

ANALISIS KONSTRUKSI BADAN DAN ATAP RUMAH ADAT TORAJA

Zwengly Lody Honta¹, Parea Rusan Rangan², Imanuel R. P.³, Agustinus L.P.T⁴

¹Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja, Jl. Nusantara 12, Toraja
e-mail : hontazwenglylodi@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja, Jl. Nusantara 12, Toraja
e-mail : pareausanrangan68@gmail.com

³Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja, Jl. Nusantara 12, Toraja
e-mail : comrantepasarrakimanuel@gamil.com

⁴Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja, Jl. Nusantara 12, Toraja
e-mail : agustinuslotong@gmail.com

ABSTRAK

Bangunan Rumah Tongkonan adalah salah satu dari banyak bangunan di Nusantara yang memiliki bentuk, struktur, dan konstruksi yang unik. Rumah tongkonan yang terletak di Provinsi Sulawesi Selatan merupakan warisan arsitektur tradisional yang dibangun dengan material utama yaitu kayu dan tanpa penggunaan paku. Struktur pada rumah tongkonan hanya mengandalkan sambungan pasak atau siamma' dan teknik ikatan khusus. Rumah adat ini memiliki perbedaan dengan rumah tradisional yang lain dari segi sistem struktur, sehingga rumah tongkonan sangat menarik untuk dijadikan sebagai objek penelitian. Seiring dengan perkembangan zaman, penting untuk mempelajari dan menganalisis struktur rumah tongkonan agar dapat meningkatkan ketahanannya terhadap beban-beban yang terjadi pada bangunan ini. Penelitian ini mengkaji kekuatan dan kestabilan struktur rumah adat Toraja, atau Tongkonan, dengan menggabungkan analisis pada dua komponen utama: badan rumah (kale banua) dan rangka atap. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif. Sampel dalam penelitian ini ada dua yaitu pada Tongkonan Pamakka dan Tongkonan Rante. Teknik pengumpulan data menggunakan penelusuran pustaka, observasi di lapangan, dan wawancara, dan analisis struktur menggunakan software SAP2000. Hasil analisis permodelan struktur pada bagian badan rumah (kale banua), diperoleh Tongkonan I lebih tahan terhadap beban geser dan axial, dengan nilai aksial tekan sebesar $-452,58$ kN, nilai aksial tarik sebesar $98,14$ kN dan nilai geser ke kiri sebesar $-152,06$ kNm³, nilai geser ke kanan sebesar $148,64$ kNm³. Sedangkan Tongkonan II dengan nilai aksial tekan sebesar $-452,47$ kN, nilai aksial tarik sebesar $55,83$ kN dan nilai geser ke kiri sebesar $-99,83$ kNm³, nilai geser ke kanan sebesar $102,41$ kNm³. Hasil analisis permodelan struktur pada bagian rangka atap diperoleh Tongkonan II lebih tahan terhadap beban geser dan axial, dengan gaya tekan sebesar $-1.671.710,2$ kN, dan gaya tarik sebesar $1.281.587,2$ kN. Nilai momen, dengan nilai momen ke kiri sebesar $-207.699,15$ Nm dan nilai momen ke kanan sebesar $895,54$ Nm. Nilai geser, dengan gaya geser ke kiri sebesar $-25.100,8$ kNm³ dan gaya geser ke kanan sebesar $4.554,2$ kNm³. Sedangkan Tongkonan II, dimana: nilai aksial, dengan gaya tekan sebesar $-2.170.250,57$ kN dan gaya tarik sebesar $2.120.671,2$ kN. Nilai momen, dengan nilai momen ke kiri sebesar $-4.186.685,45$ Nm dan nilai momen ke kanan sebesar $1.917.066,71$ Nm. Nilai geser, dengan gaya geser ke kiri sebesar $-203.587,84$ kNm³ dan nilai geser ke kana sebesar $1.030.319,19$ kNm³.

Kata kunci: Rumah Adat Toraja, Rangka Atap, Badan Rumah, Analisis Struktur, Sturktur Kayu, SAP2000

1. PENDAHULUAN

Rumah adat adalah salah satu warisan budaya Indonesia disetiap daerah yang diwariskan oleh para leluhur. Rumah adat adalah jenis rumah yang unik di Indonesia yang menggambarkan budaya dan karakteristik masyarakat setempat. Setiap suku atau komunitas biasanya memiliki desain, bentuk, dan fungsi rumah adat yang berbeda-beda, yang pada umumnya terbuat dari bahan seperti kayu, bambu, atau batu. Rumah adat juga memiliki simbol-simbol budaya dan spiritual yang mencerminkan nilai-nilai masyarakat setempat. Contoh rumah adat di Indonesia antara lain Rumah Gadang (Minangkabau), Joglo (Jawa), Rumah Betang (Dayak), dan Rumah Toraja (Toraja). Rumah adat juga sering digunakan dalam upacara adat, perayaan, dan kegiatan sosial, menjadikan bagian penting dari warisan budaya suatu daerah.

Rumah adat toraja, atau yang dikenal sebagai Tongkonan, adalah simbol kebudayaan yang memiliki arsitektur unik, terutama pada konstruksi badan (kale banua). Konstruksi ini berdiri dari elemen-elemen kayu yang dirancang secara tradisional tanpa menggunakan paku, melainkan dengan sistem pasak dan ikatan khusus. Keunikan ini menimbulkan pertanyaan bagaimana konstruksi badan (kale banua) rumah adat Toraja, dan bagaimana analisis struktur rangka atap rumah adat Toraja.

Meskipun secara kasat mata terihat sederhana, struktur rumah adat toraja memiliki kompleksitas mekanisnya yang mendalam. Penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan tentang bagaimana kale banua dirancang untuk menahan beban, khususnya beban axial dan geser. Melalui analisis struktur, diharapkan dapat mengetahui bagaimana konstruksi badan (kale banua) rumah adat Toraja, serta bagaimana struktur rangka atap rumah adat Toraja.

Pengertian rumah adat Toraja menurut Alicia Anastasha Wong, Rosazman Hussin, Gusni Saat, merupakan

warisan budaya yang dimiliki suku Toraja di Indonesia dimana menjadi pusat kehidupan sebagai rumah adat yang multifungsi. Secara umumnya, rumah adat Toraja ini terkait dengan kepercayaan yang diperturunkan oleh leluhur suku Toraja yaitu Aluk Todolo dan mengandung banyak filosofi seperti kepercayaan, kebanggaan, tradisi kuno serta peradaban yang semuanya tersirat pada bangunan ini. Fungsi sosial budaya rumah adat toraja bagi warisan budaya dalam kehidupan komuniti suku Toraja, merupakan fokus utama di Toraja Utara, Sulawesi Selatan, Indonesia.

Rumah adat Toraja juga di kenal dengan sebutan Rumah Tongkonan dengan kata tongkon yang artinya duduk, mendapat akhiran ‘an’ sehingga

menjadi ‘tongkonan’ yang artinya tempat duduk. Maksudnya duduk bermusyawarah, mendengarkan perintah, atau menyelesaikan masalah-masalah adat yang terjadi di masyarakat. Tongkonan juga merupakan istana raja atas penguasa adat dan pusat pertalian keluarga (Zaid, 2004).

Rumah adat Toraja, yang dikenal sebagai Tongkonan, memiliki struktur konstruksi yang khas dan sarat dengan makna simbolis. Sistem struktur dan konstruksi pada Tongkonan adalah struktur jamak, gaya reaksi dari sebuah bagian struktur. Pada akhirnya sebuah sistem struktur harus dengan nyaman menyalurkan semua beban bagian struktur ke pondasi atau umpan ke tanah. Sistem struktur utama bagian rumah Tongkonan adalah sistem kerangka. Kerangka bagian atas lantai merupakan bagian dari dinding atau disebut badan (kale banua) yang sekaligus berfungsi untuk memikul beban atap dan diteruskan ke kolom atau tiang rumah adat Toraja.

Pembagian struktur ruang tongkonan, berdasarkan pandangan agama leluhur aluk todolo dan kosmologi rumah adat Toraja, struktur vertikal tongkonan dan sistem strukturnya terbagi menjadi 3 bagian utama, yaitu:

1. Bagian kaki (sulluk banua)
2. Bagian badan rumah (kale banua)
3. Bagian atas (rattiang banua)



Gambar 1 Pembagian Struktur Rumah Tongkonan

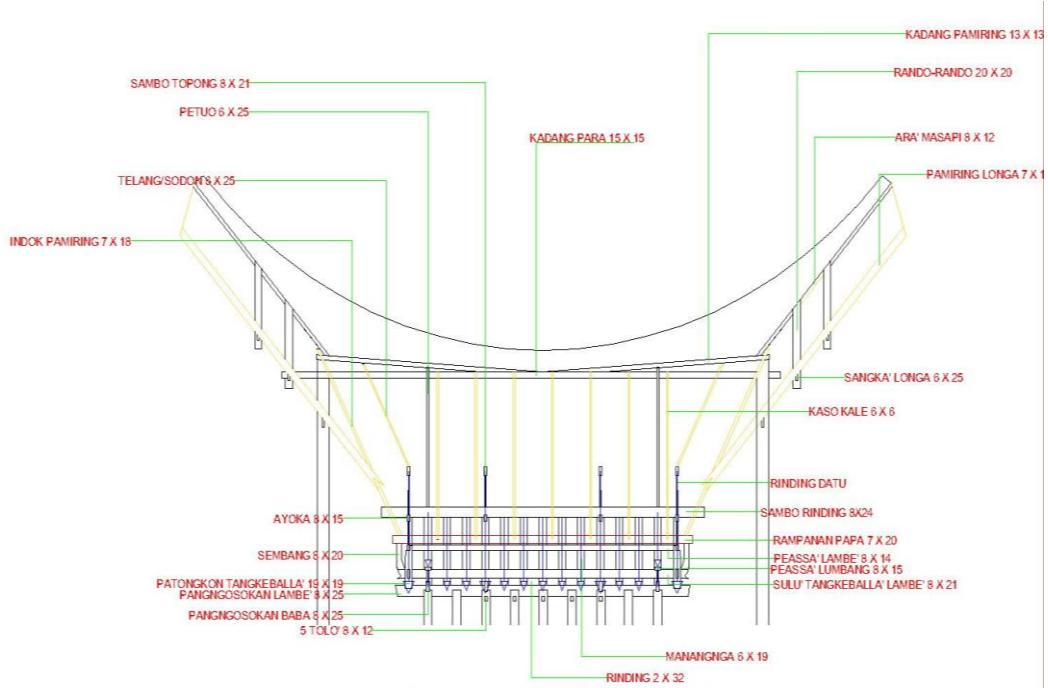
2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan teknik pengumpulan data melalui studi pustaka, observasi lapangan, dan wawancara. Pemodelan struktur dilakukan dengan AutoCAD untuk geometri, dan SAP2000 untuk analisis gaya aksial, geser, momen, serta deformasi. Penelitian dilaksanakan di dua rumah adat Toraja yaitu Tongkonan Pamakka dan Tongkonan Rante.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis sesuai standar SNI 7973-2013 mengenai konstruksi kayu. Tahapan penelitian mencakup pengumpulan data, pemodelan struktur, input pembebanan, analisis SAP2000, dan interpretasi hasil.

1. Analisis konstruksi badan dan rangka atap

Distribusi gaya (*load distribution*) pada struktur rumah adat Toraja mencakup bagaimana beba dan gaya yang bekerja pada rumah ini didistribusikan melalui elemen-elemen strukturnya. Desain dari konstruksi tradisional rumah adat Toraja memastikan bahwa gaya-gaya ini didistribusikan secara merata dan efisien untuk menjaga kestabilan dan integritas bangunan.



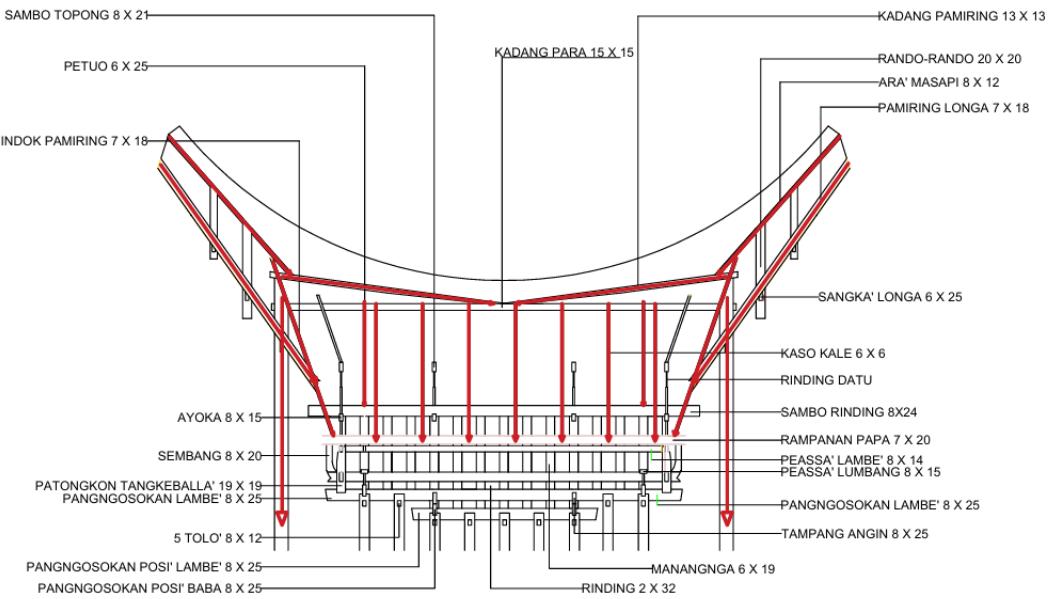
Gambar 2. Ilustrasi pembebanan badan rumah

Beban yang diperoleh pada bagian tengah rumah adat Toraja atau yang dikenal dengan istilah dalam bahasa Toraja yaitu *kale banua*. Beban yang ada pada atap rumah atau *rattiang banua* yang diteruskan ke bagian *kale banua* yang berbentuk persegi panjang. Pada bagian depan dan belakang terdapat tiang raja (*petuo*) yang berfungsi untuk menopang secara langsung beban dari atap yang di salurkan terhadap manete longan atau pekadang para. Sambo topong (*ayoka*) merupakan bagian *kale banua* yang paling di atas dan berada pada baian depan dan belakang rumah yang berfungsi untuk menutup dinding dan sangkinan bagian depan dan belakang.

Sambo rinding merupakan bagian *kale banua* yang paling di atas yang berada pada bagian samping kiri dan samping kanan rumah dan berfungsi untuk menutup dinding dan sangkinan bagian samping. Setelah bagian sambo rinding dan sambo topong, ada yang di sebut *peassa'* yang berada pada bagian depan, belakang dan samping rumah yang berfungsi langsung sebagai tempat tumpuan dinding dan sangkinan bagian atas dan penutup dinding bagian tengah. Setelah *peassa'*, ada yang disebut dengan *sulu' tangkeballa'* yang berfungsi sebagai penutup dinding bagian pertama dan juga sebagai tumpuan dinding bagian tengah. Kemudian, ada juga yang disebut dengan pangngosokan yang merupakan bagian utama pada *kale banua*, yang berfungsi untuk menopang *kale banua*. Pada bagian bawah pangngosokan, ada yang disebut dengan *tolo'* lima dan salu atang yang berfungsi untuk menguatkan pangngosokan sebelah kiri dan kanan supaya tetap lurus. Kemudian ada yang di sebut dengan tangdan yang bersejajaran dengan pangngosokan *lambe'* dan berada di Tengah yang berfungsi sebagai tempat penyusunan lantai (Sali banua).

Beban dari atap yang diterima langsung oleh *petuo* serta sambo rinding dan sambo topong akan tersalurkan ke bagian dinding, sangkinan, *peassa'* dan *sulu' tangkeballa'* sampai ke pangngosokan, kemudian di teruskan ke tiang-tiang penyanga.

Analisis beban struktur pada konstruksi rangka atap rumah adat Toraja melibatkan perhitungan dan pemeksaan terhadap berbagai jenis beban yang bekerja pada konstruksi tersebut. Distribusi gaya (load distribution) pada struktur rumah adat Toraja mencakup bagaimana beban dan gaya yang bekerja pada rumah ini didistribusikan melalui elemen-elemen strukturnya. Desain dan konstruksi tradisional rumah adat Toraja memastikan bahwa gaya-gaya ini didistribusikan secara merata dan efisien untuk menjaga kestabilan bangunan.



Gambar 3. Ilustrasi pembebanan rangka atap

Pada gambar 1. Pembebanan yang terjadi pada struktur atap (rattiang) rumah adat Toraja, dimana prinsip gaya yang bekerja pada atap rumah adat Toraja yaitu pada kedua ujung atap ditarik oleh balok dengan posisi miring yang ditarik dengan balok bungkung, sehingga membentuk atap yang melengkung dengan kontilever. Kedua ujung kontilever tersebut terdapat tiang tulak somba yang berfungsi sebagai penyangga. Tulak somba yang menopang beban bagian menjalur panjang pada atap atau longa, kemudian beban tersebut diteruskan ke pondasi dan diteruskan ke tanah, sedangkan beban lainnya diteruskan oleh bagian atap yaitu indok pamiring dan kaso yang kemudian beban diteruskan ke rampanan papa, kemudian diteruskan ke tiang penyangga rampanan papa atau biasa disebut tiang bantuli, dan didistribusikan ke tanah. Kemudian sebagian beban pada atap akan dihubungkan dengan kale banua yang menggunakan sambungan siamma'.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis pada permodelan SAP2000

1. Konstruksi badan rumah (kale banua) rumah adat Toraja

Hasil analisis SAP2000 menunjukkan performa struktur antara Tongkonan Pamakka dan Tongkonan Rante. Ini terlihat pada bagaimana ketahanan terhadap beban geser, beban axial, dan beban momen. Dari hasil analisis permodelan struktur pada program SAP2000, diperoleh Tongkonan I lebih tahan terhadap beban geser, axial, dan momen, dimana: nilai aksial, dengan gaya tekan sebesar $-452,58\text{ kN}$, dan gaya tarik sebesar $98,14\text{ kN}$. Nilai geser, dengan gaya geser ke kiri sebesar $-152,06\text{ kNm}^3$ dan gaya geser ke kanan sebesar $148,64\text{ kNm}^3$. Nilai momen, dengan nilai momen ke kiri sebesar $-70,95\text{ Nm}$ dan nilai momen ke kanan sebesar $46,1\text{ Nm}$. Sedangkan Tongkonan II, dimana: nilai aksial, dengan gaya tekan sebesar $-452,47\text{ kN}$ dan gaya tarik sebesar $55,83\text{ kN}$. Nilai geser, dengan gaya geser ke kiri sebesar $-99,83\text{ kNm}^3$ dan nilai geser ke kana sebesar $102,41\text{ kNm}^3$. Nilai momen, dengan nilai momen ke kiri sebesar $-46,89\text{ Nm}$ dan nilai momen ke kanan sebesar $14,58\text{ Nm}$.

Perbedaan dari hasil kemungkinan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti variasi dalam jenis kayu yang digunakan, detail sambungan (pasak dan ikatan), serta kondisi fisik masing-masing rumah adat. Temuan ini menegaskan bahwa setiap rumah adat memiliki karakteristik strukturnya sendiri meskipun memiliki desain dasar yang sama. Hasil ini juga menunjukkan bahwa metode konstruksi tradisional yang diterapkan oleh masyarakat Toraja memiliki dasar-dasar teknik yang kuat, yang membuat bangunan tersebut dapat bertahan selama puluhan tahun. Untuk lebih jelas hasil dapat di lihat pada tabel-tabel dan gambar berikut.

Tabel 1 Hasil analisis pada pemodelan struktur rumah adat Toraja I

| No | Elemen | Momen (Nm) | Geser (N/m ²) | Axial (KN) | Torsi (Nm) |
|----|-----------------------------------|------------|---------------------------|------------|------------|
| 1 | B 25/8 (Pangngosokan Lambe') | 12,52 | 78,11 | 0,218 | 0 |
| 2 | B 25/8 (Pangngosokan Baba) | 24,95 | 144,91 | 0 | 4,05 |
| 3 | B 12/8 (5 Tolo') | -61,71 | 120,99 | 0 | 1,837E-02 |
| 4 | B 25/8 (Pata') | -122390,27 | -252,3 | -0,048 | 0 |
| 5 | B 25/6 (Tangdan) | -19,73 | 208,04 | -2,157E-03 | 0 |
| 7 | B 21/8 (Sulu' Tangkeballa' Lambe) | 2,77 | -38,94 | 0,131 | 0 |
| 8 | B 21/8 (Sulu' Tangkeballa' Baba) | 22,35 | 134,71 | 0 | 3,789E-02 |
| 9 | B 14/8 (Peassa' Lambe') | 8,45 | 47,84 | 0,04 | 0 |
| 10 | B 14/8 (Peassa' Baba) | -9,95 | 54,72 | 0 | 0,72 |
| 11 | B 15/8 (Peassa' Lumbang) | -14,84 | -14,84 | -0,111 | 0 |
| 12 | B 15/8 (Kundadi) | -10,04 | 31,43 | 0 | 0,18 |
| 13 | B 24/8 (Sambo Rinding) | 24,01 | 86,49 | 0,048 | 0 |
| 14 | B 15/8 (Ayoka) | 5,34 | 54,56 | 0 | 0,12 |
| 15 | B 19/19 (Patongkon Tangkeballa') | 8,85 | 20,68 | -0,177 | 0 |
| 16 | B 19/6 (Manangnga) | 0,75 | 1,74 | 9,565E-03 | 0 |
| 17 | B 32/2 (Rinding) | -1,16 | -2,46 | -0,111 | 0 |
| 18 | B 7,5/6 (Rungga) | 6,87 | 1,2 | 0,028 | 0 |

Tabel 2 Hasil Analisis Pada Permodelan Struktur Rumah Adat Toraja II

| No | Elemen | Momen (Nm) | Geser (N/m ²) | Axial (KN) | Torsi (Nm) |
|----|------------------------------------|------------|---------------------------|------------|------------|
| 1 | B 25/8 (Pangngosokan Lambe') | 1,49 | 48,28 | 0,031 | 0,76 |
| 2 | B 25/8 (Pangngosokan Baba) | 1,77 | 118,73 | 0082 | 0,36 |
| 3 | B 12/8 (5 Tolo') | 6,686E-02 | -121,01 | -0,084 | -4,076E-04 |
| 4 | B 25/8 (Pata') | -6,643E-02 | -252,22 | -0,254 | 9,704E-03 |
| 5 | B 25/6 (Tangdan) | 8,316E-02 | -190,01 | -0,064 | -3,563E-02 |
| 6 | B 21/8 (Sulu' Tangkeballa' Lambe) | 2,55 | 571,47 | -0,055 | 0,51 |
| 7 | B 21/8 (Sulu' Tangkeballa' Baba) | 4,55 | 298,25 | 0,46 | 13,93 |
| 8 | B 14/8 (Peassa' Lambe') | 4,49 | 18,83 | 0,022 | 0,48 |
| 9 | B 14/8 (Peassa' Baba) | 1,48 | 156,41 | -0,113 | 0,72 |
| 10 | B 15/8 (Peassa' Lumbang) | -0,8 | 0,05 | 0,047 | 3,82 |
| 11 | B 15/8 (Kundadi) | 0,26 | -18,16 | 1,036E-03 | 0,36 |
| 12 | B 24/8 (Sambo Rinding) | -1,09 | 224,5 | 0,046 | 1,59 |
| 13 | B 15/8 (Ayoka) | -4,2 | 30,54 | -0,251 | 0,2 |
| 14 | B 19/19 (Patongkon Tangkeballa') | 57,27 | -38,24 | 0,056 | 0,44 |
| 15 | B 25/6 (Manangnga) | 1,96 | 2,34 | 0,091 | 1,173E-03 |
| 16 | B 40/2 (Rinding) | -4,52 | -22,46 | -0,135 | -5,372E-02 |
| 17 | B 10/6 (Rungga) | -32,36 | 9,38 | -0,964 | 6,705E03 |
| 18 | B 25/8 (Pangngosokan Posi' Lambe') | -0,29 | 95,73 | 4,591E-03 | 0,9 |
| 19 | B 25/8 (Pangngosokan Posi' baba') | 0,26 | -11,4 | 4,765E-03 | 4,62 |
| 20 | B 25/8 (Tampang Angin) | 3,61 | -120,24 | -0,014 | -17 |

2. Struktur rangka atap rumah adat Toraja

Tabel 3. Hasil Analisis Pada Permodelan Struktur Rangka Atap Rumah Adat I

| No | Elemen | Momen (Nm) | Geser (N/m ³) | Axial (KN) | Torsi (Nm) |
|-----|--------------------------|------------|---------------------------|------------|------------|
| 1. | B 7X18 (Pamiring longa) | -2487,46 | -583,62 | 0,753 | 0,78 |
| 2. | B 7X18 (Indok pamiring) | 31997,14 | 17808,55 | 9,038 | -318,26 |
| 3. | B15X15 (Kadang para) | 8096,37 | 5086,39 | -7,532 | 1646,05 |
| 4. | B13X13 (Kadang pamiring) | 18112,39 | 4853,27 | -4,376 | 1142,97 |
| 5. | B 6X25 (Sangka' longa) | -59,58 | 121,34 | 0 | 0 |
| 6. | B 19X19 (Rando rando) | 611,93 | 470,72 | -18,349 | -1,40 |
| 7. | B 6X6 (Kaso kale) | -1392,94 | -640,94 | -1,689 | -115,67 |
| 8. | B 6X8 (Ara' masapi) | 31997,14 | 17808,55 | 9,892 | -602,01 |
| 9. | B7X18 (Rampanan papa) | 1137,75 | -847,29 | 2,636 | 173,95 |
| 11. | B 6X25 (Telang) | 27697,14 | 14808,55 | 8,038 | -268,26 |

Bersadarkan tabel 1. hasil pengujian struktur rangka atap rumah adat Toraja I diatas, diperoleh nilai momen, geser dan axial pada masing masing balok. Pada balok 7X18 (pamiring longa) terjadi momen sebesar -2487,46 Nm, gaya geser -583,62 N/m³, axial 0,753 KN, dan torsi 0,78Nm. Balok 7X18 (Indok pamiring) terjadi momen sebesar 31997,14 Nm, gaya geser 17808,55 N/m³, axial sebesar 9,038 KN, dan torsi -318,26 Nm. Balok 15X15 (Kadang para) terjadi momen sebesar 8096,37 Nm, gaya geser 5086,39 N/m³, axial sebesar -7,532 KN, dan torsi 1646,05 Nm. Balok 13X13 (Kadang pamiring) terjadi momen sebesar 18112,39Nm, gaya geser 4853,27 N/m³, axial sebesar -4,376KN dan torsi 1142,97 Nm. Balok 6X25 (Sangka' longa) terjadi momen sebesar -59,58 Nm, gaya geser 121,56 N/m³, axial 0 KN, dan torsi 0 Nm. Balok 19X19 (Rando rando) terjadi momen sebesar 611,93 Nm, gaya geser 470,72N/m³, dan axial -18,349 KN dan torsi -1,40 Nm. Balok 6X6 (Kaso kale) terjadi momen sebesar -1392,92Nm, gaya geser -640,94 N/m³, axial -1,689 KN dan torsi -115,67 Nm. Balok 6X8 (Ara' masapi) terjadi momen sebesar 31997,14 Nm, gaya geser 17808,55N/m³, axial 9,892 KN dan torsi -602,01. Balok 7X18 (Rampanan papa) terjadi momen sebesar 27697,14 Nm, gaya geser -847,29 N/m³, axial 2,636 KN dan torsi 173,95Nm. Balok 6X25 (telang) terjadi momen sebesar 27697,14 Nm, gaya geser 14808,55 N/m³, axial 8,038 KN dan torsi -268,26 Nm.

Tabel 4. Hasil Analisis Pada Permodelan Struktur Rangka Atap Rumah Adat II

| No | Elemen | Momen (Nm) | Geser (N/m ³) | Axial (KN) | Torsi (Nm) |
|-----|---------------------------|------------|---------------------------|------------|------------|
| 1. | B 7X18 (Pamiring longa) | -2629,81 | -645,73 | 0,510 | -1,437E-02 |
| 2. | B 7X18 (Indok pamiring) | -2386,56 | 211,49 | 0,941 | -3,831E-02 |
| 3. | B15X15 (Kadang para) | 3719,59 | 3046,90 | -3,329 | -0,2525 |
| 4. | B 13X13 (Kadang pamiring) | 4622,55 | -1861,13 | -3,434 | -444,70 |
| 5. | B 6X25 (Sangka' longa) | 0,35 | -0,12 | 0 | 0 |
| 6. | B 19X19 (Rando rando) | 0,15 | -0,11 | -0,403 | 0 |
| 7. | B 6X6 (Kaso kale) | -534,32 | -233,65 | -0,515 | -37,90 |
| 8. | B 6X8 (Ara' masapi) | 5217,58 | -1924,62 | 1,506 | -60,01 |
| 9. | B7X18 (Rampanan papa) | 9459,49 | 15761,19 | -1,412 | -349,55 |
| 11. | B 6X25 (Telang) | -2386,56 | 211,49 | 0,941 | -3,831E-02 |

Berdasarkan tabel 2. hasil pengujian struktur rangka atap rumah adat Toraja II diatas, diperoleh nilai momen, geser, axial dan torsi pada masing masing balok. Pada balok 7X18 (pamiring longa) terjadi momen sebesar -2629,81 Nm, gaya geser -645,73 N/m³, axial 0,510 KN dan torsi -1,437E-02 Nm. Balok 7X18 (Indok pamiring) terjadi momen sebesar -2386,56 Nm, gaya geser 211,49 N/m³, axial sebesar 0,941 KN dan torsi -3,831E-02. Balok 15X15 (Kadang para) terjadi momen sebesar 3719,59 Nm, gaya geser 3046,90 N/m³, axial sebesar -3,329 KN, dan torsi -0,2525 Nm. Balok 13X13 (Kadang pamiring) terjadi momen sebesar 4622,55 Nm, gaya geser -1861,13 N/m³, axial sebesar -3,434 KN, dan torsi -444,70 Nm. Balok 6X25 (Sangka' longa) terjadi momen sebesar 0,35 Nm, gaya geser -0,12 N/m³, axial

0 KN dan torsi 0 Nm. Balok 19X19 (Rando rando) terjadi momen sebesar 0,15 Nm, gaya geser -0,11 N/m³, axial -0,403 KN, dan torsi 0 Nm. Balok 6X6 (Kaso kale) terjadi momen sebesar -534,32 Nm, gaya geser -233,65 N/m³, axial -0,515 KN dan torsi 0 Nm. Balok 6X8 (Ara' masapi) terjadi momen sebesar 5217,58 Nm, gaya geser -1924,62 N/m³, axial 1,506 KN dan torsi -60,01 Nm. Balok 7X18 (Rampangan papa) terjadi momen sebesar 9459,49 Nm, gaya geser 15761,19 N/m³, axial -1,412 KN dan torsi -349,55 Nm. Balok 6X25 (telang) terjadi momen sebesar -2386,56 Nm, gaya geser 211,49 N/m³, axial 0,941 KN dan torsi -3,831E-02 Nm.

Berdasarkan tabel 3. di atas, terlihat jelas bahwa Tongkonan II memiliki nilai aksial, tarik, dan geser yang lebih besar dibanding Tongkonan I. Hal ini menandakan Tongkonan II lebih kuat dalam menahan beban pada rangka atap. Perbedaan signifikan terutama terlihat pada beban tarik dan geser pada rangka atap, dimana Tongkonan II menunjukkan hampir dua kali lipat kapasitas ketahanan. Secara teknis, hal ini mengindikasikan bahwa sistem sambungan kayu dan dimensi elemen struktur pada Tongkonan II lebih optimal dibandingkan Tongkonan I. Temuan ini dapat dijadikan referensi dalam pengembangan desain konstruksi kayu modern yang terinspirasi dari arsitektur tradisional Toraja.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, konstruksi badan (*kale banua*) Tongkonan I memiliki aksial tekan -452,58 kN, tarik 98,14 kN, geser kiri -152,06 kNm³, dan geser kanan 148,64 kNm³; sedangkan Tongkonan II memiliki aksial tekan -452,47 kN, tarik 55,83 kN, geser kiri -99,83 kNm³, dan geser kanan 102,41 kNm³. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua Tongkonan relatif sama dalam menahan beban aksial, namun Tongkonan I lebih kuat dalam tarik sementara Tongkonan II lebih stabil pada gaya geser. Pada struktur rangka atap (*rattiang banua*), Tongkonan I mencatat aksial tekan -1.671.710,2 kN dan tarik 1.281.587,2 kN dengan geser kiri -25.100,8 kNm³ serta geser kanan 4.554,2 kNm³; sedangkan Tongkonan II mencapai aksial tekan -2.170.250,57 kN dan tarik 2.120.671,2 kN dengan geser kiri -203.587,84 kNm³ serta geser kanan 1.030.319,19 kNm³. Perbedaan signifikan ini membuktikan bahwa Tongkonan II memiliki performa struktural lebih unggul dibanding Tongkonan I, baik pada badan maupun atap, sehingga lebih tahan terhadap kombinasi beban vertikal dan lateral. Temuan ini memperlihatkan keunggulan sistem sambungan kayu dan dimensi elemen konstruksi tradisional Toraja yang relevan sebagai referensi dalam pengembangan arsitektur kayu modern berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiah, Alfiah, and Elsa Supriyani. "Perubahan Bentuk Rumah Adat Tongkonan Tana Toraja Berdasarkan Pendapat Teori Lesesau." *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi* 10.2 (2016): 183-196.
- Asri Denne', (2024) "Analisis Perilaku Struktur Tongkonan Terhadap Beban Gempa".
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI – 1726 – 2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Jakarta: BadaN Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. "Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu (SNI 7973 – 2013)." Jakarta.
- Devetak, Iztok, Sasa A. Glazar, dan Jenez Vogrinc, "Peran Penelitian Kualitatif dalam Pendidikan Sains". *Jurnal Eurasia Matematika, Pendidikan Sains dan Teknologi* 6.1 (2010): 77-84.
- Dhana, M. M. A., Hendrawan, I. K., Kalyana, I. A. R. N., Putri, I. G. A. D. K., & Putra, W. N. A. P. (2023). KAJIAN ARSITEKTUR BIOKLIMATIK RUMAH TONGKONAN. *Jurnal Vastukara: Jurnal Desain Interior, Budaya, dan Lingkungan Terbangun*, 3(2), 298-308.
- Frampton, Kenneth., (1995). *Studies in Tectonic Culture*. The MIT Press, Cambridge
- Halim, P. (n.d.). arsitektur tradisional indonesia: Pengaruh kebudayaan terhadap rumah adat tongkonan. <https://ekhalmussaad.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/03/sni-7973-2013-spesifikasi-desain-untuk-konstruksi-kayu.pdf>
- Ismanto, R., & Sudarwani, M. M. (2020). Rumah Tongkonan Toraja Sebagai Ekspresi Estetika Dan Citra Arsitektural Jainuddin, Tismi Dipalaya, Elsiana Tppi Mangampang Ekplorasi Etnomatematika Terhadap Pola Geometrik Pada Rumah Adat Tongkonan Di Toraja. *Language Teaching and Science vol. 4. Issue* (2022)
- Jefriyanto, Wilson, et al. "Identifikasi prinsip fisika pada tiang bangunan rumah adat tongkonan pada suku toraja." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika* 6.3 (2022): 530-538.
- Kusuma, D., & Putra, A. (2020). "Analisis Struktur Kayu pada Bangunan Tradisional Indonesia." *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 14(2), 112-123.
- Muhammad Bintang Nabilunnuha, Didit Nivianto (2022) Prinsip Keberlanjutan Lingkungan Pada Rumah Tongkonan Toraja
- Nabilunnuha, Muhammad Bintang, and Didit Novianto. "Prinsip Keberlanjutan dan Ketahanan Lingkungan pada Rumah Tongkonan Toraja." *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia* 11.1 (2022): 28-38.
- Nurdiah, Esti Asih. "Studi Struktur dan Konstruksi Rumah Tradisional Suku Batak Toba, Minangkabau dan Toraja." (2011).
- Nurdin (2019), "Rumah adat Tongkonan bukan hanya sebagai tempat tinggal, tetapi juga simbol identitas sosial dan budaya masyarakat Toraja yang diwariskan secara turun-temurun."

- Oktawti, A. E., and Wasilah Sahabuddin. "Karakter tektonika rumah tongkonan toraja." *Prosiding Seminar Nasional Semesta Arsitektur Arsitektur Nusantara Nusantara*. Vol. 4. 2016.
- Pakan, Marcelina Sanda Lebang, Maria Heny Pratikno, and Welly E. Mamosey. "Rumah Adat Tongkonan Orang Toraja Kabupaten Tana Toraja Propinsi Sulawesi Selatan." *Holistik, Journal of Social and Culture* (2018).
- Palullungan, M. R. (2021). *Analisis Perilaku Struktur Atap Tongkonan terhadap Beban Angin dan Gempa*. Jurnal Teknik Sipil Unhas.
- Pratama, R., & Kusuma, B. (2021). "Pengaruh Beban Tekan dan Tarik pada Elemen Kolom dalam Struktur Bangunan Tinggi." *Jurnal Rekayasa Konstruksi*, 9(2), 89-98.
- Rahayu, Anggita Putri, et al. "Analisis Distribusi Pembebanan pada Bangunan Tradisional Jawa 'Limasan'." *Prosiding TAU SNARS-TEK Seminar Nasional Rekayasa dan Teknologi*. Vol. 3. No. 1. 2024.
- Sir, M. M. (2015). Pengetahuan Tektonika Arsitektur Tongkonan. lembaga sejarah arsitektur indonesia, 6.
- Siregar, T., & Harahap, S. (2019). "Analisis Sifat Fisis dan Mekanis Kayu untuk Konstruksi Bangunan." *Jurnal Material Konstruksi*, 8(4), 301-310.
- Sutanto, A., & Rahmat, D. (2021). "Analisis Peran Komponen Struktur Kolom dan Balok pada Kekuatan Bangunan Tinggi." *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 13(2), 88-97.