

ANALISA PERILAKU DAN KETAHANAN RUMAH ADAT BUGIS TERHADAP BEBAN GEMPA

Surya Dewi Puspitasari^{1*}, Suprpto Siswosukarto², Sabrina Harahap¹, Pinta Astuti³

¹Departemen Teknik Sipil, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Bogor, Indonesia

²Departemen Teknik Sipil Dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding author: surya.puspitasari@idu.ac.id

Abstract: This study focuses on analyzing the dynamic behaviour and the stability of bugis traditional house structure resistant to earthquake load. Using Bitti wood (*Vitex cofassus*) and Ipi wood (*Intsia bijuga O.K*) as the main material of Bugis traditional house for this research. A full-scale model of the structural house to analyze the dynamic behaviour and the stability of structures, including beam-column connections using SAP2000 with various loads based on SNI 1727:2013, Indonesian Design Specification for Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. Considering the current development era, this research was using the variety of roof, those are rumbia's leaves roof, zink roof, and tile roof. Response Spectrum is used for the earthquake load in this structure. The ultimate force results from analysis of SAP2000 will be compared with the nominal force of each member, to analyze the stress ratio due to internal forces. The analysis calculation shows that the performance of column is delicate. However, other members are still safe to be used, although using different variety roofs. It can be concluded that the member of Bugis Traditional House is not fully safe.

Keywords: Bugis Traditional House, wood structure, earthquake, stress analysis

Abstrak: Penelitian ini berfokus pada analisis perilaku dinamis dan stabilitas struktur rumah adat bugis yang tahan terhadap beban gempa. Menggunakan kayu Bitti (*Vitex cofassus*) dan kayu Ipi (*Intsia bijuga O.K*) sebagai bahan utama rumah adat Bugis dalam penelitian ini. Sebuah model dengan skala penuh dari rumah struktur untuk menganalisis perilaku dinamis dan stabilitas struktur, termasuk sambungan balok-kolom menggunakan SAP2000 dengan berbagai beban berdasarkan SNI 1727:2013, Spesifikasi Desain Indonesia untuk Beban Desain Minimum untuk Bangunan dan Struktur Lainnya. Mempertimbangkan perkembangan zaman, penelitian ini menggunakan jenis atap yang bervariasi, yaitu atap daun rumbia, atap seng, dan atap genteng. Response Spectrum digunakan untuk beban gempa pada struktur ini. Hasil gaya ultimit dari analisis SAP2000 akan dibandingkan dengan gaya nominal masing-masing komponen struktur, untuk menganalisis rasio tegangan akibat gaya internal. Hasil analisis menunjukkan bahwa kekuatan struktur kolom kurang kuat. Namun, anggota lain masih aman untuk digunakan, meskipun menggunakan atap yang berbeda. Dapat disimpulkan bahwa anggota Rumah Adat Bugis tidak sepenuhnya aman.

Kata kunci: Rumah Adat Tradisional Bugis, struktur kayu, gempa, analisis tegangan

PENDAHULUAN

Suku Bugis merupakan salah satu suku yang dominan bermukim di Provinsi Sulawesi Selatan, dimana memiliki kebudayaan yang menarik yaitu arsitektur rumah tinggalnya. Daya tarik dari rumah adat Bugis ini adalah bangunannya dapat dipindahkan, baik posisi dan lokasinya. Berbeda dengan rumah Jawa yang dibuat dengan sistem bongkar-pasang (*knock down*), rumah adat Bugis ini dapat dipindahkan ke tempat yang baru secara utuh tanpa adanya

pembongkaran terlebih dahulu. Seluruh bangunan rumah dapat diangkat secara bergotong-royong tanpa menggunakan alat bantu (Hartawan, 2015). Sompotan (2012) menyatakan bahwa Pulau Sulawesi terletak di tempat pertemuan tiga lempeng besar dunia yaitu : lempeng Indo-Australia lempeng pasifik dan lempeng Eurasia serta lempeng yang lebih kecil yaitu lempeng Filipina (Armstrong F. Sompotan, 2012). Tidak mengherankan apabila provinsi ini menjadi salah satu daerah rawan terjadi gempa bumi di Indonesia. Pada tanggal

14 Desember 2021 telah terjadi gempa bumi berkekuatan M 7,5 di Nusa Tenggara Timur (NTT) akibat terjadinya sistem sesar geser yang memanjang hingga wilayah Sulawesi Selatan (Prihatini, 2021).

Penelitian mengenai rumah adat Bugis umumnya hanya membahas tentang kebudayaan masyarakat (Nawawi, 2020) dan arsitekturalnya (Atika, 2018; Aryun Muhammad Al-Faaruuq, 2020). Sedangkan, penelitian kekuatan rumah adat bugis terhadap beban yang bekerja dan gempa bumi masih terbatas jumlahnya. Hal tersebut mendasari penulis untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap perilaku dan tingkat stabilitas struktur rumah tersebut terutama terhadap beban gempa.

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik yang dimiliki oleh sistem struktur bangunan rumah adat Bugis antara lain tidak menggunakan tiang tembus yang tinggi melewati garis batas bawah atap, tidak menggunakan balok melintang di struktur bagian atap, struktur atap tidak menyatu kaku dengan struktur badan bangunan, menggunakan 4 deret tiang arah lebar bangunan utama. Rumah adat bugis terdiri dari 3 susun lantai secara vertikal, yang terdiri dari: *Rakkeang*, *Ale bola*, dan *Awa bola* (Hartawan, 2015; Atika, 2018; Aryun Muhammad Al-Faaruuq, 2020). *Rakkeang* merupakan bagian ruangan atas yang berfungsi untuk menyimpan hasil – hasil panen, benda – benda pusaka yang dikeramatkan, tempat mengintip para anak gadis bila ada acara – acara khusus, dan tempat untuk upacara – upacara ritual. Ruang Badan Bangunan/ *Ale Bola* ini merupakan ruang untuk aktivitas penghuni sehari – hari (bersosialisasi) dan sebagai lantai utama. Ruang bawah/ *Awa bola* adalah ruang paling bawah menggunakan tanah sebagai lantainya, yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan peralatan kerja dan ternak.

Pemilihan jenis kayu yang digunakan untuk rangka umumnya menggunakan kayu jati sebagai rangka tiang dan kayu taem sebagai rangka balok. Suharto Arfan (1999) mengemukakan bahwa kayu jati umumnya tidak panjang dan tidak lurus sehingga tidak cocok untuk digunakan sebagai balok, sedangkan kayu taem umumnya berukuran panjang dan lurus,

tetapi memiliki dimensi yang kecil. Kedua jenis kayu tersebut juga mulai sulit ditemukan, maka digunakan kayu uling sebagai penggantinya. Kayu yang digunakan tidak boleh kayu yang mempunyai mata atau bercabang. Atap rumah adat Bugis pada awalnya menggunakan daun rumbia, akan tetapi, karena perkembangan teknologi masyarakat yang menggunakan daun rimba beralih dengan seng (Saripuddin, 2018). Menurut Suharto Arfan (1999) pada saat itu tahun 1999 jumlah rumah yang menggunakan atap seng adalah 70 % sedangkan atap daun rumbia 30 %. Dinding yang digunakan berupa papan kayu terutama untuk rumah bagian depan, bambu dan seng superdek sebagai dinding pada bagian samping. Bambu yang digunakan untuk dinding biasanya adalah jenis bambu karisa. Kemudian bambu tersebut dibelah dua dan dipukul – pukul hingga berbentuk pipih menyerupai papan, lalu dijepit sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pada dinding terdapat bukaan jendela dengan \pm 60 cm bahkan lebih kecil dari itu. Rumah adat Bugis terdiri dari dua lantai, yaitu lantai 1 sebagai tempat bersosialisasi dan lantai 2 yang disebut *rakkeang* (langit – langit). Lantai ini berupa papan kayu, selain itu pada beberapa rumah juga ada yang menggunakan bambu biasa (Arvan, 1999).

Dalam pembangunan rumah adat Bugis tidak ada dimensi yang pasti pada ukuran rumah maupun ukuran unsur – unsur rumah yang digunakan. Tetapi, ada beberapa pengetahuan yang penulis dapatkan dari hasil akhir Penelitian Arsitektur Tradisional Daerah Sulawesi Selatan oleh Departemen Pendidikan dan Kebudayaan RI bahwa ada beberapa ukuran yang biasa dijadikan sebagai patokan. Untuk membuat rumah Bugis perlu membuat lubang – lubang agar tiang dan balok dapat saling terhubung. Dalam penentuan lebar rumah (panjang *pattolona*) sesuai dengan keinginan pemilik rumah. Panjang rumah diukur melalui *arateng*. Tinggi puncak rumah (panjang *Suddu*) diambil dari *pattoloq yaseq* ditambah dua jari istri pemilik rumah. Tinggi kolong ditentukan dengan cara mengambil ukuran tinggi badan suami pemilik rumah hingga sampai telinga. Ukuran tinggi badan suami pemilik rumah saat duduk juga diukur hingga mencapai matanya. Hasil kedua pengukuran tersebut kemudian dijumlahkan (Departemen Pendidikan dan Kebudayaan RI, n.d.).

LANDASAN TEORI

Analisis rumah adat Bugis yang dilakukan adalah analisis terhadap struktur kayu, dengan beberapa jenis analisis yang berbeda antara lain analisis terhadap batang tarik, batang tekan, batang lentur, dan balok kolom seperti sebagai berikut ini:

1. Batang Tarik

Batang tarik merupakan komponen struktur yang menyokong gaya aksial tarik yang garis kerjanya sejajar dengan sumbu panjang batang (Awaludin & Septhia, 2005). Nilai batang tarik dapat diperoleh dengan persamaan (1),

$$T_u \leq F'_{tn} A_n \quad (1)$$

dengan T_u adalah gaya tarik terfaktor, F'_{tn} merupakan tahanan tarik sejajar serat rencana terkoreksi dan A_n adalah luas penampang netto.

2. Batang Tekan

Batang tekan merupakan komponen struktur yang berfungsi menyokong gaya aksial tekan yang banyak digunakan pada struktur *truss* dan *frame*. Nilai batang tekan dapat diperoleh dengan persamaan (2),

$$P_u \leq F'_{cn} A_n \quad (2)$$

dengan P_u adalah gaya tekan terfaktor, F'_{cn} merupakan tahanan tekan rencana terkoreksi dan A_n adalah luas penampang netto. Analisis batang tekan pada kolom perlu dikalikan dengan faktor stabilitas kolom menggunakan persamaan (3),

$$C_p = \frac{1 + \left(\frac{F_{cEn}}{F_{cn}^*}\right)}{2c} - \sqrt{\left[\frac{1 + \left(\frac{F_{cEn}}{F_{cn}^*}\right)}{2c}\right]^2 - \frac{F_{cEn}/F_{cn}^*}{c}} \quad (3)$$

dengan F_{cn}^* adalah nilai desain tekan acuan sejajar serat dikalikan dengan semua faktor koreksi kecuali C_p . Nilai c digunakan 0.8 karena merupakan kayu gergajian. Sedangkan nilai tegangan desain tekuk kritis, F_{cEn} , dapat ditentukan dengan persamaan (4),

$$F_{cEn} = \frac{0.822E'_{min}n}{[l_e/d]^2} \quad (4)$$

dimana $E'_{min}n$ adalah nilai modulus elastisitas minimal kayu, l_e merupakan panjang batang, dan d merupakan dimensi batang.

a. Batang Lentur

Batang lentur merupakan batang yang direncanakan untuk menyokong momen lentur dan gaya geser. Dalam analisis batang lentur

terdapat tiga analisis yang harus dilakukan dan harus dipenuhi persyaratannya, yaitu perencanaan lentur, lendutan dan gaya geser yang masing – masing secara berurutan dapat ditentukan dengan persamaan (5), (6), dan (7), sebagai berikut:

$$M_u \leq F'_{bn} S \quad (5)$$

dengan M_u adalah gaya momen lentur terfaktor, F'_{bn} merupakan tahanan lentur terkoreksi, dan S adalah modulus penampang lentur.

$$\Delta_{maksimal} \leq \Delta_{ijin} \quad (6)$$

Dimana, $\Delta_{maksimal}$ merupakan defleksi akibat beban total terfaktor, sedangkan Δ_{ijin} adalah defleksi akibat beban total terfaktor yang diijinkan ($L / 240$ untuk balok lantai).

$$V_u \leq \frac{2}{3} F'_{vn} A_n \quad (7)$$

dengan V_u adalah gaya geser terfaktor, F'_{vn} merupakan tahanan geser terkoreksi, dan A_n adalah luas penampang netto.

b. Balok Kolom

Komponen struktur balok kolom biasanya mengalami dua macam gaya kombinasi pembebanan, yaitu lentur-tarik aksial serta lentur-tekan aksial. Nilai kedua macam gaya tersebut secara berurutan dapat ditentukan dengan memenuhi persyaratan dari persamaan (8) dan (9) berikut:

$$\frac{f_{tu}}{F'_{tn}} + \frac{f_{bu}}{F_{bn}^*} \leq 1 \quad \text{dan} \quad \frac{f_{bu} - f_{tu}}{F_{bn}^{**}} \leq 1 \quad (8)$$

dengan F_{bn}^* adalah nilai desain lentur acuan dikalikan dengan semua factor koreksi kecuali C_L . F_{bn}^{**} merupakan nilai desain lentur acuan dikalikan dengan semua faktor koreksi kecuali C_v .

$$\left[\frac{f_c}{F'_c}\right]^2 + \frac{f_{b1}}{F'_{b1}[1-(f_c/F_{cE1})]} + \frac{f_{b2}}{F'_{b2}[1-(f_c/F_{cE2})-(f_{b1}/F_{bE})^2]} \leq 1 \quad \text{dan} \quad (9)$$

$$\frac{f_c}{F_{cE2}} + \left(\frac{f_{b1}}{F_{bE}}\right)^2 < 1$$

dengan f_{b1} adalah tegangan akibat lentur terhadap sumbu kuat, f_{b2} yaitu tegangan akibat lentur terhadap sumbu lemah, d_1 adalah dimensi muka lebar, d_2 merupakan dimensi muka sempit, $f_c < F_{cE1} = \frac{0.822E'_{min}n}{[l_{e1}/d_1]^2}$ untuk lentur uniaksial terhadap sumbu kuat atau lentur biaksial dan $f_c < F_{cE2} = \frac{0.822E'_{min}n}{[l_{e1}/d_2]^2}$ untuk lentur uniaksial terhadap sumbu lemah atau lentur biaksial.

c. Pembebanan

Beban yang diperhitungkan dalam analisis ini meliputi beban hidup, beban mati, beban angin, beban hujan dan beban gempa. Beberapa pedoman yang digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut:

1. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung (SNI 1726:2012).
2. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SNI-03-1727-1989).
3. Beban Minimum untuk Perancangan

Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013).

METODOLOGI PENELITIAN

1. Data Dimensi Struktur

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pemodelan dan analisis terhadap rumah adat Bugis yang bentuk, dimensi maupun bahan bangunannya didapatkan melalui literature review dari penelitian sebelumnya oleh Dr. Hartawan (Hartawan, 2015), serta pengukuran di lapangan (*Research Field*) di Anjungan Sulawesi Selatan, TMII, Jakarta Timur.

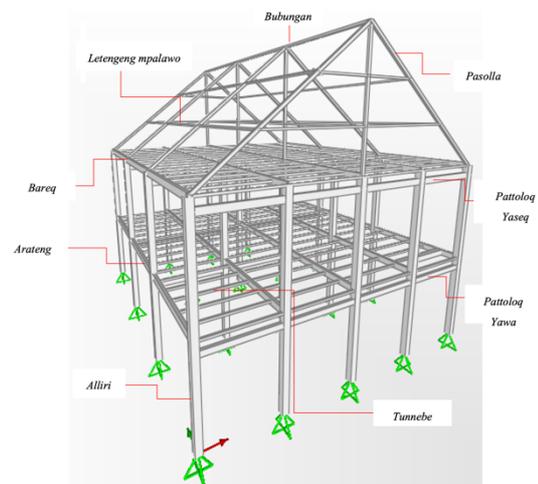
Tabel 1. Dimensi Elemen Struktur Rumah Adat Bugis

No.	Elemen	Jenis Kayu	Dimensi (cm)	Panjang (m)
1.	Tiang /Alliri	Bitti	15 x 15	4.64
2.	Pattoloq Yawa	Ipi	7 x 13	7.32
3.	Arateng	Ipi	7 x 15	8.61
4.	Pattoloq Yaseq	Ipi	7 x 15	7.32
5.	Bareq	Ipi	7 x 15	8.61
6.	Tunnebe	Ipi	5 x 5	7.32
7.	Balok Bubungan	Ipi	8 x 12	8.61
8.	Balok pasolla	Ipi	8 x 12	4.732
9.	Gording/ Letengeng mpalawo	Ipi	6 x 12	8.61

2. Pemodelan SAP2000

Pemodelan struktur bangunan menggunakan SAP2000 dan beban gempa yang digunakan adalah jenis *response spectrum* (Kementerian Pekerjaan Umum, 2011). Kayu *Bitti* dan kayu *Ipi* merupakan material utama yang digunakan dalam penelitian ini. Kayu *bitti* dengan berat jenis 800 kg/m^3 , modulus elastisitas, E , 14 GPa dan kayu *ipi* yang memiliki berat jenis 850 kg/m^3 , modulus elastisitas, E , 18 GPa.

Fondasi dimodelkan sebagai tumpuan sendi, sebab tiang diletakkan secara bebas di atas fondasi tanpa pengait, sehingga tiang dapat berotasi secara bebas apabila mendapatkan beban atau gaya yang lebih besar dari berat sendiri strukturnya. Tumpuan sendi dapat menahan pergerakan pada arah horizontal dan arah vertikal serta memberikan kebebasan pada tiang untuk bergerak. Kombinasi pembebanan yang digunakan pada pemodelan struktur adalah



Gambar 1. Model Struktur 3D Struktur Rumah Adat Bugis pada SAP 2000

metode ultimit yang jenis – jenis kombinasinya dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Pasal 4. 2. 2. Melakukan analisis terhadap hasil gaya pada tiap elemennya. Kemudian, ditentukan nilai rasio

tegangannya, apakah memenuhi syarat keamanan atau tidak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kolom

Pada struktur rumah adat Bugis, tiang utama/*alliri* ini memiliki peranan utama untuk menyokong struktur bangunan secara keseluruhan. Ada beberapa beban yang bekerja pada tiang utama ini, yaitu gaya aksial (tarik dan tekan), gaya geser, dan momen lentur. Dari beberapa beban tersebut hanya gaya aksial tarik yang relatif kecil nilainya, sehingga untuk analisis pada tiang utama akan menggunakan kombinasi aksial tekan dan lentur, momen lentur serta gaya geser. Hasil analisis yang diperoleh di Tabel 2 menunjukkan bahwa elemen struktur tiang utama memenuhi persyaratan untuk mendukung gaya akibat kombinasi pembebanan aksial tekan dan lentur, momen lentur serta gaya geser yang bekerja padanya. Sebab, rasio tegangan pada elemen tersebut kurang dari 1. Nilai rasio tegangan ini merupakan hasil perbandingan antara nilai tegangan yang berasal dari hasil pembebanan dengan nilai tegangan yang diijinkan berdasarkan material dan dimensi yang digunakan.

2. Analisis Balok Pengikat Kolom

Analisis pada balok pengikat kolom dilakukan pada beberapa elemen struktur, yaitu *pattoloq yawa*, *pattoloq yaseq*, *arateng*, dan *bareq*. Keempat balok tersebut mengikat tiang – tiang utama pada letak dan arah yang berbeda, mengingat bentuk rumah adat Bugis merupakan segi empat (persegi panjang). *Pattoloq yawa* mengikat tiang – tiang utama pada bagian tengah dan *pattoloq yaseq* mengikat tiang pada bagian atas, kedua balok tersebut searah dengan lebar rumah (kanan ke kiri). Sedangkan, *arateng* mengikat tiang – tiang utama pada bagian tengah dan *bareq* mengikat tiang pada bagian atas, keduanya searah dengan panjang rumah (depan ke belakang). Nilai terbesar batang pada masing – masing jenis balok tersebut dianalisis.

Balok - balok tersebut menerima beban dari gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur. Faktor koreksi stabilitas balok (C_L) tidak diperhitungkan dalam analisis, karena posisi balok pengikat kolom yang stabil menembus tiang – tiang utama. Hasil analisis pada balok pengikat di Tabel 2 menunjukkan bahwa elemen

struktur balok pengikat memenuhi persyaratan untuk mendukung gaya akibat beban – beban yang bekerja padanya, karena rata – rata rasio tegangan yang diperoleh kurang dari 1. Nilai rasio tegangan ini merupakan hasil perbandingan antara nilai tegangan yang berasal dari hasil pembebanan dengan nilai tegangan yang diijinkan berdasarkan material dan dimensi yang digunakan.

3. Analisis Balok Penopang Lantai

Balok yang menopang lantai pada struktur rumah adat Bugis yaitu *arateng/bareq* dan *tunnebe*. Lantai kayu menopang pada *tunnebe*, kemudian *tunnebe* ditopang oleh *arateng* untuk lantai pada ruang utama (*ale bola*) (Hartawan, 2015). Sedangkan, pada *rakkeang*, *tunnebe* ditopang oleh *bareq*. Balok *arateng* dan *bareq* sudah dianalisis pada analisis balok pengikat kolom, maka untuk analisis balok penopang lantai analisis dilakukan pada balok *tunnebe*. Menurut hasil analisis SAP 2000, beban dominan yang bekerja pada balok *tunnebe* adalah gaya aksial tarik, geser, dan momen lentur. Sehingga, analisis dilakukan dengan sistem balok kolom dengan prinsip batang tarik, geser, dan lentur. Balok *tunnebe* masih mampu menopang beban akibat berbagai gaya yang mengenainya, karena rasio tegangan yang didapat tidak lebih dari 1 yang dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai rasio tegangan ini merupakan hasil perbandingan antara nilai tegangan yang berasal dari hasil pembebanan dengan nilai tegangan yang diijinkan berdasarkan material dan dimensi yang digunakan.

4. Analisis Rangka Dinding

Dinding pada struktur rumah adat bugis pemasangannya tidak dijepit antar kolom, tetapi hanya menempel. Meskipun begitu, dinding dianggap mempengaruhi kekakuan dari struktur bangunan tersebut dan mendapatkan gaya dari beban angin. Sehingga, rangka dinding perlu untuk dilakukan analisis. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dengan SAP 2000 menunjukkan bahwa dinding menerima beban aksial tekan dan tarik cukup besar. Sehingga, sistem analisis menggunakan sistem batang tekan dan batang tarik. Beban aksial tekan dan tarik yang diterima oleh dinding masih mampu untuk ditopang berdasarkan hasil analisis di atas. Baik rasio tegangan tarik maupun rasio tegangan tekan memenuhi persyaratan yaitu kurang dari 1 (Tabel 2). Nilai rasio tegangan ini merupakan

hasil perbandingan antara nilai tegangan yang berasal dari hasil pembebanan dengan nilai tegangan yang diijinkan berdasarkan material dan dimensi yang digunakan.

5. Analisis Rangka Atap

Rangka atap rumah adat Bugis merupakan batang yang diposisikan miring membentuk sudut atap, yang diberi nama *pasolla*. Batang pembentuk atap tersebut menerima gaya aksial tekan dan tarik, gaya geser, dan momen lentur yang cukup besar. Maka, analisis pada rangka ini menggunakan sistem balok-kolom dan geser. Analisis dilakukan dengan kombinasi pembebanan aksial tarik-lentur, tekan-lentur, dan gaya geser. Hasil analisis pada Tabel 2 menunjukkan bahwa batang *pasolla* masih mampu untuk menahan beban yang bekerja padanya. Nilai rasio tegangan ini merupakan hasil perbandingan antara nilai tegangan yang berasal dari hasil pembebanan dengan nilai tegangan yang diijinkan berdasarkan material dan dimensi yang digunakan.

6. Analisis pada Sambungan

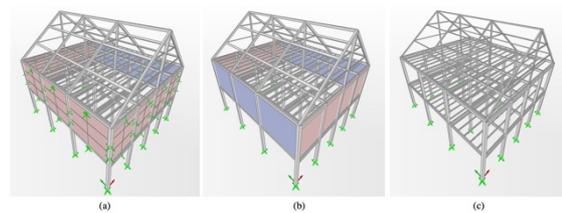
Sambungan yang utama ditemukan pada sambungan antara kolom dan balok. Balok – balok tersebut menembus tiang utama, sehingga yang mengurangi luas penampang yaitu struktur tiang utama. Sehingga, analisis dilakukan pada daerah tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan analisis Tabel 2, tiang utama dengan adanya takikan di dalamnya menunjukkan bahwa sudah tidak aman untuk mendukung gaya yang diterima tiang utama. Sebab, nilai rasio tegangan lebih dari 1. Nilai rasio tegangan ini merupakan hasil perbandingan antara nilai tegangan yang berasal dari hasil pembebanan dengan nilai tegangan yang diijinkan berdasarkan material dan dimensi yang digunakan.

7. Bagian Kritis pada Struktur

Tabel 2 menunjukkan bagian kritis pada struktur yang ditandai dengan adanya gradasi warna dari hijau muda ke hijau tua. Warna hijau muda menyatakan bahwa tegangan elemen berada di bawah dari nilai tegangan yang diijinkan, sehingga elemen yang berada pada zona ini, aman. Sedangkan, warna hijau tua memiliki makna sebaliknya yaitu, tegangan yang terjadi pada elemen melebihi kapasitas elemen berdasarkan Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu SNI 7973:2013. Secara umum, elemen – elemen struktur rumah adat Bugis

masih mampu menahan beban yang bekerja padanya karena memiliki nilai rasio tegangan kurang dari 1.

Analisis juga dilakukan dengan pemodelan yang berbeda perlakuan pada dindingnya. Hasil analisis rasio tegangan Tabel 2 merupakan hasil dari pemodelan dengan dinding pada struktur dibagi menjadi beberapa *mesh*. Sedangkan, dua model yang lain yaitu struktur dengan dinding tanpa *mesh* dan struktur tanpa dinding, perbedaan model dari ketiganya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan pada SAP2000 (a) Dinding dengan *Mesh*; (b) Dinding tanpa *Mesh*; (c) Tanpa dinding

Hasil analisis dengan pemodelan dinding tanpa *mesh* (Tabel 3) menunjukkan bahwa nilai rasio tegangan cenderung naik dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan pada pemodelan dinding dengan *mesh*. Jumlah elemen dalam zona warna hijau tua pada Tabel 3 lebih banyak dibandingkan dengan Tabel 2. Hal ini dikarenakan apabila dinding dengan *mesh* maka beban yang diterima oleh struktur telah didistribusikan pada dinding dengan lebih merata, khususnya berupa beban tekan, sehingga beban yang diterima oleh balok dan kolom pun berkurang. Hal itulah yang mendasari adanya kenaikan nilai rasio tegangan pada pemodelan dinding tanpa *mesh*.

Struktur tanpa dinding, maka beban langsung diterima oleh kolom dan balok tanpa ada pengurangan besar beban. Hal tersebut dapat kita lihat pada Tabel 4 bahwa nilai rasio tegangan yang dihasilkan cukup besar pada kolom dan balok utama yang terletak di bawah dinding dengan pemodelan tanpa dinding dibandingkan dengan yang berdinding. Seharusnya, nilai rasio tegangan pada pemodelan tanpa dinding jauh lebih kecil dibandingkan dengan yang berdinding. Tetapi, nilai di Tabel 4 menunjukkan bahwa selisih keduanya tidak begitu besar. Padahal, pemodelan tanpa dinding sudah tidak terbebani dengan beban dinding maupun angin

yang bekerja padanya. Hal ini menunjukkan bahwa rangka dinding ikut menahan gaya yang diberikan pada struktur. Pemodelan juga dilakukan dengan penggunaan jenis penutup atap yang berbeda, yaitu atap daun rumbia, atap seng, dan atap genteng. Hasil analisis rasio tegangan kombinasi tekan-lentur dan tarik-lentur pada penutup atap daun rumbia yaitu sebesar 0,771; 0,239 dan 0,492; 0,598.

Untuk penutup atap seng yaitu sebesar 0,505; 0,259 dan 0,394; 0,370. Sedangkan untuk penutup atap genteng 0,969; 0,308 dan 0,719; 0,838. Nilai rasio tegangan dengan penutup atap seng lebih kecil dibandingkan dengan dua penutup atap lainnya. Meskipun penggunaan ketiga jenis atap tersebut sama – sama masih aman, tetapi penggunaan penutup atap seng yang paling efektif.

Tabel 2. Nilai Rasio Tegangan Elemen Struktur Rumah Adat Bugis

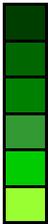
No.	Batang	Tekan	Tarik	Geser	Lentur	Tekan-Lentur	Tarik-Lentur
1	Tiang Utama	0.167	-	0.278	0.458	1.181	-
					0.538	0.187	-
2	Arateng	0.030	0.025	0.584	0.912	0.363	0.308
					0.163	0.340	0.250
3	Bareq	0.017	0.011	0.582	0.870	0.400	0.288
					0.160	0.195	0.266
4	Pattoloq Yawa	0.042	0.034	0.139	0.534	0.593	0.584
					0.016	0.225	0.515
5	Pattoloq Yaseq	0.009	0.008	0.025	0.088	0.099	0.106
					0.011	0.042	0.090
6	Tunnebe	0.031	0.023	0.012	0.055	0.188	0.157
					0.122	0.282	0.110
7	Rangka Dinding	0.064	0.082	-	-	-	-
8	Pasolla	0.027	0.012	0.037	0.051	0.505	0.394
					0.331	0.259	0.370
9	Tiang Sudduq	0.053	-	0.142	0.131	0.245	-
					0.631	0.000	-
10	Gording	0.001	0.001	0.037	0.273	0.313	-
					0.039	0.004	-



- >1
- 0.81-1
- 0.61-0.80
- 0.41-0.60
- 0.21 - 0.4
- <0.2

Tabel 3. Nilai Rasio Tegangan Elemen Struktur Dinding tanpa Mesh

No.	Batang	Tekan	Tarik	Geser	Lentur	Tekan-Lentur	Tarik-Lentur
1	Tiang Utama	0.152	-	0.483	0.574	1.850	-
					1.018	0.191	-
2	Arateng	0.003	0.002	0.602	2.479	2.633	2.614
					0.133	0.036	2.609
3	Bareq	0.007	0.005	0.435	0.867	1.261	0.984
					0.191	0.076	0.975
4	Pattoloq Yawa	0.092	0.074	0.230	0.943	1.094	1.021
					0.004	0.430	0.871
5	Pattoloq Yaseq	0.043	0.035	0.155	0.554	0.545	0.553
					0.002	0.200	0.483
6	Tunnebe	0.020	0.016	0.041	0.436	0.532	0.021
					0.010	0.182	0.021



- >1
- 0.81-1
- 0.61-0.80
- 0.41-0.60
- 0.21 - 0.4
- <0.2

7	Rangka Dinding	0.012	0.010	-	-	-	-
8	Pasolla	0.046	0.004	0.057	0.281 0.378	0.782 0.060	0.691 0.591
9	Tiang Sudduq	0.030	-	0.138	0.091 0.604	0.164 0.000	- -
10	Gording	0.001	-	0.035	0.255 0.039	0.294 0.004	- -

Tabel 4. Nilai Rasio Tegangan Elemen Struktur Tanpa Dinding

No.	Batang	Tekan	Tarik	Geser	Lentur	Tekan-Lentur	Tarik-Lentur
1	Tiang Utama	0.237	-	0.155	0.704	2.298	-
					1.111	0.191	-
2	Arateng	0.003	0.002	0.435	1.598	1.747	1.731
					0.131	0.040	1.727
3	Bareq	0.007	0.005	0.544	0.867	0.996	0.970
					0.178	0.083	0.960
4	Pattoloq Yawa	0.091	0.073	0.225	0.926	1.088	1.003
					0.004	0.492	0.854
5	Pattoloq Yaseq	0.042	0.034	0.153	0.545	0.577	0.581
					0.002	0.229	0.512
6	Tunnebe	0.011	0.013	0.038	0.394	0.452	0.018
					0.011	0.107	0.018
7	Pasolla	0.047	0.003	0.057	0.281	0.781	0.687
					0.366	0.067	0.586
8	Tiang Sudduq	0.030	-	0.138	0.091	0.164	-
					0.604	0.000	-
9	Gording	0.001	0.001	0.035	0.255	0.294	-
					0.039	0.004	-



- >1
- 0.81-1
- 0.61-0.80
- 0.41-0.60
- 0.21 - 0.4
- <0.2

8. Deformasi pada Struktur

a. Akibat Berat Sendiri

Lendutan terbesar terjadi pada elemen – elemen struktur rangka atap, seperti *pasolla* yang berada di posisi tengah. Pengaku pada rangka atap kurang, terutama pada bagian tengah, pengaku hanya berupa balok kecil di bagian atas. Pada bagian bawah tidak diberi pengaku, mengingat fungsi dari atap tersebut juga sebagai loteng rumah dan menyimpan barang – barang. Selain itu, pada struktur atap rumah adat Bugis tidak terdapat kuda – kuda, sehingga untuk penjaga kekakuan di atap pun tidak ada. Besar lendutan terbesar yaitu 0.000007174 m.

b. Akibat Gempa

Beban gempa yang mengenai struktur mengakibatkan struktur bergerak secara

keseluruhan, selaras dengan arah beban horizontal gempa, baik ke arah X maupun arah Y. Rangka atap pun ikut bergerak terutama yang terletak pada bagian tengah. Rangka atap bagian tengah tidak cukup kaku untuk menahan beban yang diterima, seperti penjelasan Sub bab 5.8. bagian a. Sedangkan, rangka atap bagian tepi cukup kaku karena adanya balok pengaku bagian atas dan bawah serta sirap yang dipasang seperti dinding. Nilai lendutan pada bagian atap akibat beban *response spectrum* arah Y lebih besar dibandingkan dengan arah X. Nilai lendutan akibat arah Y yaitu sebesar 0,468 mm dan untuk nilai lendutan akibat arah X sebesar 0,249 mm. Nilai – nilai lendutan maksimal yang dialami oleh struktur akibat kombinasi beban terfaktor untuk sumbu x, y, dan z secara berturut – turut adalah 0.0815 mm, 0.169 mm, dan 0.0276 mm.

KESIMPULAN

Perilaku struktur saat dibebani oleh beban gempa pada pemodelan di SAP2000, bergerak secara keseluruhan selaras dengan arah beban horizontal gempa dan tidak menunjukkan adanya tanda – tanda kegagalan struktur seperti kolom ataupun balok yang patah. Batang - batang kritis sudah memenuhi persyaratan dalam perencanaan konstruksi kayu kecuali bagian tiang utama yang memiliki nilai rasio tegangan lebih dari 1 terhadap tekan-lentur. Sehingga struktur tidak sepenuhnya aman terhadap beban gempa. Penggunaan penutup atap seng lebih efektif daripada dengan atap genteng ataupun atap daun rumbia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdussalam, H., 2015. *Analisis Stabilitas Struktur Rumah Adat Toraja (Rumah Tongkonan) terhadap Beban Gempa*, Yogyakarta: Teknik Sipil dan Lingkungan UGM.
- Anshory, A., 2014. *Analisis Stabilitas Struktur Pendopo Joglo terhadap Beban Gempa*, Yogyakarta: Teknik Sipil dan Lingkungan UGM.
- Arvan, S., 1999. *Karakteristik Rumah Tinggal Tradisional Komunitas Suku Bajo di Desa Bajoe Kabupaten Bone Sulawesi Selatan*, Yogyakarta: Tesis Arsitektur Universitas Gadjah Mada.
- Dg.Amir, A., 2012. *Perbandingan Karakteristik Bentuk Rumah Tradisional Bugis dengan Rumah Pondokan yang Berada di Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin*, Yogyakarta: Tesis Arsitektur UGM.
- Hartawan, 2015. *Perubahan Sistem Struktur Bangunan dalam Arsitektur Rumah Bugis Sulawesi Selatan*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Australian Government, 2005. *Solomon Islands Timber*. s.l.:AusAID.
- Satyarno, I., Nawangalam, P. & P, R. I. P., 2012. *Belajar SAP 2000*. Yogyakarta: Zamil Publishing.
- Awaludin, A. & Septhia, I., 2005. *Konstruksi Kayu*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil.
- Breyer, D. E., Cobeen, K. E., Fridley, K. J. & Pollock, D. G., 2015. *Design of Wood Structures ASD/LRFD, Seventh Edition*. Singapore: Mc Graw Hill Education.
- Badan Standar Nasional, 2012. *SNI 1726 : 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional, 2013. *SNI 1727 : 2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional, 2013. *SNI 7973 : 2013 tentang Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Atika, F. A., 2018. *Transformasi Bentuk Arsitektur Rumah Adat Bugis di Jalan Usman Sadar III/36, Gresik*. Surabaya, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, pp. 243 - 248.
- Aryun Muhammad Al-Faaruuq, Z. A., 2020. Kearifan Lokal Rumah Tradisional Bugis Baranti di Kabupaten Sidrap. *Timpalaja Architecture Student Journals*, 2(1), pp. 68-71.
- Nawawi, N., 2020. Teknologi Membangun Rumah Bugis menurut Panrita Bola Ugi. *Jurnal Teknosains*, 14(1), pp. 44-52.
- Saripuddin, 2018. *Perbandingan Sambungan Konstruksi yang Menggunakan Pasak dengan Non Pasak pada Rumah Tradisional Bugis*, Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Prihatini, Z., 2021. *Kompas.com*. [Online] Available at: <https://www.kompas.com/sains/read/2021/12/15/070500523/mengapa-gempa-ntt-terasa-hingga-makassar-ini-penjelasan-pakar?page=all> [Accessed 25 Februari 2022].
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan RI, n.d. *Bentuk - Bentuk Rumah Bugis Makassar*. Jakarta: Proyek Pengembangan Media Kebudayaan Direktorat Jendral Kebudayaan Departemen Pendidikan dan Kebudayaan RI.
- Anonim, n.d. *Arsitektur Bangunan Sulawesi Selatan*. [Online] Available at: <http://petabudaya.belajar.kemdikbud.go.id/index8.php?type=arsitektur&id=73> [Accessed 4 Maret 2016].
- Armstrong F. Sompotan, 2012. [Online] Available at: <http://www.slideshare.net/armstrong/buku-geologi-sulawesi-armstrong-sompotan> [Accessed 4 Maret 2016].
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2011. *Desain Spektra Indonesia*. [Online] Available at: <http://puskim.pu.go.id/> [Accessed 15 Mei 2016].
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, n.d. *Penelitian Arsitektur Tradisional daerah Sulawesi Selatan*. Jakarta: Proyek Pengembangan Media Kebudayaan Direktorat Jendral Kebudayaan Departemen Pendidikan dan Kebudayaan RI.

