



Plagiarism Checker X Originality Report

Similarity Found: 9%

Date: Wednesday, January 25, 2023

Statistics: 354 words Plagiarized / 4126 Total words

Remarks: Low Plagiarism Detected - Your Document needs Optional Improvement.

Adaptabilitas **Struktur dan Konstruksi** Atap pada **Rumah Panggung Kayu** di **Kabupaten Bima** dalam Konteks Budaya Seismik Lokal Abstrak Kondisi lingkungan **yang rawan gempa** menuntut komunitas vernakular **di Kabupaten Bima** beradaptasi dengan melakukan 'inovasi' pada **sistem struktur dan konstruksi** rumah panggungnya. **Struktur bagian bawah** cenderung tetap, sedangkan **pada bagian atas** cenderung berubah. Tujuan dari **penelitian ini** adalah melakukan identifikasi perbedaan jenis **sambungan kayu** antar elemen **dan konstruksi rangka atap** rumah panggung kayu di **Desa Mbawa, Maria, Sambori, dan Kole, Kabupaten Bima** dalam konteks adaptabilitasnya **terhadap gempa**.

Pengamatan dan dokumentasi **di lapangan** dilakukan untuk **pengumpulan data** dan proses identifikasi. Hasil dokumentasi kemudian dianalisis untuk memastikan jenis sambungan antar **elemen pada** setiap bagian **rangka atap**. Secara umum, ditemukan lima tipe konstruksi **rangka atap** yang masing-masing memiliki jenis **sambungan kayu** antar elemen yang **terdiri dari join sendi** (pin), kaku (rigid), dan join geser (friction). Keterpaduan antar join pada setiap bagian **pada rangka atap** dengan keunikan konstruksinya yang berkembang **sampai saat ini** telah terbukti **mampu bertahan terhadap** lingkungannya **yang rawan gempa**.

Perubahan-perubahan dilakukan oleh **masyarakat untuk** meningkatkan adaptabilitas seismik **uma panggung** menunjukkan bahwa budaya seismik lokal masih berkembang **di Kabupaten Bima**. Kata kunci: sambungan kayu, struktur atap, rumah panggung, adaptabilitas, budaya seismik lokal Paper title The Adaptability of Roof Structure and Construction **of Wooden Stilt Houses in Bima Regency** in the Context of **Local Seismic Culture** Abstract Earthquake-prone environmental conditions require the vernacular community **in Bima Regency** to adapt by carrying out 'innovations' in their stilt houses'

structural and construction systems. The bottom structure tends to remain, while the top tends to change.

This study aimed to identify the differences in the types of wood joints between the elements and the roof construction on wooden stilts of Mbawa, Maria, Sambori, and Kole Village, Bima Regency, in the context of their adaptability to earthquakes. Observations and documentation are carried out for data collection and identification processes. The documentation results are then analyzed to ensure the connection type between the elements on each part of the roof truss. Five types of roof truss construction are found, each with some wood connection type: pin, rigid, and friction joint.

The integration between joints in each part of the roof truss with the unique construction that has developed to date has proven to be able to withstand earthquake-prone environments. The changes made by the community to improve the seismic adaptability of uma panggung show that the local seismic culture is still developing in Bima Regency. Keywords: wood joint, roof structure, stilt houses, adaptability, local seismic culture. Pendahuluan Pulau Sumbawa memiliki potensi kerawanan gempa, baik tektonik maupun vulkanik.

Kerawanan tektonik terjadi karena letaknya diapit sesar aktif Flores Back Arc Thrust di sebelah utara dan sesar pertemuan lempeng tektonik Samudera Indonesia – Eurasia (Santoso & Agustawijaya, 2020). Potensi kerawanan vulkanik berasal dari gunung api aktif yaitu Gunung Tambora dan Gunung Sangeang. Kabupaten Bima terletak di Pulau Sumbawa, sehingga memiliki kondisi wilayah yang rawan gempa. Gambar 1 menunjukkan jumlah bencana gempa tahun 2011, 2014, dan 2018 di delapan belas kecamatan (BPS Kabupaten Bima, 2020a).

Dari delapan belas kecamatan, hanya dua kecamatan yang tidak pernah mengalami gempa bumi pada tahun-tahun tersebut, yaitu Kecamatan Parado dan Sape. Jadi hampir seluruh wilayah (89%) di Kabupaten Bima rawan terhadap gempa. Selain itu, 16 (enam belas) kejadian gempa dari tahun 2015 hingga 2017 dengan kekuatan gempa 5 - 6,2 terjadi di kabupaten ini (BMKG, 2017) Gambar 1. Jumlah kejadian gempa di tahun 2011, 2014, dan 2018 di setiap kecamatan (BPS Kabupaten Bima, 2020a) Kondisi geologi suatu kawasan dan bencana alam yang sering terjadi di masa lalu dapat mempengaruhi tipologi dan konstruksi bangunan (Lang et al., 2018).

Selain itu faktor lingkungan juga berperan dalam membentuk tipologi rumah vernakular, karena elemen fisik dan lingkungan adalah dasar untuk menentukan posisi struktur, orientasi, pilihan bahan, tata letak, bahan konstruksi, dan desain fasadnya

(Erarslan, 2019). Dari kejadian-kejadian gempa yang lalu, bangunan dengan material dan konstruksi rangka kayu memiliki respons yang sangat baik terhadap seismik di berbagai belahan dunia, antara lain di Jepang (Horie & Kaneko, 2017; Okubo, 2016) Turki (Akta s , 2017; Erarslan, 2019; G ü çhan, 2018), Nepal (Paudel et al., 2018) di wilayah Himalaya India (Chand et al., 2019, 2020), Korea (Kim, 2020), dan Kaikoura di Selandia Baru (Buchanan & Moroder, 2017).

Material dan konstruksi kayu juga digunakan pada rumah-rumah panggung vernakular di daerah rawan gempa di Indonesia. Kinerja konstruksi kayu terbukti memiliki respon yang baik atau adaptif terhadap gempa, seperti pada omahada di Nias dan uma lengge di Bima (Lumantarna & Pudjisuryadi, 2012), ammu hawu di Pulau Sabu NTT (Pranata & William, 2013), rumah vernakular Rurukan dan Tonsealama di Minahasa (Triyadi & Harapan, 2011), dan rumah vernakular Rejang di Bengkulu (Triyadi et al., 2009).

Oleh karena itu, rumah panggung (uma pangu) dengan material kayu di Kabupaten Bima menjadi objek penelitian yang menarik berkaitan inovasi sistem struktur dan konstruksi untuk merespon kondisi lingkungan yang rawan gempa (gambar 2). Gambar 2. Uma pangu di Kabupaten Bima Local seismic culture atau budaya seismik lokal adalah pengetahuan masyarakat setempat tentang pengaruh gempa yang terjadi di daerahnya terhadap bangunan dan bagaimana mereka menerapkan pengetahuan tersebut secara konsisten untuk memperkuat bangunan (Ferrigni, 2015b). Masyarakat lokal kemudian menurunkan pengetahuan ini kepada generasi berikutnya, dan mereka melakukan perbaikan-perbaikan.

Mereka melakukan perbaikan atau penguatan sesuai dengan kebutuhan untuk mengantisipasi kejadian gempa berikutnya. Budaya seismik lokal memiliki ciri-ciri sebagai berikut: memanfaatkan material lokal, menggunakan keterampilan pertukangan setempat, dan sumber daya lokal lainnya (Ferrigni, 2015b; Ortega et al., 2014, 2015, 2017). Selain itu, ciri-ciri tersebut sesuai dengan budaya setempat dalam wujud teknik tradisional pada bangunan vernakular.

Teknik yang terus dipertahankan meliputi praktik konstruksi yang bersahaja tetapi efektif dalam mengurangi kerentanan bangunan akibat gempa (Ortega et al., 2015, 2017). Teknik-teknik tradisional yang mempengaruhi kinerja seismik pada bangunan vernakular meliputi teknik sambungan antar elemen struktur, teknik menstabilkan elemen struktur dan bangunan, teknik menahan beban lateral (Ortega et al., 2018). Pendekatan dalam budaya seismik lokal dapat dibagi dalam tiga kategori yaitu rigidity, flexibility dan deformability (Ferrigni, 2015a).

Berdasarkan penelitian- penelitian yang sudah dilakukan di Indonesia, budaya seismik

lokal dalam arsitektur vernakular di daerah rawan gempa di Indonesia lebih mengarah ke pendekatan flexibility. Hal ini dapat dilihat dari material yang digunakan yaitu kayu lokal dengan dimensi yang cenderung langsing dan karakter sambungan antar batang dan tumpuan yang memberikan peluang terjadinya pelepasan (disipasi) energi pada saat terjadi gempa (Lumantarna & Pudjisuryadi, 2012; Maer & Pudjisuryadi, 2015; Manthani & Fauzan, 2019; Pranata & William, 2013; Prihatmaji et al., 2015; Triyadi & Harapan, 2011).

Pembangunan dalam konteks budaya seismik lokal juga memperhatikan aspek-aspek pemeliharaan dan perkuatan pada bangunan untuk mengantisipasi gempa berikutnya. Aspek-aspek kegiatan membangun dalam konteks budaya seismik lokal telah dilakukan turun-temurun oleh masyarakat vernakular di daerah rawan gempa. Jadi budaya seismik lokal tidak dapat dipisahkan dari adaptabilitas arsitektur vernakular di daerah rawan gempa. Budaya seismik lokal menjadi bagian dari praktek berarsitektur masyarakat vernakular di daerah rawan gempa.

Adaptabilitas seismik arsitektur vernakular berhubungan erat dengan eksistensi budaya seismik lokal. Adaptabilitas arsitektur vernakular terhadap kondisi lingkungannya merujuk pada kemampuan arsitektur vernakular beradaptasi sesuai dengan kondisi lingkungannya saat ini dengan tetap memperhatikanantisipasi kondisi di masa mendatang. Kondisi lingkungan yang rawan gempa menuntut komunitas vernakular di Kabupaten Bima beradaptasi dengan melakukan 'inovasi' pada sistem struktur dan konstruksi rumah tinggal mereka.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan identifikasi perbedaan sistem dan jenis sambungan kayu antar elemen dan konstruksi rangka atap rumah panggung kayu di Desa Mbawa, Maria, Sambori, dan Kole, Kabupaten Bima dalam konteks adaptabilitasnya terhadap gempa. Metode Riset Penelitian ini adalah penelitian kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Lokasi penelitian di beberapa desa di Kabupaten Bima. Kabupaten Bima memiliki luas area 4389,4 km² yang terdiri dari 18 kecamatan (BPS Kabupaten Bima, 2020b). Untuk memudahkan peneliti menentukan lokasi dan kasus sebagai objek penelitian, maka diperlukan proses sampling (Neuman, 2014). Metode purposive sampling ditetapkan dengan mempertimbangkan keunikan lokasi dan kemudahan akses ke lokasi (Lucas, 2016).

Objek yang menjadi sampel dalam penelitian ini adalah bangunan rumah vernakular di Kabupaten Bima, yaitu rumah panggung dengan bahan kayu setempat. Dari kerangka sampling, ditentukan lokasi penelitian di empat desa yaitu: Desa Mbawa, Desa Maria, Desa Sambori, dan Desa Kole. Observasi lapangan dilaksanakan untuk mendapatkan data empiris di lokasi objek penelitian. Pada tahap ini, peneliti melakukan kegiatan

pengumpulan data melalui dokumentasi foto, pengukuran objek, dan wawancara langsung dengan para informan.

Data berupa dokumentasi foto objek penelitian, sketsa hubungan antar elemen struktur, dan gambar-gambar terukur. Pengukuran pada objek penelitian dilakukan dengan menggunakan alat ukur meteran manual dan digital. Objek pengamatan adalah enam belas uma punggu, yang terdiri uma punggu bertiang 6 (enam), 9 (sembilan), 12 (dua belas), dan 16 (enam belas). Wawancara kepada ahli bangunan (penggita) dan tokoh adat setempat dilaksanakan untuk mendapatkan data nama dan fungsi ruang, tahapan membangun, nama elemen-elemen bangunan dan materialnya.

Selain itu dari hasil wawancara diperoleh data kebiasaan masyarakat dalam memperbaiki rumah. Dokumentasi, pengukuran objek, dan wawancara kepada para informan adalah kegiatan yang saling melengkapi saat pengumpulan data di lapangan (Lucas, 2016). Setelah pengumpulan data di lapangan selesai, peneliti kemudian mengolah data foto, gambar dan catatan kerja lapangan tersebut untuk keperluan analisis. Analisis data penelitian kualitatif studi kasus dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu dengan mengidentifikasi hal (tema) yang menonjol, mengidentifikasi keteraturan yang berpola, menghubungkan kategori dengan kerangka studi literatur, dan menampilkan data temuan dalam gambar, diagram, dan tabel (Creswell, 2013). Analisis data pada penelitian ini dilaksanakan dengan cara, sebagai berikut: A.

Mengidentifikasi bagian struktur dan konstruksi yang menonjol dari setiap kasus uma punggu dan kemudian membandingkan antar kasus. B. Mengidentifikasi keteraturan yang berpola dari struktur dan konstruksi uma punggu. C. Mengklasifikasikan data dari hasil identifikasi struktur dan konstruksi uma punggu menjadi kategori dan menghubungkan kategori dengan hasil studi literatur. D. Memvisualisasikan data dengan gambar dan diagram untuk mempertajam perbandingan antar kasus pada uma punggu. Penguraian komponen-komponen pada bagian-bagian struktur rangka juga dilakukan untuk mengetahui jenis hubungan antar komponen tersebut.

Berikutnya untuk mengetahui distribusi jenis-jenis hubungan antar komponen pada bagian struktur rangka atap, maka peneliti melakukan uji statistik deskriptif yaitu analisis distribusi yang disajikan dengan bagan stacked column dengan total kumulatif setiap kolom selalu sama 100%. Diagram ini dipilih karena dapat menggambarkan persentase eksistensi masing-masing jenis hubungan antar komponen struktur pada setiap kasus uma punggu. Hasil dan Pembahasan Karakter struktur uma punggu Rumah panggung di Kabupaten Bima atau disebut dalam bahasa Bima uma punggu, berstruktur rangka dengan konstruksi bermaterial kayu lokal. Rangka struktur terdiri dari tiang dan balok.

Pada beberapa bagian yaitu pada bagian struktur panggung dan struktur rangka atap terdapat batang diagonal yang berfungsi untuk stabilitas dan menambah kekakuan struktur. Struktur dan konstruksi empat jenis uma panggung dari empat desa dapat dilihat pada gambar 3. Struktur bagian bawah terdiri dari struktur panggung dan struktur dinding. Kedua subbagian tersebut dikategorikan sebagai struktur bawah karena tiang (ri'i) menerus dari pondasi sampai di bawah rangka atap. Tiang berfungsi menahan beban rangka atap. Struktur bagian atas adalah struktur rangka atap. Gambar 3.

Struktur uma panggung pada 16 studi kasus Struktur dan konstruksi bagian bawah memiliki kesamaan pada setiap kasus. Struktur terdiri dari tiang (ri'i) ber-tembuku dan balok ganda yang disusun bersilangan yang disebut dengan nggapi wela dan nggapi doru. Tembuku adalah bagian tiang yang menonjol mirip mini corbel yang berguna untuk meletakkan balok ganda sisi panjang yaitu nggapi doru. Balok ganda sisi pendek yaitu nggapi wela diletakkan di atas nggapi doru. Kaki tiang dihubungkan dengan balok ganda menggunakan batang diagonal yang disebut dengan ceko untuk menambah stabilitas dan kekakuan terhadap beban lateral.

Antar elemen tiang dengan balok dan tiang dengan batang diagonal dihubungkan dengan pasak kayu yang disebut dengan wole. Tiang diletakkan pada batu datar (pali) sebagai pondasi. Gambar 4 menunjukkan konstruksi keempat elemen tersebut pada setiap studi kasus. Gambar 4. Struktur panggung uma panggung pada 16 studi kasus Stabilitas struktural dari tata letak struktur bawah memungkinkan struktur uma panggung menahan beban lateral saat terjadi gempa.

Tembuku pada tiang dan batang diagonal (ceko) menjadi bagian dari inovasi yang dilakukan oleh ahli bangunan setempat (penggita). Kedua elemen stabilitas tersebut dibuat tanpa mengurangi dimensi dari tiang, sehingga kekuatan tiang tidak berkurang. Hubungan antar elemen lebih mengandalkan bidang kontak dengan tembuku (sambungan tidak langsung) dan alat sambung dengan pasak (sambungan langsung). Perpaduan konstruksi sambungan langsung dan tidak langsung dengan pasak memungkinkan struktur memberikan respon dengan strategi pelepasan (disipasi) energi saat terjadi gempa (Crayssac et al., 2018; Ferrigni, 2015b).

Struktur bawah cenderung ajek dan dipertahankan oleh masyarakat. Teknik bersahaja yang terus dipertahankan karena terbukti efektif dalam adaptabilitasnya terhadap gempa adalah bagian dari budaya seismik lokal (Ortega et al., 2015, 2017). Berbeda dengan struktur bagian bawah yang memiliki kesamaan konstruksi pada setiap kasus, pada struktur bagian atas, sebagian memiliki konstruksi yang berbeda, seperti yang terlihat pada gambar 3. Perbedaan pertama terletak pada rangka atap pada sisi melintang (bentang pendek), yaitu pada penampang depan. Perbedaan kedua pada sisi

memanjang (bentang panjang).

Secara umum perbedaan terletak pada bentuk rangka struktur dan perletakan batang diagonal pada kedua sisi tersebut. Perbedaan yang lebih jelas pada sisi melintang (bentang pendek) dapat dilihat pada gambar 5. Gambar 5. Penampang struktur atas (rangka atap) pada sisi melintang Berdasarkan bentuk struktur, perletakan batang diagonal, dan jenis sambungan antar batangnya, enambelas penampang rangka struktur atas pada sisi pendek tersebut dapat dibagi menjadi lima tipe. Tipe yang pertama diwakili oleh objek B, tipe kedua diwakili oleh objek G, tipe ketiga diwakili oleh objek J, tipe keempat diwakili oleh objek M, dan tipe kelima diwakili oleh objek P.

Ditinjau dari sistem rangkanya, objek M memiliki sistem yang berbeda pada bila dibandingkan dengan tipe yang lainnya. Pada objek M, tiang atap yang bertumpu pada balok tanpa diberi elemen batang diagonal. Jadi tiang tersebut lebih rentan terhadap beban lateral. Stabilitas tiang atap pada model tersebut mengandalkan hubungan (joint) kaku (rigid) antara tiang dan balok tumpuannya. Detil sambungan setiap objek tersebut dapat dilihat pada gambar 6, 7, dan 8. Penguraian Komponen pada Struktur Atas Untuk mengetahui jenis-jenis hubungan (joint) antar batang, maka pada setiap objek dilakukan penguraian komponen struktur.

Penguraian yang pertama dilakukan pada pertemuan antar elemen pada bagian tengah bawah (gambar 6). Penguraian yang kedua pada pertemuan antar elemen pada bagian ujung kanan bawah (7). Penguraian bagian yang ketiga pada pertemuan antar elemen bagian tengah atas (gambar 8). Gambar 6 menunjukkan penguraian komponen struktur atas (SA) pada bagian 1 (satu). Bagian ini menunjukkan hubungan antara tiang atap (batang 4 /panta) dengan balok melintang (batang 2 /pangere) dan balok memanjang (batang 3 /tonda pantabutu) pada rangka atap bagian bawah.

Keunikan masing-masing tipe terletak pada bentuk rangka untuk merespons beban lateral dan detil sambungan antar batang atau komponen struktur untuk merespons seismik. Untuk merespons beban lateral pada arah memanjang (bentang panjang), pada struktur tipe 1, 4, 5 mengandalkan sistem stabilitas dengan batang diagonal (batang 5/siku). Gambar 6. Penguraian komponen struktur atas pada bagian 1: objek B (Hariyanto et al., 2020), objek G, J, M, dan P Gambar 7 menunjukkan penguraian komponen struktur atas (SA) pada bagian 2 (dua).

Bagian ini menunjukkan hubungan antara tiang (batang 1 /ri ' i) dengan balok melintang (batang 2 /pangere) dan hubungan antara batang 2 (pangere) dengan batang 3 (panggalari wela) pada ujung rangka atap bagian bawah. Selain itu pada gambar tipe 1, 2, 3, dan 5 terdapat penguraian hubungan batang 2 (pangere) dengan batang 4 (siku).

Untuk merespons beban lateral pada arah bentang pendek, struktur pada tipe 1, 2, 3, 5 mengandalkan hubungan kaku (rigid) antara tiang (batang 1 /ri ' i) dengan batang 2 (pangere) dan antara batang 2 (pangere) dengan batang 4 (siku).

Pada rangka struktur tipe 4, beban lateral tersebut direspon oleh hubungan kaku (rigid) antara tiang (batang 1 /ri ' i) dan batang 2 (pangere). Gambar 7. Penguraian Komponen Struktur Atas pada Bagian 2: objek B (Hariyanto et al., 2020), objek G, J, M, dan P Gambar 8 menunjukkan penguraian komponen struktur atas (SA) pada bagian 3 (tiga) yaitu struktur rangka atap bagian atas. Bagian ini menunjukkan, yang pertama adalah hubungan antara tiang (batang 1 /ri ' i) dengan balok memanjang arah Y (batang 2 /kalibawo) pada semua tipe.

Yang kedua, hubungan antara batang 1 (ri ' i) dan 2 (kalibawo) dengan batang 3 dan 4 (siku) pada tipe 1, 2, 3, dan 5. Yang ketiga, hubungan antara komponen batang 1 (ri ' i) dan batang 2 (kalibawo) dengan batang 5 (siku). Untuk merespons beban lateral pada arah bentang pendek, struktur pada tipe 1, 2, 3, 5 mengandalkan elemen stabilitas batang 3 dan 4 (siku). Untuk merespons beban lateral pada arah bentang panjang, rangka struktur pada tipe 1, 2, 4, 5 menggunakan elemen stabilitas batang diagonal yang disebut dengan siku. Gambar 8. Penguraian Komponen Struktur Atas pada Bagian 3: objek B (Hariyanto et al.,

2020), objek G, J, M, dan P Analisis hasil identifikasi dari penguraian antar komponen struktur tersebut ditampilkan dalam diagram stacked column. Analisis hasil identifikasi bagian pertama dapat dilihat pada gambar 9, bagian kedua dapat dilihat pada gambar 10, dan bagian ketiga dapat dilihat pada gambar 11. Gambar 9. Persentase jumlah sambungan rigid, pin, dan friction pada bagian 1 struktur atap di setiap objek penelitian Hasil identifikasi jenis hubungan antar komponen pada bagian 1 (satu) di setiap objek penelitian (A s/d P) dapat dilihat pada gambar 9.

Dari hasil analisis distribusi, dapat ditemukan 3 (tiga) jenis karakter hubungan antar komponen pada bagian tersebut, yaitu: rigid – pin – friction, rigid – friction, dan rigid – pin. Hubungan kaku (rigid) ditemukan di seluruh objek, hubungan sendi (pin) ditemukan di 11 (sebelas) objek, hubungan geser (friction) ditemukan di 15 objek. Keberadaan teknik sambungan kayu yang menerapkan sifat hubungan sendi dengan pasak dan sifat hubungan geser (friction) dapat mendukung adaptabilitas struktur atap uma panggung dalam konteks lingkungannya yang rawan gempa. Gambar 10.

Persentase jumlah sambungan rigid, pin, dan friction pada bagian 2 struktur atap di setiap objek penelitian Hasil identifikasi jenis hubungan antar komponen pada bagian 2 (dua) di setiap objek penelitian (A – P) dapat dilihat pada gambar 10. Dari hasil analisis

distribusi, dapat ditemukan 2 (dua) jenis karakter hubungan antar komponen pada bagian tersebut, yaitu: rigid – pin, dan rigid saja. Hubungan kaku (rigid) ditemukan di setiap objek dan hubungan sendi (pin) ditemukan pada objek A, B, I, J, K, L, dan P.

Keberadaan teknik sambungan kayu yang menerapkan sifat hubungan sendi (pin) dengan alat sambung pasak dapat mendukung adaptabilitas struktur rangka uma panggu dalam konteks lingkungannya yang rawan gempa. Hubungan kaku (rigid) ditemukan pada 11 (sebelas) objek, hubungan sendi (pin) ditemukan pada 9 objek, dan hubungan geser (friction) ditemukan pada 8 (delapan) objek (gambar 11). Beberapa objek hanya menerapkan hubungan kaku (rigid) pada bagian 3 struktur tersebut, yaitu F, G, H, M, N, O, dan P. Gambar 11.

Persentase jumlah sambungan rigid, pin, dan friction pada bagian struktur atap di setiap objek penelitian Hubungan yang bersifat rigid dapat meningkatkan kekakuan pada sistem, sedangkan hubungan sendi dan hubungan geser dapat meningkatkan fleksibilitas pada struktur bangunan. Keterpaduan dua aspek tersebut, yaitu kekakuan dan fleksibilitas diperlukan dalam mendukung kinerja struktur terhadap beban lateral (beban gempa). Namun demikian, dominasi karakter kekakuan pada hubungan antar komponen ditemukan pada struktur atas bagian 2 (gambar 10) dan bagian 3 (gambar 11) pada sampel uma panggu M, N, O, dan P.

Hal ini menunjukkan ada upaya masyarakat untuk memperkaku struktur bangunannya karena melihat deformasi pada struktur atas sebagai kelemahan bukan sebagai bagian dari adaptabilitas. Gambar 12. Stabilitas sistem struktur pada objek B (Hariyanto et al., 2020), objek G, J, M, dan P Sambungan kaku (rigid), sendi (pin), geser (friction) pada komponen struktur bawah dan atas diatur dalam tata letak struktur secara vertikal seperti terlihat pada gambar 12. Tata letak tersebut tidak hanya memenuhi kriteria stabilitas dan kekakuan struktur, tetapi juga memberikan peluang terjadi pergerakan saat terjadi gempa.

Hal tersebut terjadi karena pada titik-titik tertentu terdapat sambungan geser (friction) sehingga saat terjadi gempa mekanisme pelepasan (disipasi) energi dapat terjadi (Hariyanto et al., 2020; Lumantarna & Pudjisuryadi, 2012; Maer & Pudjisuryadi, 2015). Inovasi ini dapat ditemukan pada struktur bagian bawah dan atas uma panggu. Jadi struktur uma panggu di Desa Mbawa, Maria, Sambori, dan Kole ini dapat dikategorikan dalam sistem rangka dengan joint kaku (rigid), sendi (pin), dan geser (friction). Sambungan (joint) kaku (rigid) adalah sambungan yang mampu menerima gaya aksial dan momen, sedangkan joint sendi hanya mampu menerima gaya aksial (Kemp, 2004).

Sambungan geser (friction) memberikan peluang pergeseran struktur saat terjadi gempa

sehingga terjadi pelepasan (disipasi) energi. Strategi disipasi energi adalah strategi yang efektif pada struktur rangka langsing seperti uma punggu dalam adaptasinya terhadap gempa. Keterpaduan setiap komponen pada rangka atap dengan inovasi konstruksinya terbukti mampu bertahan terhadap lingkungannya yang rawan gempa. Hal ini menjadi bagian dari inovasi yang dilakukan oleh para ahli bangunan lokal di Bima.

Inovasi Sambungan Kayu pada Rangka Atap Uma Punggu Setiap komponen struktur harus dihubungkan dengan benar agar beban vertikal dan horisontal dapat diteruskan dengan baik sampai ke tanah. Pada struktur dengan material kayu, bentuk sambungan sangat bervariasi, tetapi pada umumnya dari berbagai bentuk dapat dikategorikan dalam jenis sambungan sendi (pin) dan kaku (rigid). Sambungan (joint) kaku (rigid) mampu menerima gaya aksial dan momen, sedangkan sambungan sendi hanya mampu menerima gaya aksial (Kemp, 2004).

Sambungan kayu pada rangka atap uma punggu, selain berkarakter sendi (pin) dan kaku (rigid), juga pada beberapa bagian berkarakter sambungan geser (friction). Salah satu contoh adalah sambungan berkarakter friction pada rangka atap uma punggu bertiang 9 (sembilan) di Desa Sambori (objek J) seperti yang terlihat pada gambar 13. Penerapan sambungan berjenis friction oleh ahli bangunan setempat bukan tanpa alasan. Saat terjadi gempa, simpangan terbesar (maximum deflection) terjadi pada puncak struktur bagian atas (Charleson, 2008). Namun apa yang dirancang oleh ahli bangunan lokal di Bima tidak mengacu pada teori tentang simpangan maksimum.

Ahli bangunan lokal merancang struktur dan konstruksi uma punggu berdasarkan pengalaman dan konteks lingkungannya yang rawan gempa. Gambar 13. Sambungan kayu tipe geser (friction) pada objek J Konstruksi pada struktur bangunan vernakular merupakan upaya dari ahli bangunan setempat untuk menemukan teknik yang tepat dan praktis dalam merangkai material struktur untuk merespons beban gravitasi dan beban lateral (Oliver, 1997). Upaya tersebut membutuhkan waktu yang panjang karena melibatkan proses try and error (H r m nescu & Enache, 2016).

Teknik sambungan kayu pada stuktur bangunan vernakular dapat menjadi bagian dari penerapan teknik tradisional dalam budaya seismik lokal (Ortega et al., 2018). Teknik sambungan diterapkan untuk menyatukan elemen dalam suatu struktur untuk penyaluran beban pada bangunan. Konstruksi sambungan kayu tersebut dibuat oleh ahli bangunan setempat sebagai bagian dari cara melindungi bangunan saat terjadi gempa. Sambungan antar komponen tersebut memiliki karakter yang dapat menjadi strategi kontrol terhadap seismik.

Dari hasil identifikasi pada karakter sambungan kayu pada struktur rangka atap uma

panggu, maka pendekatan budaya seismik lokal dalam rumah panggung kayu di Bima adalah flexibility. Selain karakter sambungan, penggunaan kayu lokal dengan dimensi yang cenderung langsing juga memperkuat pendekatan tersebut. Dengan pendekatan flexibility, maka bangunan mengakomodasi pergerakan struktur saat terjadi gempa. Pergerakan ini memberikan peluang peluang terjadinya pelepasan (disipasi) energi pada saat terjadi gempa. Mekanisme ini menjadi bagian dari pola adaptabilitas struktur rangka atap uma panggu terhadap lingkungannya yang rawan gempa.

Kesimpulan Bentuk rangka pada struktur bagian bawah pada setiap tipe uma panggu cenderung ajek atau tetap. Karakter tersebut menjadi petunjuk adanya struktur dan teknik berkonstruksi yang masih dipertahankan. Struktur panggung adalah bagian struktur bawah. Keempat komponen pada struktur panggung yaitu tiang ber-tembuku, balok ganda (nggapi), batang diagonal (ceko), dan pasak (wole) kayu saling bersinergi menahan beban gempa. Pergeseran (friction) pada hubungan tiang dengan balok ganda dan balok diagonal pada saat menerima getaran gempa mengakibatkan terjadinya disipasi energi.

Teknik pada struktur panggung merupakan bagian dari strategi adaptabilitas seismik arsitektur vernakular Bima. Melalui penguraian komponen-komponen struktur, peneliti menemukan 3 (tiga) jenis karakter sambungan, yaitu: kaku (rigid), sendi (pin), dan geser (friction). Hubungan yang bersifat rigid dapat meningkatkan kekakuan, sedangkan hubungan sendi (pin) dan hubungan geser (friction) dapat meningkatkan fleksibilitas. Keterpaduan antara aspek kekakuan dan fleksibilitas mendukung kinerja struktur terhadap beban seismik.

Kecenderungan masyarakat untuk menambah kekakuan pada struktur atas dapat mengurangi fleksibilitas struktur pada bagian tersebut. Sifat flexibility pada struktur berhubungan dengan strategi disipasi energi. Budaya seismik lokal dalam arsitektur vernakular Bima mengarah pada pendekatan flexibility. Namun demikian, pada sebagian objek penelitian ditemukan dominasi karakter kekakuan pada hubungan antar komponen struktur atas. Hal ini menunjukkan ada upaya masyarakat untuk memperkaku struktur bangunannya. Masyarakat mungkin melihat fleksibilitas pada struktur atas sebagai kelemahan bukan sebagai bagian dari adaptabilitas.

Selain itu, hasil identifikasi jenis hubungan antar komponen pada struktur atas uma panggu dapat memberikan indikasi bahwa budaya seismik lokal dalam arsitektur vernakular di Bima mengarah pada pendekatan flexibility. Bangunan uma panggu berstruktur rangka dengan karakter sambungan antar batang dan tumpuan memberikan peluang terjadinya pelepasan (disipasi) energi pada saat terjadi gempa. Konstruksi strukturnya menggunakan material kayu lokal dengan dimensi yang

cenderung langsing.

Struktur bagian atas pada uma panggung lebih rentan mengalami deformasi bila dibandingkan dengan struktur bawah, mengindikasikan bahwa pendekatan flexibility secara 'sengaja' dilakukan oleh para ahli bangunan setempat untuk memberikan peluang pelepasan energi akibat getaran gempa pada struktur uma panggung. Ucapan Terimakasih Penelitian ini dapat berjalan atas dukungan dana dari Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan Republik Indonesia dan Universitas Kristen Petra sebagai kampus asal penulis.

INTERNET SOURCES:

1% - <https://ojs.unud.ac.id/index.php/ruang/article/download/59368/34482>

<1% - <https://www.ahlikuli.com/perbedaan-struktur-dan-konstruksi-bangunan/>

<1% - <https://www.pinhome.id/kamus-istilah-properti/rangka-atap/>

<1% -

[http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1338500&val=916&title=E VALUASI%20KINERJA%20STRUKTUR%20GEDUNG%20TINGKAT%20BETON%20BERTULANG%20DENGAN%20ATAP%20BAJA%20RINGAN%20MENGUNAKAN%20ANALISIS%20STATIK%20PUSHOVER](http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1338500&val=916&title=E%20VALUASI%20KINERJA%20STRUKTUR%20GEDUNG%20TINGKAT%20BETON%20BERTULANG%20DENGAN%20ATAP%20BAJA%20RINGAN%20MENGUNAKAN%20ANALISIS%20STATIK%20PUSHOVER)

<1% -

https://www.researchgate.net/publication/338891906_Timber_Construction_Systems_in_Anatolian_Vernacular_Architecture

<1% - <https://toolsgearlab.com/types-of-wood-joints/>

<1% - https://engineering.unl.edu/downloads/files/hw9%20solution_0.pdf

<1% -

<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/38961/1/Local%20Seismic%20Cultures%20-%20The%20use%20of%20timber%20frame%20structures%20in%20the%20South%20of%20Portugal.pdf>

<1% - https://id.wikipedia.org/wiki/Gunung_Tambora

<1% -

<https://www.bps.go.id/indicator/27/171/1/jumlah-desa-1-kelurahan-yang-mengalami-bencana-alam-menurut-provinsi.html>

<1% - https://id.wikipedia.org/wiki/Kelapa_Dua,_Tangerang

<1% -

<https://jakarta.bps.go.id/indicator/34/607/1/jumlah-kejadian-bencana-alam-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-dki-jakarta.html>

<1% - <https://id.theasianparent.com/rumah-panggung>

<1% -

https://www.researchgate.net/profile/Agus-Hariyanto-2/publication/341820488_TEKNIK_TRADISIONAL_PADA_STRUKTUR_RUMAH_PANGGUNG_DI_KABUPATEN_BIMA_UNTUK_KETAHANAN_TERHADAP_GEMPA/links/5ed5e619458515294528074f/Teknik-Tradisional-pada-Struktur-Rumah-Panggung-di-Kabupaten-Bima-untuk-Ketahanan-terhadap-Gempa.pdf

<1% - <http://www.guruips.com/2016/11/pengertian-konsep-ciri-ciri-dan-contoh.html>

<1% - <https://www.kajianpustaka.com/2020/08/budaya-dan-kebudayaan.html>

<1% - <https://serupa.id/pendekatan-pembelajaran/>

<1% - <http://purbawidya.kemdikbud.go.id/index.php/jurnal/article/view/393/217>

<1% -

<https://www.sejasa.com/blog/kayu-material-konstruksi-kuat-dan-ramah-lingkungan/>

<1% - <https://greatdayhr.com/id-id/blog/pembangunan-berkelanjutan/>

<1% -

<https://www.kompasiana.com/nur31032/61b73f3a61b14b4b2d633fc2/keterkaitan-otonomi-daerah-dengan-kearifan-lokal-suku-dayak-di-kalimantan-timur>

<1% - <https://talentaconfseries.usu.ac.id/ee/article/download/846/633/>

<1% - <http://repo.iain-tulungagung.ac.id/14161/6/Bab%20III.pdf>

<1% - http://repository.upi.edu/13562/6/S_PKN_1000558_Chapter3.pdf

<1% -

<https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/5403/4.Zakiah%20Hidayati.pdf;sequence=1>

<1% -

http://repository.unpkediri.ac.id/4342/5/RAMA_88201_19101070012_0012076701_0703046001_03.pdf

<1% - [https://id.wikipedia.org/wiki/16_\(angka\)](https://id.wikipedia.org/wiki/16_(angka))

<1% - <https://haloedukasi.com/tahap-pengolahan-data-penelitian-kuantitatif>

<1% - <https://serupa.id/teknik-analisis-data-penelitian-kualitatif-dan-kuantitatif/>

<1% - http://repository.upi.edu/62129/3/s_ktp_053662_chapter3.pdf

<1% - <https://eticon.co.id/kolom-dalam-bangunan/>

<1% -

<https://desainwarna.my.id/pdf-teknik-tradisional-pada-struktur-rumah-panggung-di-kabupaten-bima-untuk-ketahanan-terhadap-gempa.html>

<1% - <https://danautoba.org/makna-dan-filosofi-rumah-batak-yang-perlu-kita-ketahui/>

<1% -

https://roboguru.ruangguru.com/question/berdasarkan-gambar-di-atas-arus-nomor-4-menunjukkan-adanya-_QU-ROBOGURU-25210

<1% - <https://digilib.itb.ac.id/index.php/gdl/view/62262>

<1% - <https://ilmuteknik.id/sistem-penyediaan-air-bersih-kedalam-bangunan/>

<1% -

<https://repository.usm.ac.id/files/skripsi/C11A/2015/C.111.15.0107/C.111.15.0107-05-BA B-II-20190827105032.pdf>

<1% - <https://www.babla.co.id/contoh/bahasa-indonesia/berbeda>

<1% -

<https://medan.tribunnews.com/2023/01/23/perbedaan-jenjang-vokasi-dan-sarjana-calon-mahasiswa-jangan-salah-pilih?page=2>

<1% - <https://ardra.biz/topik/contoh-isomer-heksena-c6h12/>

<1% - <https://repository.uir.ac.id/4541/5/bab2.pdf>

<1% - <https://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/download/36935/24161>

<1% -

https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/1528/8/UNIKOM_SAEFUL%20RAHMAN_BAB%202.pdf

<1% - <https://courtina.id/kuda-kuda-kayu/>

<1% -

<https://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/BahanAjar/Mulyati/Bahan%20Ajar%20Statika/Materi%20Ajar/Materi%20Pertemuan%20XI,XII,XIIIdoc.pdf>

<1% -

<https://duniaku.idntimes.com/film/internasional/editor-duniaku/10-film-terseru-yang-rilis-di-tahun-2020-dan-2021-sejauh-ini>

<1% -

<http://staffnew.uny.ac.id/upload/131930132/pendidikan/modulmembuat-bangunan-kayu.pdf>

<1% - <https://www.ruangguru.com/blog/latihan-soal-unbk-sma-sosiologi-tahun-2020>

<1% -

<https://narabahasa.id/linguistik-umum/sintaksis/preposisi-pada-kepada-di-dan-ke>

<1% -

<https://kmsgroups.com/struktur-atas-upper-structure-dan-struktur-bawah-lower-structure/info-news/>

<1% - <https://ilmuteknik.id/jenis-hubungan-dan-sambungan-kayu-pada-bangunan/>

<1% - <https://www.merriam-webster.com/dictionary/yang>

<1% -

<https://www.slideshare.net/FernandoAnrest/ppt-15-analisis-hasil-identifikasi-dan-asesmen>

<1% -

<http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/214/jbptppolban-gdl-gitapurnam-10678-3-bab2--9.pdf>

1% -

https://www.researchgate.net/publication/341820488_TEKNIK_TRADISIONAL_PADA_STRUKTUR_RUMAH_PANGGUNG_DI_KABUPATEN_BIMA_UNTUK_KETAHANAN_TERHADAP_GEMPA

<1% - <https://www.ruangguru.com/blog/macam-macam-sendi>
<1% -
<https://repository.unikom.ac.id/62826/1/Pemodelan%20Struktur%20dan%20Tumpuan.pdf>
<1% - <http://eprints.itenas.ac.id/1307/5/05%20Bab%202%20222014244.pdf>
<1% - <https://kantorbahasabengkulu.kemdikbud.go.id/namun-atau-namun-demikian/>
<1% -
https://dewey.petra.ac.id/repository/jiunkpe/jiunkpe/s1/sip4/2019/jiunkpe-is-s1-2019-21415117-43651-retrofit_gempa-chapter2.pdf
<1% - <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jasn/article/download/42321/25733>
<1% -
<https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/23172/05.2%20bab%202.pdf?sequence=6>
<1% - <https://id.wikipedia.org/wiki/Strategi>
<1% -
http://adminbeta.undiknas.ac.id/assets/sipil_bahan_ajar/Struktur_baja_1/Materi%20Baja%201_03a%20Sambungan%20Umum.pdf
<1% - <http://zacoeb.lecture.ub.ac.id/files/2014/10/9-Baut.pdf>
<1% - <http://scholar.unand.ac.id/31335/1/bab%201.pdf>
<1% - <https://eprints.umm.ac.id/38361/3/BAB%20II.pdf>
<1% - <https://testindo.co.id/mengenal-jenis-dan-elemen-struktur-bangunan/>
<1% - <https://ilmuteknik.id/komponen-struktur-bangunan/>
<1% -
<http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/78/jbptppolban-gdl-riawanguna-3873-1-kinerja-s.pdf>
<1% -
https://www.researchgate.net/profile/Agus-Hariyanto-2/publication/341113101_Pemahaman_Masyarakat_terhadap_Faktor_Struktural_dan_Non-struktural_Rumah_Tahan_Gempa/links/5eaed632299bf18b959185a3/Pemahaman-Masyarakat-terhadap-Faktor-Struktural-dan-Non-struktural-Rumah-Tahan-Gempa.pdf
<1% - <https://sipil.uma.ac.id/struktur-atas-dan-struktur-bawah/>