

## Inovasi pembuatan panel dan batako berbahan serbuk kayu sebagai dinding rumah sederhana tahan gempa

I Nyoman Sutarja<sup>1,\*</sup>, I Made Dodiek Wirya Ardana<sup>1</sup>, AAG Agung Yana<sup>1</sup>, I Nyoman Susanta<sup>2</sup>,  
IDGA Diasana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar, Bali, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar, Bali, Indonesia

\*Corresponding authors: [nsutarja@unud.ac.id](mailto:nsutarja@unud.ac.id)

Submitted: 15 March 2023, Revised: 16 October 2023, Accepted: 8 November 2023

**ABSTRACT:** The number of poor people in Indonesia in March 2021 was 27.54 million people. One indicator is that people do not yet have decent homes. The income of the poor is generally below average, resulting in difficulties in accessing housing loans from banks. All parties must contribute in helping the poor to have livable houses. Researchers innovate to make simple houses livable based on Appropriate Technology, namely technically meeting safety, economical and affordable, ergonomic according to occupant anthropometry, fulfilling socio-cultural standards so that they can be accepted by the community and are energy efficient and sustainable. The innovation of using panels or bricks from sawdust for the walls of a simple house with a size of 3 m x 6 m that was built according to Appropriate Technology methods meets feasibility. The maximum stress ratio of 0.534 occurs in the column and is smaller than the required 1.0. The maximum deviation that occurs at the top of the building is 5.91 mm and is smaller than 0.02 times the total height of the building, namely 0.02 times 4000 is 80 mm. Measurement of the intensity of natural lighting during the day obtained 338 Lux, room temperature obtained 25.56°C, air humidity (RH) 71.62%, and air movement 0.15 m/sec and noise 36.82 dB. The contribution of this research is to provide a new wall material solution for simple houses, namely walls made from panels and bricks made from wood powder.

**KEYWORDS:** innovation; panels; sawdust; simple houses; walls.

**ABSTRAK:** Jumlah penduduk miskin di Indonesia pada Maret 2021 sebesar 27.54 juta orang. Salah satu indikatornya adalah masyarakat belum memiliki rumah layak huni. Penghasilan masyarakat miskin pada umumnya berada di bawah rata-rata sehingga kesulitan dalam mengakses kredit perumahan dari perbankan. Semua pihak harus berkontribusi dalam membantu masyarakat miskin untuk memiliki rumah layak huni. Peneliti berinovasi untuk membuat rumah sederhana layak huni berbasis pada Teknologi Tepat Guna, yaitu secara teknis memenuhi keamanan, ekonomis dan terjangkau harganya, ergonomis sesuai dengan antropometri penghuni, memenuhi kaedah social budaya sehingga dapat diterima oleh masyarakat dan hemat energy serta berkelanjutan. Inovasi penggunaan panel atau batako dari serbuk gergaji kayu untuk dinding rumah sederhana dengan ukuran 3 m x 6 m yang dibangun sesuai kaedah teknologi tepat guna memenuhi kelayakan. Stress ratio maksimum sebesar 0.534 terjadi pada kolom dan lebih kecil dari yang disyaratkan yaitu 1.0. Simpangan maksimum yang terjadi pada puncak bangunan adalah sebesar 5.91 mm dan lebih kecil dari 0.02 kali tinggi total bangunan, yaitu 0.02 kali 4000 adalah 80 mm. Pengukuran intensitas pencahayaan alami di siang hari diperoleh 338 Lux, suhu ruangan diperoleh 25.56°C, kelembaban udara (RH) 71.62%, dan gerakan udara 0.15 m/detik serta kebisingan 36.82 dB. Kontribusi dari penelitian ini adalah memberikan solusi bahan dinding baru untuk rumah sederhana yaitu dinding dari panel dan batako berbahan serbuk kayu.

**KATA KUNCI:** inovasi; panel; serbuk kayu; rumah sederhana; dinding.

© The Author(s) 2020. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

### 1 PENDAHULUAN

Rumah atau papan merupakan kebutuhan dasar manusia dan hak setiap orang untuk menempati rumah yang layak, di samping kebutuhan akan pangan dan sandang. Karena pada hakikatnya fungsi rumah bagi kehidupan manusia sangat vital. Tanpa rumah tinggal, manusia tidak akan dapat hidup dengan layak, karena rumah juga merupakan faktor yang sangat penting untuk kesehatan manusia sehari-hari. Kelayakan rumah akan mempengaruhi kehidupan manusia di dalam

rumah itu sendiri maupun dalam rangka mempersiapkan diri untuk aktivitas di luar rumah (Hermawati et al., 2015; Sutarja, 2018).

Kaidah-kaidah rumah ergonomis atau layak huni, harus memenuhi kehandalan, yaitu memenuhi keselamatan, kesehatan, kenyamanan, serta kemudahan sebagaimana diatur dalam Undang-undang Bangunan Gedung Nomor: 28/2002 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 25/PRT/M/2007, tanggal 9 Agustus 2007, tentang pedoman sertifikasi

laik fungsi bangunan gedung, serta tentang renovasi rumah sederhana tradisional (Sutarja, 2013).

Badan Pusat Statistik menyebutkan jumlah penduduk miskin di Indonesia pada Maret 2021 sebesar 27.54 juta orang (BPS, 2020). Ada empat belas indikator untuk menentukan katagori penduduk miskin, salah satu indikatornya adalah masyarakat belum memiliki rumah layak huni. Penghasilan masyarakat miskin pada umumnya berada di bawah rata-rata sehingga kesulitan dalam mengakses kredit perumahan dari perbankan. Semua pihak harus berkontribusi dalam membantu masyarakat miskin untuk memiliki rumah layak huni (Winarno, 2018).

Peneliti berinovasi untuk membuat rumah sederhana layak huni berbasis pada teknologi tepat guna (Manuaba, 2006), yaitu secara teknis memenuhi keamanan, ekonomis dan terjangkau harganya, ergonomis sesuai dengan antropometri penghuni (Anggraeni, 2017), memenuhi kaedah sosial budaya sehingga dapat diterima oleh masyarakat dan hemat energy serta berkelanjutan (Radjasa, 2020) dan (Rahmiyati et al., 2015). Inovasi penggunaan panel dan batako dari serbuk gergaji kayu untuk dinding rumah sederhana dengan ukuran 3 m x 6 m yang dibangun sesuai kaedah teknologi tepat guna.

Mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Paresa & Hairulla, 2015) membuat campuran batako untuk bahan dinding 1 semen portland : 5 pasir : 5% abu sekam mendapatkan kuat tekan 4.92 MPa. Peneliti membuat dinding panel dan batako serbuk kayu dengan campuran 1 semen portland : 2 pasir : 3 serbuk kayu. Serbuk kayu diambil dari limbah hasil penggergajian kayu di pabrik pengolahan kayu. Campuran ini kemudian dicetak sesuai kebutuhan. Panel kayu harus diuji di laboratorium sebelum dipergunakan (Zuraida & Pratiwi, 2020). Sifat karakteristik panel yang diuji antara lain kerapatan atau berat volume dan kuat tekan. Untuk mengukur kekuatan dari panel serbuk kayu yang telah dibuat, dilakukan uji laboratorium. Untuk uji laboratorium ini dibuat tiga buah benda uji kubus ukuran 15cm x 15 cm x 15 cm.

Tujuan dari penelitian ini adalah 1) Untuk menguji Panel dan Batako Serbuk Kayu dengan campuran 1 semen portland : 2 pasir : 3 serbuk kayu, dapat mereduksi berat dan memenuhi kekuatan untuk dinding bangunan rumah dan 2) Untuk menguji bangunan rumah sederhana dengan dinding panel dan batako serbuk kayu memenuhi rumah layak huni (aman dan nyaman).

## 2 METODOLOGI

### 2.1 Tempat penelitian

Penelitian dilaksanakan di Desa Selemadeg, Kabupaten Tabanan, Provinsi Bali, Indonesia.

### 2.2 Panel dan Batako Serbuk Kayu

Panel serbuk kayu dibuat dengan campuran 1 semen portland : 2 pasir : 3 serbuk kayu. Serbuk kayu diambil dari limbah hasil penggergajian kayu di pabrik pengolahan kayu. Untuk uji laboratorium yang meliputi berat volume dan kuat tekan, dibuat tiga buah benda uji kubus ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm.

#### 2.2.1 Berat volume

Berat volume diukur dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\mu = M/V \dots\dots\dots (1)$$

dengan:  $\mu$  adalah berat volume, M adalah massa kubus, dan V adalah volume kubus

#### 2.2.2 Kuat tekan

Kuat tekan beton dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$fc' = fc'r - k S_d \dots\dots\dots (2)$$

dengan:  $fc'$  adalah kuat tekan rencana,  $fc'r$  adalah kuat tekan rata-rata dari benda uji, k adalah konstanta nilai faktor cacat, dan  $S_d$  adalah standar deviasi

### 2.3 Aplikasi Panel Sebagai Dinding Rumah Sederhana

Panel serbuk kayu diaplikasikan untuk dinding rumah sederhana dengan luas bangunan 18 m<sup>2</sup> atau ukuran lantai 3 m x 6 m. Pembangunan rumah mengikuti kaedah-kaedah teknologi tepat guna. Struktur bangunan dianalisis dengan bantuan program SAP-2000 untuk mengukur keamanan fisik bangunan. Keamanan fisik bangunan dilihat dari stress ratio yang terjadi harus lebih kecil dari satu dan simpangan maksimum pada puncak bangunan harus lebih kecil dari 0.02 kali tinggi bangunan. Pembebanan disesuaikan dengan Standar Nasional Indonesia yang berlaku (BSN, 2018) dan (BSN, 2019). Kenyamanan fisik dalam ruangan diukur dengan alat *environment meter* buatan *Krisbow* (yang diukur terpratur, pencahayaan, kebisingan, kecepatan angin dan kelembaban dalam ruangan). Jumlah sampel rumah yang dibangun adalah satu unit dengan ukuran bangunan 3 m x 6 m.

### 2.4 Pelatihan Pembuatan Panel dan Batako

Penelitian ini dilanjutkan dengan memberikan pelatihan kepada masyarakat Desa Selemadeg melalui Usaha Unit Desa Yaitu UMKM. Pelatihan ini dilakukan untuk meningkatkan jenis produk UMKM di masa Pandemi Covid-19. Hal yang penting juga akan dapat membantu memelihara kebersihan lingkungan, dengan dimanfaatkannya limbah serbuk gergaji kayu.

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Panel dan Batako Serbuk Kayu

Panel dan Batako serbuk kayu lokal dibuat dari campuran, semen *portland type* (semen), pasir halus

dan serbuk kayu dari sisa gergaji dari pabrik pengolahan kayu. Perbandingan campurannya adalah 1 semen : 2 pasir halus : 3 serbuk kayu. Proses dan hasilnya seperti Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.



(a)



(b)

**Gambar 1.** Proses pencetakan panel serbuk kayu lokal: (a) Campuran 1 semen : 2 pasir : 3 serbuk kayu, (b) Mencetak panel/papan



(a)



(b)

**Gambar 2.** Hasil pencetakan panel serbuk kayu lokal: (a) Hasil cetakan panel, (b) Panel sudah terpasang sebagai dinding



**Gambar 3.** Proses dan hasil pencetakan panel maupun batako serbuk kayu lokal

Hasil uji ketiga kubus adalah berat rata-rata sebesar 4.72 kg atau berat volume 1398.52 kg/m<sup>3</sup> (Gambar 4a). Berat panel ini lebih ringan dari dinding pasangan batu bata yang beratnya volumenya 1675 kg/m<sup>3</sup>, hal ini memberikan keuntungan keamanan struktur bangunan karena beban berat sendiri dan beban gempa menjadi berkurang. Kuat tekan  $f_c'$  yang dicapai sebesar 5.26 MPa (Gambar 4b). Kuat tekan  $f_c'$  Panel ini lebih besar dari kuat tekan batako yang membuat campuran batako untuk bahan dinding 1 semen portland : 5 pasir : 5% abu sekam mendapatkan kuat tekan 4.92 MPa (Paresa & Hairulla, 2015). Kondisi ketiga kubus setelah diuji tekan maksimum kelihatan masih utuh, karena serbuk kayu juga berfungsi sebagai serat (Gambar 4c), hal ini tidak akan terjadi keruntuhan mendadak pada dinding bila ada beban berlebih.

Menurut tradisi lokal pemanfaatan limbah serbuk kayu memiliki beberapa pandangan sebagai dasar pertimbangan. Limbah serbuk kayu yang diolah menjadi bahan panel dinding merupakan suatu etika yang sangat mulia dan ide kreatif untuk mengurangi

sampah dan “kekotoran” melalui pengurangan jumlah limbah dimaksud serta menghemat pemanfaatan sumber daya alam. Secara filosofi masyarakat setempat, kayu bermakna kayun (pikiran), dengan pikiran manusia dapat mengubah dan menciptakan sesuatu yang baik. Oleh karena itu secara tradisi, kayu menjadi bahan utama dalam bangunan tradisional dan telah dipergunakan sejak dahulu dengan sangat cermat oleh masyarakat Bali

Kayu sebagai bahan yang ramah lingkungan, berkelanjutan dan mudah didapat pada lingkungan setempat. Secara konstruksi bahan kayu bisa dikerjakan dengan mudah oleh masyarakat setempat dengan teknologi tradisional yang sederhana sehingga dapat didaurulang serta digunakan kembali bila sudah tidak difungsikan. Pengetahuan tradisional tentang tata cara pengadaan, pengolahan, dan etika pemanfaatan kayu diwarisi secara berkelanjutan didalam berbagai lontar seperti Asta Kosala Kosali, Swakarma, Prabu Janantaka, Taru Permana, Bama Kertih, dan lain-lainnya.



**Gambar 4.** Pengujian kubus bahan panel/batako: (a) Menimbang kubus, (b) Uji tekan kubus, (c) Kondisi kubus setelah diuji tekan

### 3.2 Aplikasi Panel dan Batako Sebagai Dinding Rumah Sederhana

#### 3.2.1 Proses pembangunan berorientasi pada teknologi tepat guna

Aplikasi Panel serbuk kayu sebagai dinding Rumah Sederhana dimulai dari pembuatan pondasi dari batako dan penutup dari beton bertulang (Gambar 5a). Pembangunan dilanjutkan dengan pasangan struktur baja ringan (Gambar 5b), atap genteng lokal (Gambar 6a). Pemasangan dinding dan finishing dengan pemasangan keramik, pemasangan kosen dan pengecatan (Gambar 6b). Proses pembangunan selalu mempertimbangkan aspek teknologi tepat guna, yaitu pemilihan bahan yang memenuhi aspek teknis yaitu kekuatan, kekakuan dan stabilitas. Aspek ekonomis yaitu dengan memilih bahan yang lebih murah seperti pondasi batako, rangka baja ringan dan dinding panel. Aspek ergonomi yaitu membuat ukuran pintu, jendela dan tinggi bangunan disesuaikan dengan antropometri penghuni. Aspek hemat energi dengan membuat ukuran dan posisi jendela sedemikian rupa sehingga pencahayaan alami dan pergerakan udara kedalam ruangan bisa maksimum. Aspek sosial budaya dengan penampilan rumah sesuai kaedah arsitektur Bali dengan bahan lokal sehingga sangat serasi dengan lingkungan. Aspek keberlanjutan dengan penggunaan dinding panel dari serbuk kayu limbah pabrik pengolahan kayu akan dapat mengurangi kerusakan lingkungan.



**Gambar 5.** Pekerjaan pemasangan pondasi dan struktur bangunan: (a) Pekerjaan pemasangan pondasi batako, (b) Pemasangan struktur baja ringan



(a)

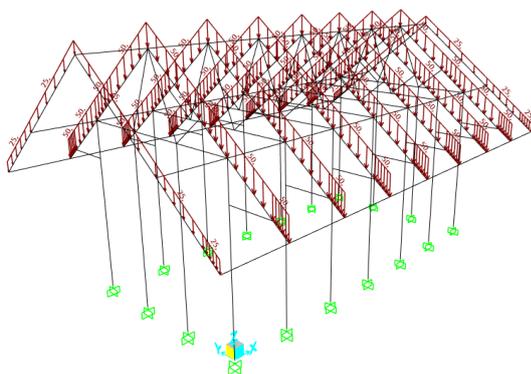


(b)

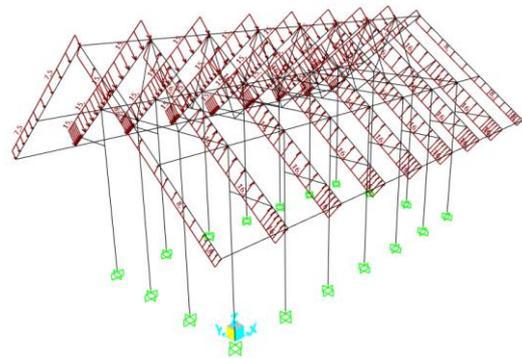
**Gambar 6.** (a) Pekerjaan pemasangan atap, (b) Tampak depan rumah sistem struktur baja ringan dan bresing dengan dinding panel serbuk kayu lokal (ukuran bangunan lebar 3m dan panjang 6m)

**3.3 Keamanan Sistem Struktur**

Keamanan dianalisis dari stress ratio dan simpangan simtem struktur baja ringan yang terjadi akibat beban mati (Gambar 7a) dan beban angin (Gambar 7b) serta beban gempa *response spectrum* (Gambar 8a) dan *stress ratio* (Gambar 8b). Evaluasi kinerja sistem struktur bangunan perlu dilakukan untuk menjamin keselamatan penghuni, karena indonesia sangat rawan bahaya seperti gempabumi, angin puting beliung (Rantung et al., 2014; Sutarja et al., 2021). Evaluasi kinerja struktur bangunan diperoleh melalui metode analisis system struktur tiga dimensi dengan Program SAP 2000.

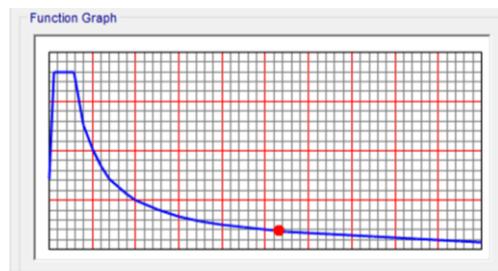


(a)

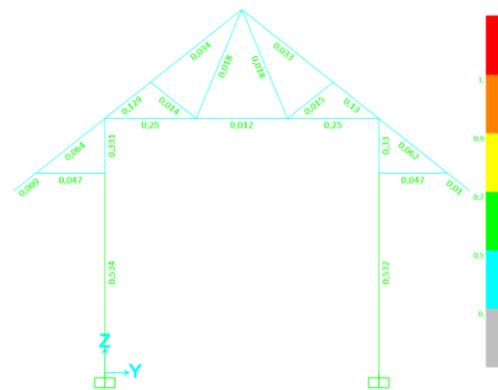


(b)

**Gambar 7.** Pembebanan struktur sesuai standar di Indonesia: (a) Beban mati, (b) Beban angin



(a)



(b)

**Gambar 8.** (a) *Response spectrum curve* untuk pembebanan gempa, (b) *Stress ratio* pada struktur rangka baja ringan.

**3.3.1 Gaya geser dasar**

Pada SNI disebutkan bahwa nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 100% nilai respons ragam yang pertama (BSN, 2019). Tabel 1 menunjukkan nilai gaya geser dasar.

**Tabel 1.** Gaya geser dasar

Arah Gaya Gempa	Gempa Dinamis	Gempa Statis
Arah X	3065.74	2211.22
Arah Y	3076.12	2211.22

### 3.3.2 Periode fundamental struktur (T)

Menurut SNI 1726-2019, periode fundamental struktur, T tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dan periode fundamental pendekatan,  $T_a$ , yang ditentukan sesuai dengan 7.8.2.1. (BSN, 2019) dan SD1 ditentukan berdasarkan aplikasi situs dinas.

Kementerian Pekerjaan Umum (PU) <http://puskim.pu.go.id> didapatkan parameter perecepatan spektra desain SD1. Berikut merupakan perhitungannya

$$T_a = C_t h_n^x \dots\dots\dots (3)$$

Dimana  $h_n$ , merupakan ketinggian struktur dalam (m), diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur dan  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari SNI 1726-2019 (BSN, 2019).

$$T_a = 0.0724 \times 4^{0.8}$$

$$T_a = 0.307 \text{ detik}$$

$$T_{\max} > T$$

$$T_a C_u > T$$

$$0.307 \times 1.4 = 0.429 \text{ detik} > T = 0.377 \text{ detik}$$

$C_u$  didapat dari SNI 1726-2019 dan T waktu fundamental struktur hasil analisis (BSN, 2019).

### 3.3.3 Stress ratio dan simpangan

*Stress ratio* maksimum sebesar 0.534 terjadi pada kolom struktur dan lebih kecil dari yang disyaratkan yaitu 1.0 (Gambar 8b). Simpangan maksimum yang terjadi pada puncak bangunan adalah sebesar 5.91 mm dan lebih kecil dari 0.02 kali tinggi total bangunan, yaitu 0,02 kali 4000 adalah 80 mm (BSN, 2019). Hasil ini memenuhi syarat kinerja sistem struktur yang terbangun (Sutarja et al., 2021; Sutarja & Putra, 2022).

### 3.3.4 Kondisi Lingkungan Fisik

Kondisi lingkungan fisik dilihat dari suhu, kebisingan, pencahayaan alami, kecepatan angin dan kelembaban. Dari pengukuran yang telah dilakukan, intensitas pencahayaan alami di siang hari diperoleh 338 Lux, suhu ruangan diperoleh 25.56°C, kelembaban udara (RH) 71.62%, dan gerakan udara 0.15 m/detik serta kebisingan 36.82 dB. Tingkat kenyamanan objektif yang baik pada rumah berdasarkan intensitas pencahayaan adalah 300 lux – 700 lux (Kroemer & Grandjean, 2000; Mangunwijaya, 1981). Sedangkan, tingkat kenyamanan objektif yang baik pada rumah berdasarkan suhu udara adalah 24°C – 28°C (Kroemer & Grandjean, 2000; Lippsmeier, 1994; Mangunwijaya, 1981; Meijs, 1983; Pheasant, 1991; Suma'mur, 1996). Disisi lain, tingkat kenyamanan objektif yang baik pada rumah berdasarkan kelembaban udara adalah berada 40% - 70% (Meijs, 1983). (Kroemer & Grandjean, 2000) menentukan *relative humidity* (RH) 80% suhu 18°C, RH 70% suhu 19°C, RH 60% suhu 20°C, RH 50% suhu 20.5°C dan RH 30% suhu 21°C. Tingkat kenyamanan objektif yang baik berdasarkan gerakan udara tidak boleh lebih 0.2 m/detik (Kroemer & Grandjean, 2000). Menurut (Mangunwijaya, 1981)

menyatakan gerakan udara yang baik adalah antara 0.1 – 0.3 m/detik. Tingkat kenyamanan objektif yang baik berdasarkan kebisingan menurut aturan Gubernur Bali tidak boleh lebih dari 55 dB. Kondisi lingkungan fisik dilihat dari suhu, kebisingan, pencahayaan alami, kecepatan angin dan kelembaban juga telah memenuhi standar yang berlaku di Indonesia.

## 4 KESIMPULAN

Panel dan Batako Serbuk Kayu dengan campuran 1 semen portlang : 2 pasir : 3 serbuk kayu, dapat mereduksi berat dan memenuhi kekuatan untuk dinding bangunan rumah dan merupakan temuan baru. Bangunan Rumah Sederhana yang telah dibangun dengan Pendekatan Teknologi Tepat Guna merupakan Rumah Layak Huni, karena telah memenuhi aspek keamanan dan kenyamanan.

Perlu diteliti lebih lanjut penggunaan batako campuran 1 semen portlang : 2 pasir : 3 serbuk kayu untuk dinding bangunan sederhana dan diperhitungkan untuk ikut memikul beban gempa, dengan pendekatan sebagai Strut ataupun shell.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Universitas Udayana melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat karena telah membantu penyiapan dana untuk pelaksanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat ini sampai selesai dan sampai tersusunnya paper ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, L. K. (2017). Kajian Penerapan Ergonomi dalam Perancangan Bangunan Sekolah Dasar, Studi Kasus SDN Bututan IV Surabaya. *Jurnal Desain Interior*, 2(1), 43. <https://doi.org/10.12962/j12345678.v2i1.2378>
- BPS. (2020). *Statistik Indonesia*. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html>
- BSN. (2018). *SNI 1727-2018 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2019). *SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- Hermawati, W., Sutarja, I. N., & Nadiasa, M. (2015). Evaluasi Pelaksanaan Program Bantuan Perbaikan Rumah untuk Rumah Tangga Miskin (RTM) di Kota Denpasar. *Jurnal Spektran*, 3(2), 75–83. <https://doi.org/10.24843/SPEKTRAN.2015.v03.i02.p09>
- Kroemer, K. H. E., & Grandjean, E. (2000). *Fitting the Task to the Man: A Textbook of Occupational Ergonomics* (8th ed.). Taylor & Francis.
- Lippsmeier, G. (1994). *Bangunan Tropis*. Erlangga.
- Mangunwijaya. (1981). *Pasal-Pasal Penghantar Fisika Bangunan*. Gramedia.
- Manuaba, A. (2006). Aplikasi ergonomi dengan pendekatan holistik perlu, demi hasil yang lebih lestari dan mampu bersaing. *Jurnal Ilmiah Sosial & Humaniora*, 2(3), 235–250.

- Meijs, ing P. J. M. Van Der. (1983). *Membangun: Fisika Bangunan*. Erlangga.
- Paresa, J., & Hairulla, H. (2015). Perlakuan campuran batako dengan menggunakan abu sekam padi sebagai bahan aditif. *MUSTEK ANIM HA*, 4(3), 264–272. <https://doi.org/10.35724/mustek.v4i3.483>
- Pheasant, S. (1991). *Ergonomics, Work and Health*. Macmillan Education UK.
- Radjasa, O. K. (2020). *Panduan Program Penerapan Teknologi Tepat Guna kepada Masyarakat*. Direktur Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi/ Badan Riset dan Inovasi Nasional.
- Rahmiyati, N., Andayani, S., & Panjaitan, H. (2015). Model pemberdayaan masyarakat melalui penerapan teknologi tepat guna di Kota Mojokerto. *JMM17: Jurnal Ilmu Ekonomi Dan Manajemen*, 2(02), 48–62. <https://doi.org/10.30996/jmm17.v2i02.506>
- Rantung, C. M., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Evaluasi balok dan kolom pada rumah sederhana. *Jurnal Sipil Statik*, 2(6), 301–309.
- Suma'mur, P. K. (1996). *Ilmu hygiene perusahaan dan kesehatan kerdja*. Doa Restu.
- Sutarja, I. N. (2013). The Application of Brick Wall and Bamboo Reinforced Concrete Frame for Redevelopment of Traditional Houses in Pengotan Village. *Key Engineering Materials*, 594–595, 477–481. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.594-595.477>
- Sutarja, I. N. (2018). Safe, Simple and Comfortable House with Bamboo Reinforced Concrete Structure. In *Bamboo - Current and Future Prospects*. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.68543>
- Sutarja, I. N., Ardana, M. D. W., & Putra, I. D. G. A. D. (2021). The Post-disaster House: Simple Instant House using Lightweight Steel Structure, Bracing, and Local Wood Wall. *International Journal of Engineering*, 34(2), 348–354. <https://doi.org/10.5829/ije.2021.34.02b.06>
- Sutarja, I. N., & Putra, I. D. G. A. D. (2022). Ergonomics in the Contemporary Balinese Building: the Integration between Architectural and Structural Aspects. *Civil Engineering and Architecture*, 10(2), 501–512. <https://doi.org/10.13189/cea.2022.100210>
- Winarno, B. (2018). Evaluasi program penyediaan rumah layak huni bagi masyarakat miskin di Kabupaten Belitung. *Jurnal Pengembangan Kota*, 6(1), 66. <https://doi.org/10.14710/jpk.6.1.66-74>
- Zuraida, S., & Pratiwi, S. (2020). Panel Komposit Limbah Serbuk Kayu sebagai Alternatif Komponen Bangunan Ramah Lingkungan. *Journal of Applied Science (JAPPS)*, 2(1), 061–066. <https://doi.org/10.36870/japps.v2i1.162>