

STUDY OF VERNACULAR HOUSE ENDURANCE IN SOUTH SULAWESI TO EARTHQUAKE AS A RESULT OF QUALITY CHANGE IN STRUCTURE MATERIAL”

Sudarman¹; Muhammad Attar²

Program Studi Teknik Arsitektur, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin
Makassar

Surel: ¹sudarman.abdullah@uin-alauddin.ac.id, ²muhammad.attar@uin-alauddin.ac.id

ABSTRAK

Rumah Vernakular dengan material kayu merupakan rumah mayoritas masyarakat di Indonesia termasuk Sulawesi Selatan, dimana rumah-rumah ini telah terbukti dapat tahan terhadap gempa yang sering terjadi di Indonesia karena dibangun dengan materi kayu kelas I. Akan tetapi belakangan ini keterbatasan kayu kelas I seperti Kayu Ulin yang merupakan material struktur pada kebanyakan rumah vernakular di Sulawesi Selatan mendorong masyarakat untuk mengganti kayu kelas I dengan kayu kelas II dan III sebagai material struktur yang digunakan seperti Kayu Kumea Batu. Hasil Penelitian dengan menggunakan metode simulasi menggunakan SAP 2000 dapat disimpulkan bahwa metode konstruksi yang ada sekarang dengan adanya penurunan kualitas material struktur tidak mampu menahan gaya lateral yang ditimbulkan oleh beban gempa terutama untuk gempa kategori kuat hal ini dapat dilihat simpangan yang terjadi pada sumbu x lantai 2 dan sumbu y pada lantai 1 dan 2 lebih besar dari simpangan izin sehingga struktur bangunan tidak memenuhi standar kinerja batas layan sesuai dengan persamaan SNI-1726-2002 pada kondisi tanah sedang.

Kata kunci: Gempa Bumi, Rumah Vernakular, Struktur Kayu, dan Ketahanan Bangunan.

ABSTRACT

Vernacular house with the wooden material is the majority house of Indonesia society especially in South Sulawesi. These houses are proven could resistant to earthquake in Indonesia because is built with the wood of the best quality like "Ulin Wood". However limitations of wood with the best quality like "Ulin Wood" that be used to structural material push the society to replace with the low quality (Wood Grade II and Wood Grade III) wood. The result of the research with the simulation method (SAP 2000) could be conclusion the construction method applied now with decrease of quality structure material unable to resist of seismic force especially for strong earthquake it could seen that the displacement that occurs on the x-axis of the 2nd floor and the y-axis on the 1st and 2nd floors is greater than the permit of displacement that the building structure does not suitable performance standards according to the SNI-1726-2002 equation in the soft soil conditions.

Keywords: Earthquake, Vernacular House, Wooden Structure, and Building Endurance.

PENDAHULUAN

Industri perakitan rumah vernakular di Sulawesi Selatan yang berkembang pertengahan tahun 90-an yang sampai saat ini masih dapat kita jumpai di beberapa kabupaten di Sulawesi Selatan, walaupun jumlahnya yang semakin berkurang. Salah satu penyebab penurunan jumlah usaha tersebut adalah ketersediaan Kayu Ulin yang merupakan material struktur utama mulai

jarang ditemukan, serta masyarakat yang lebih memilih membangun rumah dengan material bata.

Menurut Wangsadinata (1975) dalam Prihatmaji (2004) bahwa reaksi bangunan kayu terhadap beban yang bekerja seperti beban akibat gaya horisontal atau lateral, berupa *fleksibilitas* (kekakuan dan keuletan) yakni kekakuan unsur atau sambungannya yang membentuk keuletan; *redaman dan*

stabilitas (friction dan pegas) yaitu penyerapan getaran untuk melawan gaya inersia; *elastilitas dan daktilitas* yaitu kemampuan bangunan untuk melakukan deformasi plastis tanpa runtuh; dan *kehiperstatisan* yang dibuat oleh unsur balok yang membentuk sandi plastis sedangkan menurut Tribia (1994) dalam Tjondro (2014) bahwa terdapat beberapa faktor yang menyebabkan tingginya kekuatan kayu sebagai material bangunan seperti kemampuan kayu untuk meningkatkan kekuatan di bawah pemuatan jangka pendek, serta kemampuan untuk menghilangkan sebageian besar energi gempa tanpa mengalami keruntuhan. Ditambahkan oleh Akan (2004) bahwa bangunan dengan material kayu mempunyai perbedaan satu Sama lain ketika terjadi gempa tergantung dari jenis kayu dan konstruksinya serta faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja struktur kayu pada saat gempa seperti kualitas tanah, karakteristik struktural, gaya arsitektur dan material.

Indonesia sendiri merupakan salah satu negara gempa aktif karena terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng tektonik Hindia-Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Eurasia. Pertemuan tiga lempeng ini yang menyebabkan negara Indonesia aktif secara gempa. Menurut Mangunwijaya (1988) dalam Mutmainnah (2009) bahwa gempa bumi menghasilkan getaran, berupa: gelombang primary yang bergeratar berhimpitan dengan arah rambatan, dan gelombang secondary yang bergerak tegak lurus rambatan, serta gelombang large yang berjalan di permukaan tanah.

Menoleh sepuluh tahun terakhir ini banyak gempa besar yang terjadi di Indonesia seperti gempa di Yogyakarta, Aceh, Padang, Nias dan Bengkulu serta gempa-gempa lainnya dengan kekuatan gempa yang lebih rendah seperti di Palu, Majene, Manado, Halmahera dan daerah-daerah lainnya di Indoensia dengan kerugian materil dan imateril yang diakibatkan oleh gempa tersebut.

METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan bersifat deskriptif dan eksploratif dengan melakukan kajian literatur dan pengamatan langsung ke lapangan. Eksplorasi dilakukan pada sampel yang telah ditentukan yakni rumah vernakular Sulawesi Selatan tepatnya yang berada di Kabupaten Enrekang dan dibangaun melalui

industri perakitan rumah yang dikelola langsung oleh masyarakat di Kabupaten Enrekang.

Metode Pengumpulan Data

Langka awal dalam melakukan penelitian ini adalah mengumpulkan data tentang rumah vernakular Sulawesi Selatan di Kabupaten Enrekang mulai dari jenis material yang digunakan, system struktur, serta data lainnya yang dibutuhkan pada proses penelitian yang dilakukan.

Metode Analisis Data

Untuk melihat perilaku dan performa dari rumah vernakular Sulawesi Selatan di Kabupaten Enrekang dilakukan dengan menggunakan bantuan software SAP 2000. Software ini sendiri merupakan suatu program yang didesain untuk membantu menganalisa struktur bangunan yang berbasis merode elemen hingga. Tujuan Penelitian dengan simulasi adalah untuk mengetahui secara terukur dari performa bangunan yang dalam penelitian ini adalah performa system struktur yang diterpakan oleh panrita bola di Kabupaten Enrekang. Studia ini dilakukan sebagai usaha menemukan hubungan kausal untuk menguatkan atau menyimpulkan teori-teori tentang topik yang diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum

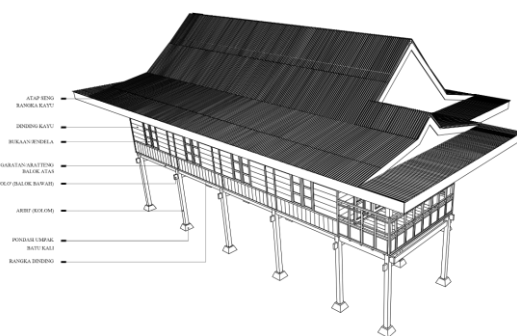
Rumah masyarakat Sulawesi Selatan sebagian besar berupa rumah panggung yang didominasi oleh material kayu. Pemilihan model rumah panggung selain karena faktor budaya juga disebabkan oleh faktor lingkungan seperti iklim setempat serta untuk mengantisipasi dari bahaya serangan hewan buas. Ketinggian rumah-rumah panggung ini bervariasi mulai dari 200 cm sampai dengan 260 cm, ketinggian rumah ini disesuaikan dengan argonomi orang Indonesia kebanyakan yang memiliki tinggi 160-180 cm. Di bawah panggung pada rumah-rumah vernakular di Sulawesi Selatan difungsikan untuk kegiatan sehari-hari seperti menumbuk padi, memelihara ternak, bercengkrama antara masyarakat, serta untuk istirahat pada siang hari.



Gambar 1. Foto Rumah Vernakular Sulawesi Selatan di Kabupaten Enrekang
Sumber: Survei Lapangan, 2018

Terdapat dua metode yang diterapkan dalam konstruksi rumah panggung di Sulawesi Selatan:

- Pertama adalah metode *prefabrikasi*, yaitu semua komponen rumah dirakit di lokasi yang berbeda biasanya dirakit di tempat usaha itu berdiri, kemudian didistribusikan ke lokasi pembangunan rumah.
- Kedua adalah metode *cast in situ*, yaitu komponen-komponen baku didistribusikan langsung ke lokasi pembangunan, sehingga proses awal dimulai dari pemotongan bahan sampai proses akhir yaitu perakitan semua dilakukan di lokasi pembangunan.



Gambar 2. Konstruksi Rumah Vernakular Sulawesi Selatan
Sumber: Survei Lapangan, 2018

Perubahan kualitas material menjadi fenomena tersendiri dalam dunia rancang bangun pada rumah vernakular di Sulawesi Selatan. Akibat dari fenomena tersebut, sekarang ini ditemukan beberapa masalah

pada rumah vernakular Sulawesi Selatan seperti kondisi sambungan yang kurang baik akibat penyusutan kayu yang tinggi. Hal tersebut merupakan salah satu penyebab penurunan kekuatan dan kekakuan portal pada rumah, salah satunya ditandai dengan kondisi rumah yang mengalami goyongan ketika didiami.

Bahan Bangunan

Sebagian besar material yang digunakan dalam konstruksi berasal dari kayu.

Jenis-jenis material yang digunakan pada rumah vernakular Sulawesi Selatan yaitu sebagai berikut:

1. Pada awalnya kebanyakan rumah vernakular di Sulawesi Selatan menggunakan Kayu Ulin yang merupakan kayu kelas 1 tetapi 1 dekade terakhir masyarakat lebih memilih Kayu Kumea (*Manilkara merrilliana*) yang merupakan kayu kelas 2 sebagai komponen struktur utama dikarenakan harganya yang murah serta mudah didapatkan dipasaran.

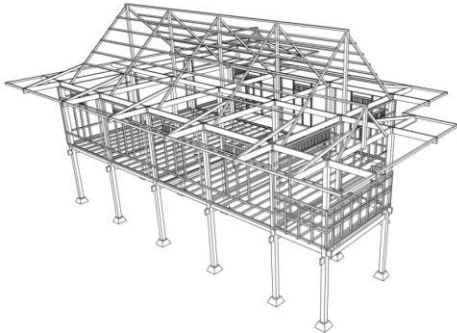
Tabel 1. Perbandingan *Mechanical Properties* Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwagerii*) dengan Kayu Kumea (*Manilkara merrilliana*)

<i>Mechanical Properties</i>	Kayu Ulin (<i>Eusideroxylon zwagerii</i>)	Kayu Kumea (<i>Manilkara merrilliana</i>)
Berat Jenis	1.1 g/cm ³	0.79 g/cm ³
Kuat Lentur	1.431 kg/cm ²	616,40 kg/cm ²
MoE (<i>Modulus Elastisitas</i>)	125.000 kg/cm ²	91.966 kg/cm ²

2. Kayu Kelapa (*Cocos nucifera*) dan Kayu Cemara (*Casuarinaceae*), termasuk dalam kayu kelas 3.
3. Selain material kayu jenis bahan bangunan lain yang terdapat pada rumah vernakular Sulawesi Selatan yaitu seng untuk atap.

Sistem Struktur

Rumah vernakular Sulawesi Selatan merupakan rumah panggung yang didirikan dengan menggunakan sistem struktur rangka, dimana balok dan kolom/tiang adalah unsur utama yang memikul beban yang bekerja pada bangunan, sedangkan elemen dinding hanya berfungsi sebagai pengisi. Mekanisme beban horisontal pada bangunan dengan sistem rangka ialah beban atap yang diakibatkan oleh Gaya inersia yang disalurkan melalui balok kemudian ke kolom dan berakhir di pondasi.



Gambar 3. Sistem Struktur Rangka Pada Rumah Vernakular Sulawesi Selatan
Sumber: Survei Lapangan, 2018

Struktur Pondasi

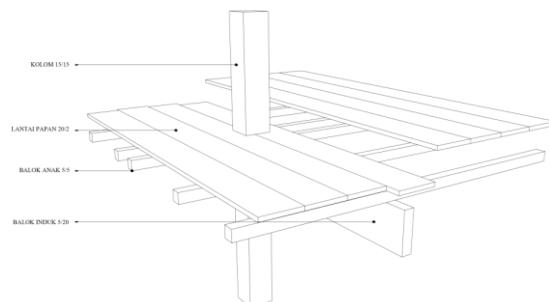
Jenis pondasi yang digunakan pada rumah vernakular Sulawesi Selatan merupakan pondasi umpak dengan material batu kali. Batu kali yang digunakan sengaja dipahat berbentuk limas terpancung dengan ukuran yang berbeda antara sisi atas dan bawah. Pada sisi bawah ukuran pondasi ini 40x40 cm sedangkan untuk sisi atas ukuran pondasi 25x25 cm. Tinggi pondasi sendiri antara 20-30 cm. Metode konstruksi pondasi yang diterapkan dengan meletakkan langsung pondasi ke atas permukaan tanah tanpa ada perencanaan khusus pada pondasi.



Gambar 4. Konstruksi Kolom-Pondasi
Sumber: Survei Lapangan, 2018

Struktur Lantai

Sistem struktur lantai yang digunakan berupa sistem struktur balok anak dan balok induk, dimana balok anak diletakkan di atas balok induk yang berukuran 5x20 cm. Balok anak (barakappu/kumabak) memiliki ukuran 5x5 cm dengan jarak antar balok anak adalah 35-40 cm. Pemasangan balok anak dipasang tegak lurus dengan balok induk, cara pemasangannya sendiri adalah dengan dipaku langsung ke balok induk. Fungsi dari balok anak adalah tempat dudukan papan sebagai lantai rumah. Ukuran papan sendiri adalah 20x2 cm.



Gambar 5. Konstruksi Kolom-Pondasi
Sumber: Survei Lapangan, 2018

Struktur Dinding

Metode konstruksi dinding yang diterapkan oleh *Panrita Bola* pada konstruksi rumah vernakular Sulawesi-Selatan terdapat dua macam, yang pertama dinding diletakkan di sisi terluar kolom dan yang kedua dinding diletakkan di antara kolom.



Gambar 6. Konstruksi dinding dengan Metode Pemasangan Dinding Pada Sisi Terluar Kolom
Sumber: Survei Lapangan, 2018

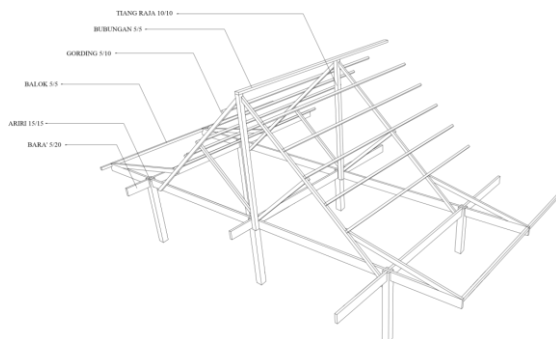


Gambar 6. Konstruksi dinding dengan Metode Pemasangan Dinding Diantara Kolom

Sumber: Survei Lapangan, 2018

Struktur Atap

Berbeda dengan material pada kolom dan balok yang menggunakan jenis Kayu Kumea yang merupakan jenis kayu kelas 2, pada struktur atap sendiri sering yang banyak ditemukan menggunakan kayu kelapa yang merupakan jenis kayu kelas 3. Sebagian besar konstruksi kuda-kuda pada rumah vernakular Sulawesi Selatan memiliki perbedaan dengan konstruksi kuda-kuda yang dianjurkan. Perletakan rangka kuda-kuda tidak berada di titik *centre* pada balok cincin (*bara'*) tetapi diletakkan di sisi terluar balok cincin.



Gambar 7. Konstruksi Rangka Atap

Sumber: Survei Lapangan, 2018

Tahapan Perakitan Rumah

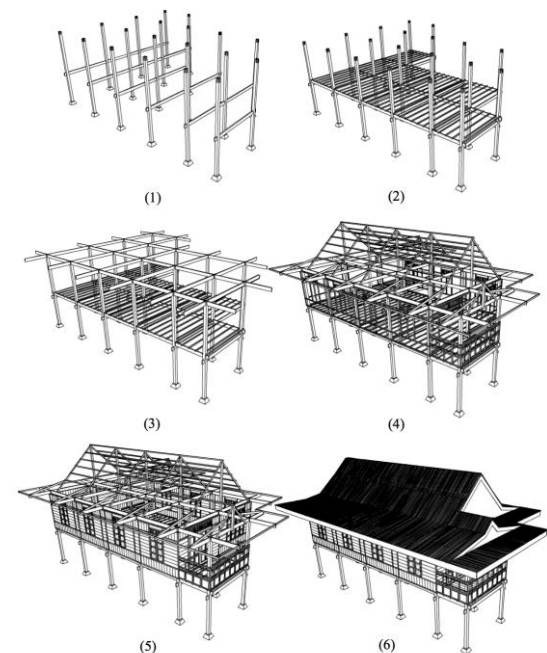
Tahapan perakitan rumah vernakular di Sulawesi Selatan yang pertama adalah pemasangan pondasi batu kali dengan jarak antara pondasi depan ± 3.50 m sedangkan pondasi belakang berjarak ± 3.00 m. Modul ini merupakan modul yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Setelah itu selanjutnya adalah pendirian portal berupa balok dan kolom. Portal balok-kolom dipasang dengan menunggu instruksi Panrita Bola. Portal pertama yang didirikan adalah dua kolom yang letaknya kedua dari depan

pada bagian yang dihuni. Letak kedua kolom ini harus berada di tengah dari portal pada layer tersebut. Kolom ini disebut dengan ariri' posi dan dipercaya kedua kolom ini menjadi pusat dari rumah.

Tahapan berikutnya atau tahapan kedua adalah pemasangan parakappu atau kumabak, komponen ini dalam Bahasa Indonesia dikenal dengan balok anak. Fungsi komponen ini adalah sebagai landasan lantai.

Pada tahap kedua sampai tahap keenam pembagian pekerjaan mulai jelas terlihat, beberapa pekerja mengerjakan inti konstruksi dalam hal ini disebut dengan tim perakir sedangkan pekerja lainnya mulai mengerjakan komponen non-struktural seperti kusen, pintu dan jendela.

Tahapan ketiga adalah pemasangan balok cincin, metode yang digunakan pada konstruksi balok cincin adalah dengan menakik komponen balok cincin baik itu balok cincin pada sumbu x maupun sumbu y, kemudian saling ditumpuk dan diletakkan di atas kolom yang juga ditakik seukuran dengan balok cincin. Setelah pemasangan balok cincin selesai kemudian dilanjutkan dengan pemasangan kuda-kuda.

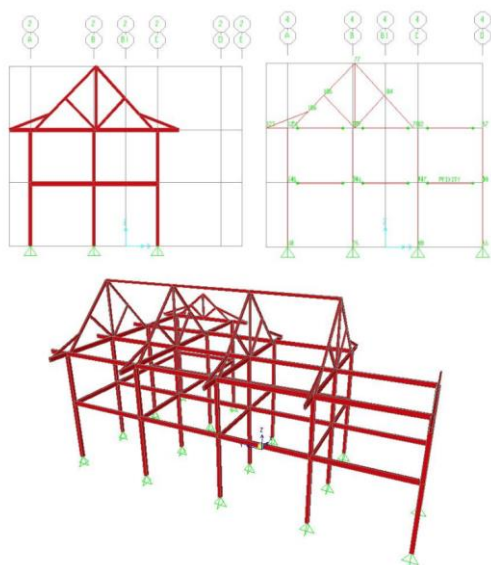


Gambar 8. Tahapan pelaksanaan pembangunan rumah vernakular Sulawesi Selatan berbasis usaha perakitan rumah kayu di Kabupaten Enrekang
Sumber: Survei Lapangan, 2018

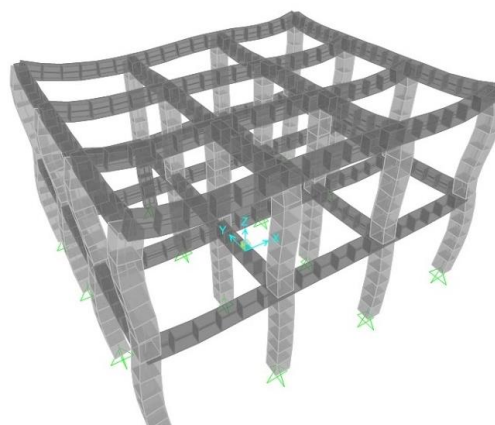
Analisa Ketahanan Struktur Dengan SAP (Structur Analysis Program) 2000 Permodelan Studi Kasus

Model yang dipilih sebagai studi kasus dan dimodelkan dengan SAP 2000 adalah modul rumah yang disiapkan langsung usaha-usaha perakitan rumah kayu di Kabupaten Enrekang serta merupakan modul dengan permintaan terbanyak oleh masyarakat ketika ingin mendirikan rumah. Metode analisis dengan pushover analysis juga telah banyak dilakukan salah satunya pada penelitian yang dilakukan oleh Pranata (2006) dimana metode ini dipilih untuk mengevaluasi kinerja gedung beton bertulang terhadap beban gempa.

Bentuk rumah memiliki bentuk dasar persegi panjang dan merupakan rumah panggung dengan dimensi 7x12 m dengan tinggi rumah mulai dari permukaan tanah sampai atap adalah 8.50 m dengan rincian tinggi dari permukaan tanah sampai dengan lantai adalah 3 m, tinggi dari lantai sampai dengan balok cincin adalah 2.50 m dan tinggi dari balok cincin sampai ujung kuda-kuda adalah 3 m.



Gambar 9. Permodelan Dengan Menggunakan SAP 2000
Sumber: Dokumen Pribadi, 2018



Gambar 10. Perilaku Pembebanan Rumah Vernakular Sulawesi Selatan Dengan SAP 2000

Sumber: Dokumen Pribadi, 2018

Setelah dilakukan proses *running* dengan SAP 2000 didapatkan hasil *displacement* atau simpangan pada struktur ketika menerima beban lateral seperti gempa. Berikut ini disajikan tabel dari hasil *displacement* atau simpangan bangunan yang terjadi.

Evaluasi kinerja struktur gedung dengan meninjau kinerja batas layan atau simpangan dan kinerja ultimit mengacu pada SNI-1726-2002. Untuk memenuhi kinerja batas layan maka dalam hal simpangan bangunan tidak boleh melampaui

$$\frac{0.03 * h \text{ per tingkat}}{R}$$

Batas simpangan kondisi pertama (tanah sedang) pada lantai 1 adalah $0.03 * 3 / 8.5 = 0.011$ m, sedangkan pada lantai 2 adalah $0.03 * 2.5 / 8.5 = 0.0088235$ m

Tabel 2. Perbandingan Antara Simpangan Yang Terjadi Dengan Simpangan Ijin Pada Kondisi Tanah Sedang

Tingkat	Displacement /Simpangan (mm)			Simpangan Ijin (mm)		
	Sum bu x (maks)	Sum bu y (maks)	Sum bu z (maks)	x	y	x
Tingkat I (+3,00)	6.7	16.44	0.04	11	11	11
Tingkat II (+5.50)	12.07	29.99	0.024	8.82	8.82	8.82

Batas simpangan kondisi ke-2 (tanah keras) lantai 1 adalah $0.03 * 3 / 3.5 = 0.2571$ m, sedangkan pada lantai 2 adalah $0.03 * 2.5 / 3.5 = 0.021$ m.

Tabel 3. Perbandingan Antara Simpangan Yang Terjadi Dengan Simpangan Ijin Pada Kondisi Tanah Keras

Tingkat	Displacement /Simpangan (mm)			Simpangan Ijin (mm)		
	Sumbu x (maks)	Sumbu y (maks)	Sumbu z (maks)	x	y	x
Tingkat I (+3,00)	6.7	16.44	0.04	25.71	25.71	25.71
Tingkat II (+5.50)	12.07	29.99	0.024	21	21	21

Dari dua tabel di atas tampak hasil yang berbeda. Pada kondisi tanah sedang, simpangan yang terjadi pada sumbu x lantai 2 dan sumbu y pada lantai 1 dan 2 lebih besar dari simpangan izin sehingga struktur bangunan tidak memenuhi standar kinerja batas layan sesuai dengan persamaan SNI-1726-2002.

Dapat disimpulkan struktur bangunan rumah vernakular Sulawesi-Selatan dengan material struktur Kayu Kumea (Manilkara merrilliana) kurang stabil ketika menerima beban gempa terutama pada kondisi tanah sedang.

Hal seperti ini dapat berakibat fatal karena dapat menyebabkan kerusakan bangunan yang berakibat pada keruntuhan. Kondisi sedikit berbeda ketika rumah vernakular Sulawesi Selatan didirikan pada tanah keras. Hampir semua simpangan yang muncul lebih kecil dari simpangan izin kecuali pada sumbu y.

Dari kedua simulasi dengan kondisi tanah yang berbeda dapat disimpulkan bahwa rumah vernakular Sulawesi Selatan dengan material Kayu Kumea (Manilkara merrilliana) memiliki ketahanan yang kurang baik terhadap beban gempa yang sifatnya bolak-balik terutama pada kondisi tanah sedang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Rumah vernakular dengan material kayu merupakan rumah yang menjadi mayoritas hunian di Sulawesi Selatan. Penurunan kualitas material menjadi permasalahan serius yang ditemukan

pada konstruksi rumah vernakular Sulawesi Selatan 15 tahun terakhir. Langkah serta harganya yang mahal menyebabkan masyarakat beralih dari Kayu Ulin yang merupakan kayu kuat kelas I menjadi Kayu Kumea yang merupakan kayu kuat kelas III serta merupakan kayu endemik yang terdapat banyak di Sulawesi Selatan.

- Untuk mengetahui batas ketahanan rumah vernakular Sulawesi Selatan dengan material Kayu Kumea, maka dilakukan simulasi dengan metode elemen hingga menggunakan *software SAP2000*. Berdasarkan hasil dari analisa rumah vernakular Sulawesi Selatan dengan material Kayu Kumea dengan asumsi-asumsi, seperti sambungan yang diasumsikan tidak rigid dengan besar *moment release* yang diberikan adalah 0.2. Maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut;

- Struktur mengalami ketidakstabilan ketika gempa terjadi terutama pada kondisi tanah sedang, hal ini disebabkan oleh simpangan maksimum yang terjadi lebih besar dari simpangan yang ijin sesuai dengan SNI-1726-2002 kecuali pada sumbu x lantai 1 yang lebih kecil dibandingkan simpangan ijin. Sehingga diperkirakan struktur dapat mengalami kerusakan sampai keruntuhan ketika terjadi gempa dengan asumsi bahwa semua *input* yang dimasukkan sebagai data dalam simulasi adalah benar
- Lebih jauh lagi analisa dilakukan pada jenis-jenis tanah tertentu. Hasil berbeda ketika bangunan didirikan pada kondisi tanah keras, kondisi bangunan lebih stabil dibanding dengan bangunan pada tanah sedang. Indikasi tersebut dapat dilihat pada simpangan bangunan yang terjadi. Hampir semua simpangan maksimum pada tiap sumbu lebih kecil dibanding dengan simpangan ijin. Kondisi seperti ini dapat disimpulkan bahwa bangunan memiliki ketahanan yang baik terhadap gempa.

Saran

- 1) Penggunaan Kayu Kumea sebagai material bangunan harus memperhatikan kadar air dalam kayu. Kondisi kadar air harus memenuhi kadar air seimbang yaitu $< 15\%$ untuk mendapatkan kualitas yang maksimal dari kayu serta dapat meminimalisir penyusutan yang terjadi selama ini.
- 2) Pengembangan pada *eksisting* wajib dilakukan sebagai tindakan preventif, sehingga kejadian-kejadian seperti kerusakan bahkan keruntuhan dapat dicegah.
- 3) Penelitian berbasis pada pengujian fisik perlu dilakukan terhadap struktur *eksisting* rumah vernakular Sulawesi Selatan yang berbasis usaha perakitan rumah oleh masyarakat. Dengan pengujian fisik diharapkan nantinya dapat dilihat perilaku pada komponen struktur terutama pada sambungan secara visual.
- 4) Selain pengujian dengan struktur utuh pada rumah vernakular Sulawesi Selatan, pengujian juga perlu dilakukan pada sambungan untuk memperoleh nilai *moment release* dari setiap sambungan balok dan kolom yang sehingga lebih mendekati kondisi *real* dari material yang digunakan.
- 5) Untuk penelitian lebih lanjut dalam hal pengembangan ke arah industri. Penelitian-penelitian seperti instalasi teknis dan fasilitas dalam produksi juga perlu dilakukan untuk menciptakan konsep yang matang dalam membangun industri rumah dengan rangka kayu di Indonesia.

Prihatmaji, Y.P. 2007. *Perilaku RUMah Tradisional Jawa "Joglo" Terhadap Gempa*. Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur 35 (1): 1 – 12.

SNI 1726-2012. 2012. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Tjondro, J.A. 2014. *Perkembangan dan Prospek Rekayasa Kayu di Indonesia*. Program Magister Teknik Sipil. Universitas Kristen Petra.

Daftar Pustaka

- Akan, A. 2004. *Some Observations On The Behavior Of Traditional Timber Structures In Turkey*. Thesis. Middle East Technical University. Turkey.
- Mutmainnah. 2009. *Komparasi Elaboratif Sistem Sambungan Tradisional Dan Vernakular Untuk Meningkatkan Kualitas Fisik Rumah Kayu Di Sentani Papua*. Tesis S2. Jurusan Arsitektur, ITB. Bandung
- Pranata, Y.A. 2006. *Evaluasi Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Dengan (Sesuai ATC-40, FEMA 356, dan FEMA 440)*. Jurnal Teknik Sipil, 3 (1), Januari 2006.