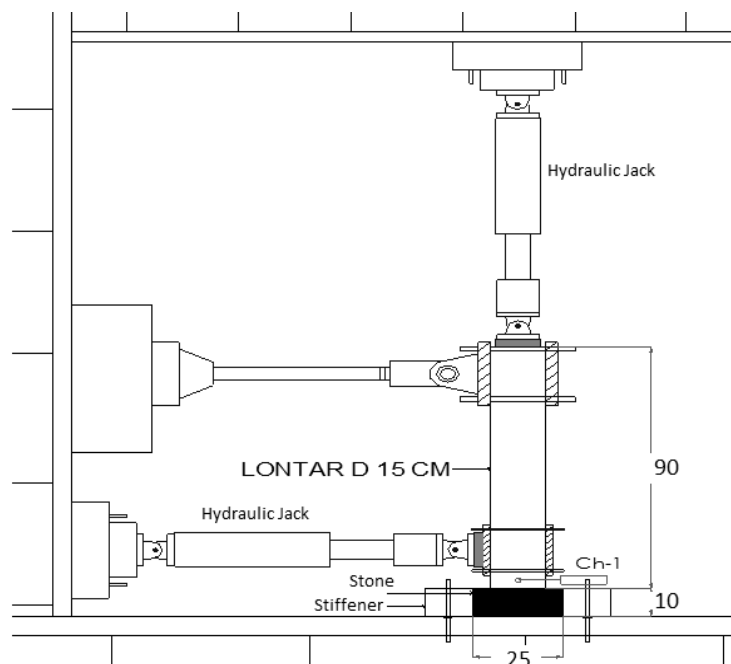
dengan batu diberi gaya dorong secara bertahap sehingga menimbulkan reaksi antara permukaan kayu Lontar dengan batu. Tiang diberi beban aksial sebesar 1 ton, 2 ton, dan 3 ton masing-masing pada jenis benda uji yang berbeda seperti pada **Gambar 9**. Tiang bagian bawah yang paling dekat dengan pondasi batu diberi beban lateral sehingga terjadi pergeseran pertama dan posisi tiang bergeser dari posisi semula.

Hasil uji ketiga spesimen tersebut ditunjukkan pada **Gambar 10**, untuk mengetahui reaksi pertama dari

pemberian beban lateral dicari dengan membandingkan hubungan antara beban lateral dengan *displacement* yang terjadi pada setiap spesimen dengan beban aksial yang diberikan. Untuk mengetahui nilai friksi pada masing-masing pembebanan ditentukan pada kondisi linier, hal ini berdasarkan kondisi riil bahwa perhitungan rasio beban lateral terhadap aksial adalah menggunakan rentang pembebanan pada saat kayu belum mengalami *slip* atau belum terlepas dari dudukan batu.

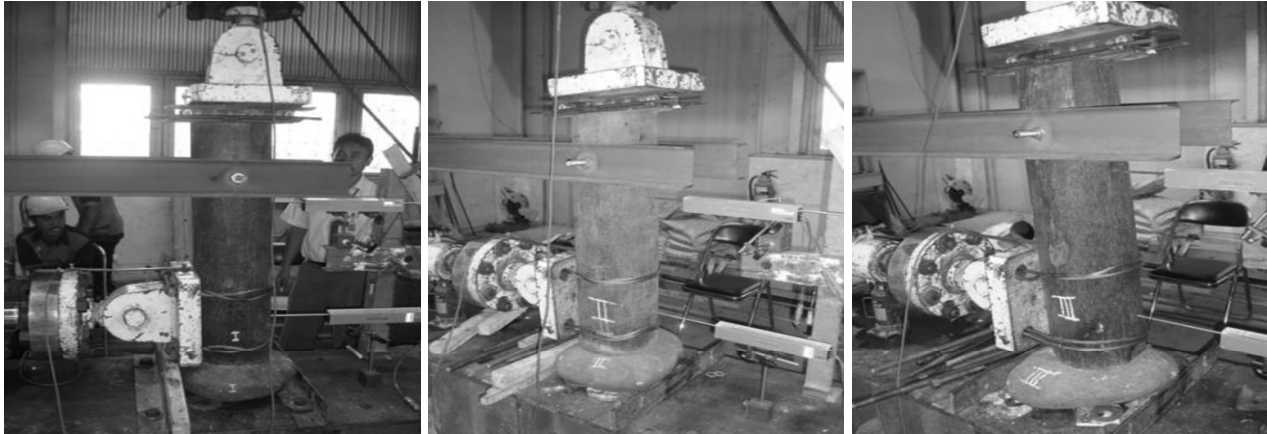


**Gambar 7.** Set up pengujian geser friksi

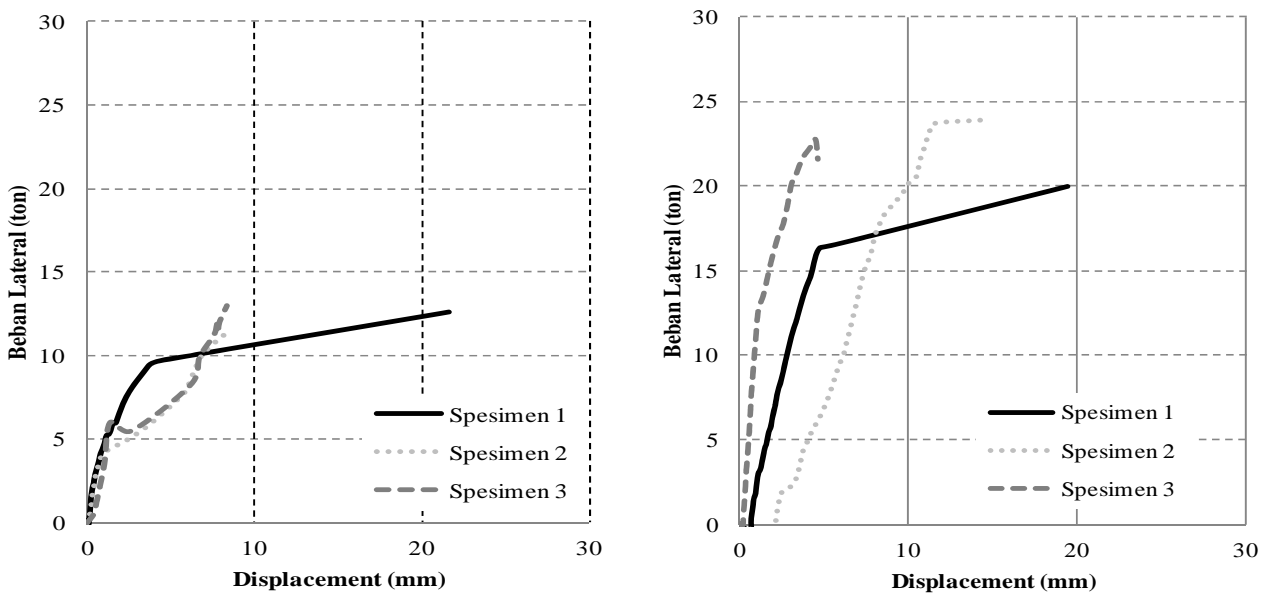


Catatan: ukuran dalam satuan cm

**Gambar 8.** Desain uji geser friksi tiang kayu Lontar dengan pondasi umpak batu

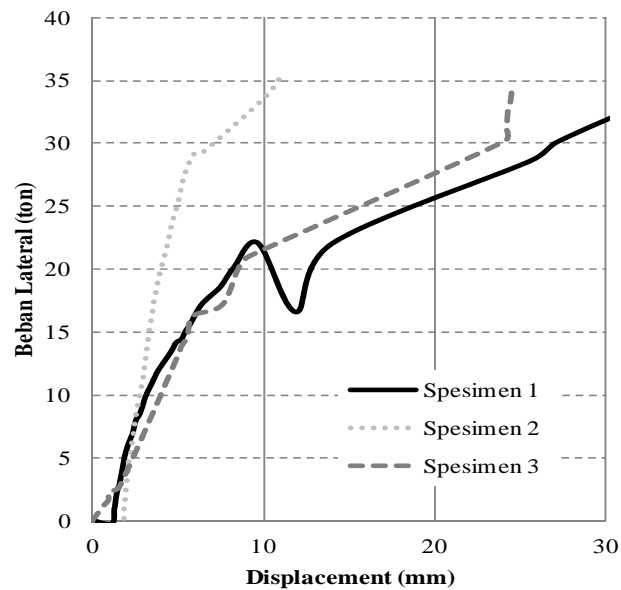


Gambar 9. Sampel geser friksi benda uji I, II, dan III dengan beban axial masing-masing 1 ton, 2 ton, dan 3 ton



(a) Beban aksial 1 ton

(b) beban aksial 2 ton



(c) Beban aksial 3 ton

Gambar 10. Kurva hubungan beban lateral dengan displacement pada pengujian geser friksi

Kurva hubungan beban lateral dengan peralihan ditinjau pada rentang kurva elastik. Setelah kondisi elastik, pengujian tetap diteruskan dan terjadi slip yang signifikan antara permukaan tiang dengan permukaan batu terutama pada spesimen 2 dan 3. Hal ini menyebabkan bentuk kurva tidak berbentuk linier. Sama halnya pada pengujian dengan beban aksial 1 ton, untuk pengujian dengan beban aksial 2 ton ini seluruh spesimen diuji dari rentang beban elastik sampai dengan benda uji mengalami slip. Untuk Spesimen 2 dan Spesimen 3 pengujian dihentikan pada saat sesaat benda uji mengalami slip. Sedangkan untuk Spesimen 1 hasil kurva pengujian yang diperoleh adalah berbentuk bilinear. Hasil pengujian dengan beban aksial 3 ton memperlihatkan bahwa untuk spesimen 2, pasca rentang kurva elastik terjadi penurunan beban yang signifikan, dikarekna terjadi slip saat pengujian di laboratorium.

Masing-masing spesimen menunjukkan nilai friksi yang tidak berbeda signifikan. Nilai friksi terendah sebesar 0,18 dan tertinggi sebesar 0,59. Rata-rata nilai friksi sambungan antara tiang kayu Lontar dengan batu adalah sebesar 0,35. Jika dilihat dari penambahan beban aksial pada masing-masing spesimen tidak ada kecenderungan nilai friksi semakin membesar. Penambahan beban aksial tidak menentukan penambahan nilai friksi.

**Tabel 1. Nilai rata-rata koefisien friksi pada pembebanan 1 ton, 2 ton, dan 3 ton**

Spesimen	Koefisien gesek ( <i>m</i> ) pada Beban Aksial			Rata-rata ( <i>m</i> )
	1 ton	2 ton	3 ton	
Spesimen 1	0,38	0,36	0,31	0,35
Spesimen 2	0,18	0,59	0,52	0,43
Spesimen 3	0,28	0,27	0,24	0,26
Rata-rata ( <i>m</i> ) seluruh spesimen				0,35

## 5. Kesimpulan

1. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa perbandingan antara beban lateral dengan aksial adalah konstan, tidak berpengaruh pada penambahan beban aksial.
2. Hasil penelitian dalam tulisan ini adalah nilai Koefisien Friksi antara tiang Rumah Adat Tradisional *Ammu Hawu* yang terbuat dari kayu Lontar dengan batu yang menjadi pondasi (diatas tanah) yaitu sebesar 0,35.

## 6. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Balai PTPT Denpasar - Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman - Kementerian Pekerjaan Umum, Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman -

Kementerian Pekerjaan Umum yang telah mendanai kegiatan ini pada tahun anggaran 2012.

## Daftar Pustaka

- Datta, T.K., 2010., *Seismic Analysis of Structures*, John Wiley and Sons. pp. 369. ISBN 978-0-470-82462-7.
- Hibbeler, R.C., 2007, *Engineering Mechanics (Eleventh edition)*, Pearson, Prentice Hall.
- Lase, Y., 2005, *Kontrol Seismik pada Rumah Adat Nias*, HAKI Seminar 2005, Jakarta, Indonesia
- Pudjisuryadi, P., dkk., 2007, *Base Isolation in Traditional Building*, Lesson Learned From from Nias March 28, 2005 Earthquake. International Conference EACEF 2007, Jakarta, Indonesia.
- Pudjisuryadi, P., Lumantarna, B., Lase, Y., 2007, Base Isolation in Traditional Building – Lesson Learned from Nias March 28, 2005 Earthquake, *Proceedings : European Asian Civil Engineering Forum (EACEF)-1*, Jakarta, ISBN: 978-979-1053-01-3, 26-27 September 2007, pp. C-242-C-247.
- Suara Merdeka. 10 April 2005. *Rumah-Rumah Adat Nias : Tak Satupun Ambruk Diguncang Gempa*, Semarang, Indonesia.

