

Atap Tongkonan dalam Perspektif Sains: Kajian Fisika dan Integral Berbasis Kearifan Lokal

Awal Mulia Rejeki Tumanggor^{1)*}, Tiara Lestari Paembonan²⁾, Berton Maruli Siahaan³⁾,
Falenthino Sampouw⁴⁾

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

³Program Studi Fisika, Universitas Sam Ratulangi, Kota Manado, 95115, Indonesia

⁴Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Papua, Kabupaten Manokwari, 98314, Indonesia

*Corresponding author. E-mail: awaltumanggor@unima.ac.id

Diterima 20 Februari 2025; Disetujui 10 Maret 2025

ABSTRAK

Atap Tongkonan Tanete, rumah adat masyarakat Toraja di Sulawesi Selatan, merupakan warisan budaya yang kaya akan nilai filosofis dan estetika. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur atap Tongkonan dari perspektif sains, khususnya melalui konsep kesetimbangan benda tegar dan integral. Untuk menganalisis prinsip-prinsip fisika dan matematika yang mendasari desainnya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif – deskriptif yang menggabungkan observasi lapangan, wawancara dengan pemangku kepentingan lokal, dan studi literatur tentang arsitektur Tongkonan dan prinsip-prinsip fisika. Data dianalisis menggunakan perangkat lunak *GeoGebra* untuk memodelkan bentuk atap sebagai fungsi kuadrat dan menghitung luas area bawah serta panjang kurva dengan menggunakan integral. Hasil menunjukkan bahwa bentuk lengkung atap Tongkonan memastikan distribusi beban yang merata. Analisis ini membuktikan bahwa kearifan lokal masyarakat Toraja dalam membangun Tongkonan mengintegrasikan prinsip-prinsip fisika dan matematika.

Kata kunci : Atap Tongkonan, GeoGebra, Kearifan Lokal, Konsep Fisika, Integral

ABSTRACT

The roof of Tongkonan Tanete, a traditional house of Toraja people in South Sulawesi, is a cultural heritage rich in philosophical and aesthetic values. This research aims to analyze the structure of the Tongkonan roof from a scientific perspective, specifically through the concepts of equilibrium of a rigid body and integrals, to analyze the physics and mathematics principles underlying its design. The research used a qualitative-descriptive approach combining field observations, interviews with local stakeholders, and a literature study on Tongkonan architecture and physics principles. Data were analyzed using GeoGebra software to model the roof shape as a quadratic function and calculate the area under and length of the curve using integrals. Results show that the curved shape of the Tongkonan roof ensures even load distribution. This analysis proves that the local wisdom of the Toraja people in building Tongkonan integrates the principles of physics and mathematics.

Keywords : Tongkonan Roof, GeoGebra, Local Wisdom, Physics Concept, Integral

1. PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu yang dapat dipelajari melalui budaya, kearifan lokal, atau potensi daerah. Ilmu fisika membahas sifat dasar materi dan energi serta interaksi di antara keduanya. Fisika memiliki peran penting karena konsep-konsepnya digunakan untuk menjelaskan berbagai fenomena yang terjadi di sekitar kita (Giancoli, 2015; Tumanggor et al., 2019). Rumah adat Tongkonan merupakan simbol budaya masyarakat Toraja di Sulawesi Selatan yang telah diwariskan secara turun temurun. Desain arsitektural Tongkonan, terutama pada bagian atapnya yang melengkung menyerupai perahu,

tidak hanya mencerminkan identitas budaya tetapi juga menyimpan prinsip-prinsip ilmiah yang menarik untuk dianalisis (Chen & Ja'Faruddin, 2021; Dhana et al., 2023). Atap Tongkonan dibangun menggunakan material alami, seperti bambu dan ijuk, yang dipilih berdasarkan pertimbangan kekuatan, kelenturan, dan ketahanan terhadap perubahan cuaca. Bentuk melengkung pada atap tidak hanya berfungsi sebagai estetika tetapi juga mengoptimalkan distribusi beban dan meminimalisasi tekanan akibat gaya gravitasi serta gaya angin, menunjukkan penerapan prinsip-prinsip fisika secara intuitif oleh

masyarakat Toraja (Fajriyani, 2023; Oktawti & Sahabuddin, 2016).

Pendekatan ilmiah terhadap desain struktur rumah adat Tongkonan terutama bagian badan (*Kale Banua*) dan bagian kaki (*Sulluk Banua*) telah banyak dikaji oleh peneliti terdahulu (Jefriyanto et al., 2022; Pulung et al., 2023), hal ini yang mendorong minat peneliti untuk fokus mengeksplorasi bagaimana kearifan lokal dapat diinterpretasikan dalam konteks sains, sehingga peneliti memilih melakukan pendekatan ilmiah terhadap desain bagian atap Tongkonan (*Ratiang Banua*). Kajian ini penting tidak hanya untuk memahami kekuatan struktural dan stabilitas bangunan, tetapi juga untuk menghitung luas permukaan dan panjang kurva atap melalui metode integral. Analisis ini dapat memberikan wawasan mendalam mengenai hubungan antara budaya dan ilmu pengetahuan, serta mendukung integrasi kearifan lokal dalam pembelajaran fisika.

Rumusan masalah dalam penelitian ini mencakup penerapan prinsip fisika dalam struktur atap Tongkonan dan penggunaan metode integral dalam menghitung luas serta panjang kurva atap. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara ilmiah desain atap Tongkonan dan menyediakan perhitungan matematis yang mendukung pemahaman tersebut. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi berharga bagi kajian budaya dan sains, sekaligus memperkaya literatur ilmiah terkait integrasi kearifan lokal dalam fisika.

2. KAJIAN LITERATUR

Rumah Adat Tongkonan

Sejarah dan filosofi Tongkonan merupakan rumah adat suku Toraja yang terkenal dengan atap melengkung menyerupai perahu, melambangkan perjalanan hidup manusia. Rumah adat ini dibangun dengan prinsip gotong royong dan memiliki hierarki sosial yang tercermin dalam arsitektur dan ornamen ukirannya (*Ethnomathematics in Structure and Carving Patterns Of*, 2023; Palayukan & Lasarus, 2023; Sri Wahyuni et al., 2023). Tongkonan tidak hanya sebagai tempat tinggal, tetapi juga pusat aktivitas sosial, budaya, dan spiritual. Setiap elemen termasuk atap, tiang, dan ukiran memiliki simbolisme mendalam, seperti perlindungan, kekuatan, dan koneksi dengan leluhur. Struktur atapnya yang melengkung dipercaya menginspirasi desain

arsitektural modern karena ketahanan dan keindahannya (Dhana et al., 2023; Sri Wahyuni et al., 2023). Penggunaan bahan alami dan teknik konstruksi tradisional yang diwariskan secara turun-temurun mencerminkan adaptasi masyarakat Toraja terhadap lingkungan dan pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan.

Prinsip Fisika dalam Arsitektur Tradisional

Struktur Tongkonan mengimplementasikan prinsip distribusi beban, di mana tiang-tiang utama menanggung beban bangunan secara merata. Sistem sambungan tanpa paku memungkinkan fleksibilitas struktur saat terjadi gempa, memanfaatkan gaya geser dan momen lentur untuk menjaga stabilitas. Selain itu, kemiringan atap dan bentuk melengkung membantu mengalirkan tekanan angin, mengurangi gaya angkat dan meningkatkan aerodinamika bangunan (Fajriyani, 2023). Prinsip gaya normal dan gesekan juga diterapkan dalam konstruksi tiang-tiang yang tertanam dalam tanah sehingga memberikan kestabilan tambahan. Studi oleh Jefriyanto (2022) menunjukkan bahwa Tongkonan memanfaatkan pusat massa rendah dan distribusi beban optimal untuk meningkatkan ketahanan terhadap gaya eksternal. Penerapan prinsip-prinsip fisika ini membuktikan bahwa arsitektur tradisional tidak hanya estetis, tetapi juga didasarkan pada perhitungan teknis yang presisi (Oktawti & Sahabuddin, 2016; Sampebua & Unm, 2021).

Konsep Integral dalam Perhitungan

Atap tongkonan yang melengkung menyerupai perahu dapat dimodelkan secara matematis menggunakan fungsi kuadrat atau fungsi lengkung lainnya. Konsep integral dalam kalkulus digunakan untuk menghitung luas permukaan dan panjang kurva atap tersebut. Integral tentu memungkinkan perhitungan luas area di bawah kurva tertentu, sementara integral garis digunakan untuk menentukan panjang suatu kurva (Stewart et al., 2021). Dalam konteks arsitektur tradisional seperti Tongkonan, penerapan integral membantu dalam memahami efisiensi penggunaan material dan desain struktural. Pendekatan ini tidak hanya memastikan keakuratan dalam perencanaan material tetapi juga memberikan wawasan tentang prinsip-prinsip matematika yang mungkin telah diterapkan oleh para perancang tradisional.

Kajian Kearifan Lokal dalam Fisika

Desain atap yang melengkung dan terangkat pada kedua ujungnya berfungsi untuk mengalirkan air hujan dengan efisien, mencegah penumpukan air yang dapat membebani struktur bangunan. Bentuk atap tinggi dan melengkung menciptakan ruang insulasi udara dibawahnya, yang membantu mengatur suhu di dalam rumah adat. Penggunaan material alami seperti bambu dan daun rumbia pada atap juga menunjukkan pemahaman masyarakat Toraja terhadap sifat material yang ringan namun kuat, serta kemampuan mereka memanfaatkan sumber daya alam secara berkelanjutan (Fajriyani, 2023; Pulung et al., 2023). Dengan demikian, konstruksi atap Tongkonan mencerminkan integrasi harmonis antara desain arsitektur tradisional dan penerapan prinsip fisika.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif – deskriptif dengan studi literatur dan analisis numerik. Lokasi penelitian ditetapkan di Kelurahan Lapandan, Kecamatan Makale, Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan, untuk menganalisis arsitektur Tongkonan Tanete. Data diperoleh melalui observasi langsung, wawancara dengan pemangku adat, serta kajian literatur terkait arsitektur Tongkonan dan prinsip fisika yang diaplikasikan. Analisis dilakukan dengan memodelkan bentuk atap Tongkonan menggunakan perangkat lunak *GeoGebra* untuk menghitung luas dan panjang kurva berbasis integral. Tahapan penelitian meliputi: Pengumpulan data lapangan dan literatur; Observasi dan dokumentasi arsitektur Tongkonan Tanete; Analisis struktur fisika termasuk distribusi beban, elastisitas material, dan ketahanan struktur; Pemodelan matematis digital; dan Interpretasi hasil analisis fisika dan integral. Data dianalisis dengan metode triangulasi sumber, validasi melalui diskusi ahli, dan verifikasi dengan data lapangan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Temuan dari penelitian ini diperoleh melalui observasi langsung di lapangan, yang menerangkan bahwa rumah adat Tongkonan Tanete di Tana Toraja merupakan simbol kearifan lokal yang mencerminkan pemahaman mendalam terhadap prinsip-prinsip fisika, khususnya dalam hal kesetimbangan dan ketahanan struktural. Wawancara mendalam

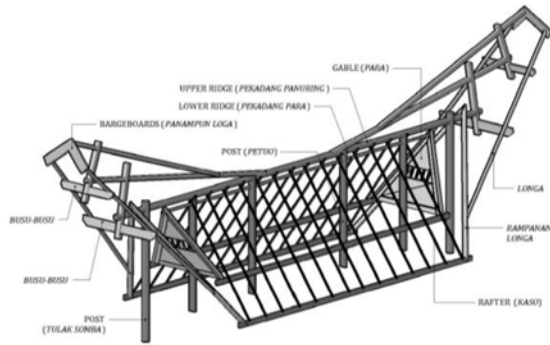
dengan penghuni Tongkonan dan masyarakat Toraja, serta analisis mendalam mengungkapkan bahwa struktur atap Tongkonan terdiri atas rangka atap dari kayu, penutup atap berbahan bambu, meskipun zaman sekarang sudah banyak beralih menggunakan atap seng, serta pilar *tulak somba* yang menopang konstruksi secara keseluruhan seperti Gambar 1.



Gambar 1. Rumah Adat Tongkonan Tanete

Berdasarkan deskripsi Kis-Jovak dalam (Nurdiah, 2011) menjelaskan atap rumah adat Toraja memiliki dua bubungan. Bubungan atas disebut *pekadang panuring* yang didukung oleh dua tiang bebas yang dikenal *tulak somba*, yang berada di luar rumah sisi utara dan selatan. Bubungan atas juga ditopang oleh tiang dalam yang disebut *petuo*. Bubungan bawah dikenal sebagai *pekadang para* yang berukuran lebih kecil dibandingkan bubungan atas. Kasau/*kaso* ditempatkan di antara bubungan atas dan bawah, menjadikan kedua bubungan tersebut berfungsi seperti penjepit yang mengunci *kaso*.

Selain bubungan, *kaso* juga ditopang oleh dua balok lainnya, yang satu berfungsi sebagai purlin, ditempatkan di bagian atas dinding, sementara balok lainnya ditempatkan di luar dinding dan ditopang oleh tiga atau lebih tiang yang berdiri sendiri. Berikut adalah struktur atap Tongkonan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Atap Tongkonan (Nurdiah, 2011)

Bentuk lengkung atap dihasilkan dengan cara penambahan bubungan miring yang disebut *longa*, yang dipasang pada bubungan lurus dan miring ke atas. Bubungan dan balok miring ini diikat bersama dengan balok pendek dengan papan berbentuk belati yang disebut *busu-busu*. Papan *busu-busu* menarik *longa* dan menguncinya pada bubungan miring dan bubungan atas.

Menariknya, meskipun bentuk lengkung atap berupa hiperbola, distribusi gaya pada struktur ini tidak bergantung pada bentuk atau permukaan atap, melainkan melalui elemen-elemen strukturalnya. Sistem struktur atap Toraja menunjukkan bahwa bubungan atas yang didukung oleh tiang *tulak somba* menopang atap dan kantilever, sedangkan bubungan miring, *longa*, dan *busu-busu* membentuk atap menonjol berbentuk segitiga yang mendistribusikan beban ke *pekadang panuring* atau bubungan atas (Hildayanti & Sahabuddin, 2023; Nurdiah, 2011). Struktur ini mencerminkan keahlian arsitektur tradisional Toraja yang menggabungkan kekuatan, keseimbangan, dan nilai-nilai budaya yang kaya seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.



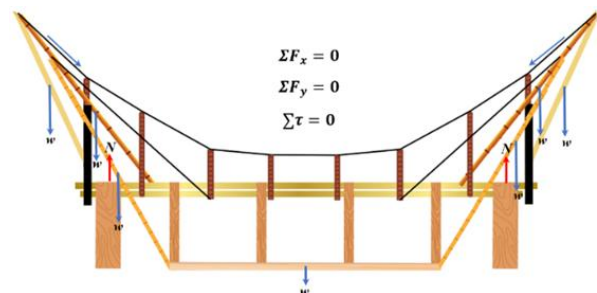
Gambar 3. Sketsa Atap Tongkonan Tanete

Gambar 3 menunjukkan Atap Tongkonan yang memiliki bentuk melengkung simetris menyerupai parabola. Analisis kesetimbangan benda tegar pada atap Tongkonan dapat dilakukan dengan mempertimbangkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur atap.

Atap Tongkonan dirancang untuk mendistribusikan beban secara merata ke seluruh struktur. Beban atap yang terdiri dari berat material atap (bambu, kayu, dan seng) didistribusikan ke tiang-tiang penyangga *tulak somba* dan dinding rumah (Palayukan & Lasarus, 2023). Prinsip kesetimbangan translasi ($\sum \vec{F} = 0$) terpenuhi ketika gaya-gaya yang bekerja pada atap, seperti gaya berat ($\vec{w}$) dan gaya normal ($\vec{N}$) dari tiang penyangga saling meniadakan (Sholihah et al., 2023; Tumanggor et al., 2024).

Selain kesetimbangan translasi, kesetimbangan rotasi ($\sum \vec{\tau} = 0$) juga menjadi faktor penting dalam menjaga stabilitas atap Tongkonan. Bentuk melengkung atap menciptakan lengan momen (r) yang optimal, sehingga momen gaya yang dihasilkan oleh beban atap dapat diimbangi oleh momen gaya (τ) dari tiang penyangga (Jefriyanto et al., 2022; Pawarangan et al., 2023). Tiang *tulak somba* yang terletak di ujung atap berfungsi sebagai penopang utama yang mencegah atap dari kemiringan atau keruntuhan.

Atap Tongkonan Tanete dengan bentuk melengkung yang khas menyerupai perahu dan tanduk kerbau, tidak hanya memiliki nilai estetika dan filosofis yang tinggi, tetapi juga menyimpan keunikan dari segi sains, khususnya fisika dan matematika. Bentuk atap Tongkonan Tanete akan terlihat menyerupai kurva parabola apabila diamati dari sisi samping rumah adat tersebut, seperti Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Samping Atap Tongkonan Tanete

Untuk memahami lebih dalam tentang struktur atap sesuai Gambar 4, maka dilakkan analisis matematis dengan memodelkan bentuk

atap Tongkonan Tanete ke dalam grafik fungsi kuadrat yang ditunjukkan pada Persamaan (1) berikut (Melissa et al., 2023; Side et al., 2021):

$$y = ax^2 + bx + c; a, b, c \in \mathbf{R}; a \neq 0 \quad (1)$$

Berdasarkan pengukuran saat observasi di lapangan, beberapa titik kunci diukur untuk dapat diinterpretasi ke dalam grafik. Titik-titik tersebut meliputi:

- Jarak antara ujung-ujung *longa* (kerangka): Jarak horizontal antara ujung kiri dan kanan atap diperoleh sepanjang 16 meter, yang direpresentasikan dalam grafik sebagai interval $-8 \leq x \leq 8$.
- Titik Puncak $P(x_p, y_p)$ Kurva: Atap Tongkonan memiliki tinggi 7 meter, dan titik puncak membentuk kurva terbuka ke atas dengan ketinggian 3 meter dari dasar atap. Titik ini direpresentasikan sebagai puncak parabola pada koordinat $P(x_p, y_p) = P(0,3)$.
- Kemiringan (Gradien) Sisi Atap: Kemiringan sisi atap yang membentuk sudut tertentu diinterpretasikan melalui Persamaan (2) Garis Lurus dan Persamaan (3) Gradien berikut:

$$y = mx + c \quad (2)$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \text{ atau } m = \frac{y'_2 - y'_1}{x'_2 - x'_1} \quad (3)$$

Dengan titik koordinat gradien sisi kanan $(x_1, y_1) = (4,0)$; $(x_2, y_2) = (8,7)$ dan titik koordinat gradien sisi kiri $(x'_1, y'_1) = (-4,0)$; $(x'_2, y'_2) = (-8,7)$. Dengan mensubstitusikan titik koordinat di atas ke Persamaan (2) dan (3), maka kemiringan diinterpretasikan sebagai garis lurus $g(x) = -\frac{7}{4}x - 7$ untuk sisi kiri $(-8 \leq x \leq -4)$ dan $h(x) = \frac{7}{4}x - 7$ untuk sisi kanan $(4 \leq x \leq 8)$.

Bentuk melengkung atap Tongkonan yang dimodelkan sebagai fungsi kuadrat seperti Persamaan (1) dapat juga dicari dengan Persamaan grafik kuadrat menggunakan titik puncak $P(x_p, y_p) = P(0,3)$ yang ditunjukkan pada Persamaan (4) berikut:

$$f(x) = y = a(x - x_p)^2 + y_p \quad (4)$$

Dengan menggunakan koordinat titik *longa* kiri atau kanan yaitu $(-8,7)$ atau $(8,7)$ maka diperoleh model fungsi kuadrat $f(x) = \frac{x^2}{16} + 3$.

Model ini memungkinkan kita untuk menganalisis luas di bawah kurva atap dan panjang kurva atap Tongkonan menggunakan perhitungan integral dan analisis menggunakan

perangkat lunak *GeoGebra*. Untuk menghitung luas di bawah kurva, kita membagi area menjadi 3 bagian area utama (Stewart et al., 2021):

- Area pertama $(-8 \leq x \leq -4)$

Kurva atap $f(x)$ berada di atas garis $g(x) = -\frac{7}{4}x - 7$, maka luas dihitung dengan mengurangkan fungsi $g(x)$ dan $f(x)$ kemudian mengintegralkannya dari batas $x = -8$ dan $x = -4$, sehingga diperoleh Persamaan (5) Integral berikut:

$$A_1 = \int_{-8}^{-4} (f(x) - g(x)) dx$$

$$A_1 = \int_{-8}^{-4} \left(\frac{x^2}{16} + 3 - \left(-\frac{7}{4}x - 7 \right) \right) dx$$

$$A_1 = \int_{-8}^{-4} \left(\frac{x^2}{16} + \frac{7}{4}x + 10 \right) dx \quad (5)$$

Hasil integral ini memberikan luas sebesar $7,33\text{m}^2$.

- Area kedua $(4 \leq x \leq 8)$

Kurva atap $f(x)$ berada di atas garis $h(x) = \frac{7}{4}x - 7$, maka luas dihitung dengan mengurangkan fungsi $h(x)$ dari $f(x)$ kemudian mengintegralkannya dari batas $x = 4$ dan $x = 8$, sehingga diperoleh Persamaan (6) Integral berikut:

$$A_2 = \int_4^8 (f(x) - h(x)) dx$$

$$A_2 = \int_4^8 \left(\frac{x^2}{16} + 3 - \left(\frac{7}{4}x - 7 \right) \right) dx$$

$$A_2 = \int_4^8 \left(\frac{x^2}{16} - \frac{7}{4}x + 10 \right) dx \quad (6)$$

Hasil integral ini memberikan luas sebesar $7,33\text{m}^2$.

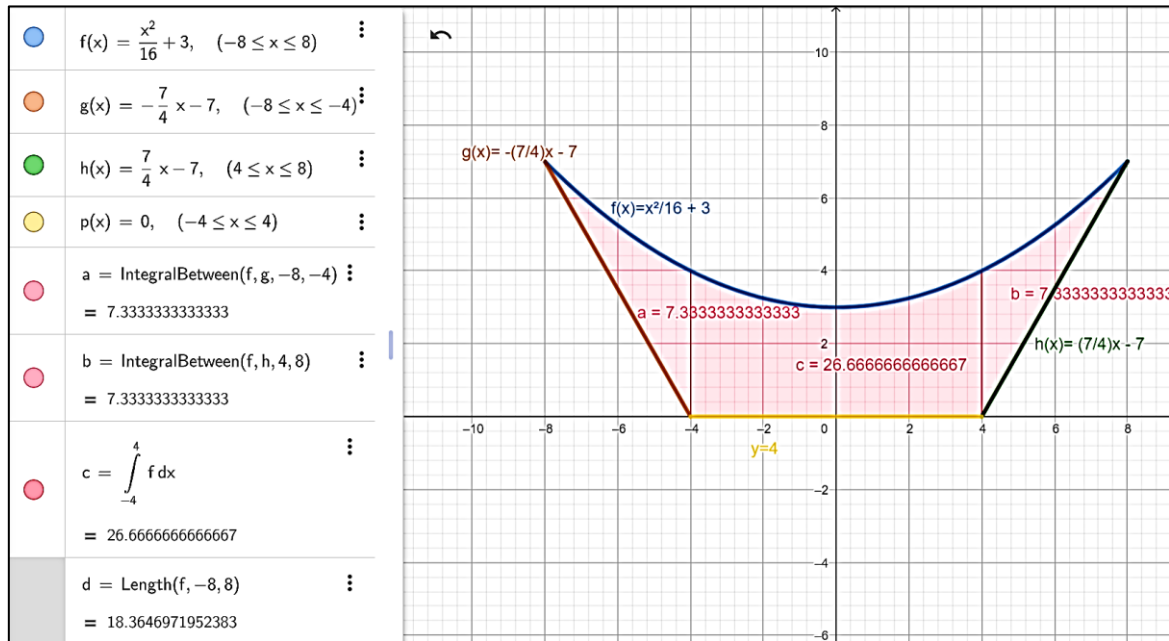
- Area ketiga $(-4 \leq x \leq 4)$

Kurva atap $f(x)$ berada di atas sumbu x ($p(x) = 0$), maka luas dihitung dengan mengintegralkan fungsi $f(x)$ kemudian dari batas $x = -4$ dan $x = 4$, sehingga diperoleh Persamaan (7) Integral berikut:

$$A_3 = \int_{-4}^4 f(x) dx = \int_{-4}^4 \left(\frac{x^2}{16} + 3 \right) dx \quad (7)$$

Hasil integral ini memberikan luas sebesar $26,67\text{m}$. Sehingga total luas dari kurva atap Tongkonan Tanete adalah penjumlahan dari ketiga area tersebut yaitu sebesar $41,33\text{m}^2$. Analisis konsep dasar integral juga digunakan untuk menentukan panjang kurva (ℓ) suatu fungsi $f(x)$ dari $x = a$ hingga $x = b$ dengan menggunakan hasil dari penurunan Persamaan (8) berikut ini:

$$\ell = \int_a^b \sqrt{1 + (f'(x))^2} dx \quad (8)$$



Gambar 5. Atap Rumah Adat Tongkonan Tanete dengan GeoGebra

di mana $f'(x)$ adalah turunan pertama dari fungsi $f(x)$, sehingga diperoleh hasil $f'(x)$ sebagai Persamaan (9) berikut:

$$f'(x) = \frac{d}{dx} \left(\frac{x^2}{16} + 3 \right) = \frac{x}{8} \quad (9)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan (6) ke (5) dan dihitung dari batas $x = -8$ hingga $x = 8$ akan menjadi Persamaan (10):

$$\ell = \int_{-8}^8 \sqrt{1 + \frac{x^2}{64}} dx \quad (10)$$

Hasil integral panjang kurva dapat diselesaikan menggunakan metode substitusi atau numerik, sehingga diperoleh panjang kurva 18,36m.

Bentuk Atap Tongkonan Tanete dapat divisualisasikan dalam perangkat lunak GeoGebra dengan menginput tombol perintah (Arbain & Shukor, 2015).

Pada kolom input, kita bisa mengetik fungsi kuadrat $f(x)$ dan persamaan garis $g(x)$ serta $h(x)$ yang merepresentasikan bentuk atap Tongkonan dalam tampilan input *If* sebagai berikut:

- $f(x)=If(-8 \leq x \leq 8, ((x^2)/(16))+3)$
- $g(x)=If(-8 \leq x \leq -4, -((7)/(4)) x - 7)$
- $h(x)=If(4 \leq x \leq 8, ((7)/(4)) x - 7)$
- $p(x)=If(-4 \leq x \leq 4, 0)$

Selanjutnya, untuk menghitung luas atap Tongkonan di bawah kurva serta panjang kurva dengan menggunakan tombol input *IntegralBetween* sebagai berikut:

- $a=IntegralBetween(f,g,-8,-4)$
- $b=IntegralBetween(f,h,4,8)$

- $c=Integral(f,-4,4)$
- $d=Length(f,-8,8)$

Setelah semua langkah perintah di atas dijalankan, maka akan muncul tampilan grafik dalam GeoGebra seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

Grafik fungsi kuadrat $f(x) = \frac{x^2}{16} + 3$ menampilkan bentuk parabola simetris yang merepresentasikan lengkungan atap Tongkonan Tanete. Garis $g(x) = -\frac{7}{4}x - 7$ dan $h(x) = \frac{7}{4}x - 7$ merepresentasikan kemiringan sisi kiri dan kanan atap, yang membentuk batas bawah area di bawah kurva, sementara area yang diarsir menunjukkan luas efektif atap Tongkonan yang dihitung menggunakan integral dengan hasil perhitungan luas dan panjang kurva ditampilkan di bagian bawah grafik.

Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa bentuk atap Tongkonan Tanete dirancang dengan presisi matematis. Masyarakat Toraja telah mengintegrasikan pengetahuan empiris dengan prinsip-prinsip fisika dan matematika untuk menciptakan struktur yang tidak hanya estetis tetapi juga fungsional (Hidayatun et al., 2013). Bentuk melengkung atap Tongkonan yang dihasilkan dari fungsi kuadrat memastikan distribusi beban yang merata dan stabilitas struktural yang tinggi. Hal ini membuktikan bahwa kearifan lokal masyarakat Toraja dalam

membangun Tongkonan telah selaras dengan prinsip-prinsip sains.

Meskipun penelitian ini memberikan gambaran sederhana dan belum mencakup secara mendalam tentang struktur atap Tongkonan, penulis berharap kepada penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi lebih lanjut beberapa aspek terkait Kajian Termal: Efisiensi Ventilasi dan Sirkulasi Udara pada Tongkonan, Eksplorasi Nilai Filosofis dan Ilmiah Tongkonan dalam Pembelajaran Fisika, dan Pemodelan Atap Tongkonan 3D menggunakan software simulasi (Cuartero et al., 2019; Hu et al., 2021; Rosa & Orey, 2019).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, atap Tongkonan Tanete adalah mahakarya arsitektur yang menggabungkan estetika, budaya, dan sains. Kearifan lokal masyarakat Toraja mengintegrasikan prinsip-prinsip fisika dan matematika dalam desain arsitektur tradisional melalui konsep kesetimbangan translasi ($\sum \vec{F} = 0$) dan rotasi ($\sum \vec{\tau} = 0$), di mana struktur atap Tongkonan dirancang untuk menahan gaya-gaya eksternal, hal ini menunjukkan masyarakat Toraja memahami prinsip fisika tentang stabilitas dan kekuatan struktur secara empiris, dan dengan memodelkan bentuk atap Tongkonan sebagai fungsi kuadrat $f(x)$, perhitungan luas di bawah kurva menggunakan integral menggambarkan area efektif atap yang mampu menahan beban dan tekanan, serta panjang kurva atap Tongkonan menggunakan integral panjang kurva mencerminkan efisiensi material yang digunakan untuk menciptakan bentuk melengkung yang estetik dan fungsional. Atap Tongkonan tidak hanya menjadi simbol kebanggaan budaya Toraja, tetapi juga menjadi bukti bahwa kearifan lokal dapat menjadi sumber inspirasi bagi inovasi sains dan teknologi.

6. REFERENSI

Arbain, N., & Shukor, N. A. (2015). The Effects of GeoGebra on Students Achievement. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 172(2007), 208–214.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.356>

Chen, W. H., & Ja'Faruddin. (2021). Traditional Houses and Projective

Geometry: Building Numbers and Projective Coordinates. *Journal of Applied Mathematics*, 2021.
<https://doi.org/10.1155/2021/9928900>

Cuartero, J., Cabaleiro, M., Sousa, H. S., & Branco, J. M. (2019). Tridimensional parametric model for prediction of structural safety of existing timber roofs using laser scanner and drilling resistance tests. *Engineering Structures*, 185(August 2018), 58–67.
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.01.096>

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.
<https://doi.org/10.59997/vastukara.v3i2.2897>

Ethnomathematics in Structure and Carving Patterns of. (2023). 4(2), 132–148.

Fajriyani. (2023). *Structure Of Tongkonan Traditional House Buildings As A Source Of Physics Learning*. 3(1), 1–15.
<https://doi.org/10.24252/al-khazini.v3i1.36241>

Giancoli, D. C. (2015). *Physics: Principles with Applications, Global Edition* (Vol. 1). Pearson Education Limited.

Hidayatun, M. I., Prijotomo, J., & Rachmawati, M. (2013). Architectonic pada Arsitektur Nusantara sebagai Cerminan Regionalisme Arsitektur di Indonesia. *Prosiding Seminar Jelajah Arsitektur Tradisional Ke V Medan, November*, 201–2010.

Hildayanti, A., & Sahabuddin, W. (2023). Tectonics of the Vernacular: The Design Techniques of the Tongkonan House, South Sulawesi, Indonesia. *ISVS E-Journal*, 10(3), 1–11.

Hu, P., Miao, Y., & Hou, M. (2021). Reconstruction of complex roof semantic structures from 3d point clouds using local convexity and consistency. *Remote Sensing*, 13(10).
<https://doi.org/10.3390/rs13101946>

Jefriyanto, W., Joni, L., Pakiding, A., & Pawarangan, I. (2022). Identifikasi Prinsip Fisika pada Tiang Bangunan Rumah Adat Tongkonan pada Suku Toraja. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*,

- 6(3), 530.
<https://doi.org/10.20527/jipf.v6i3.5027>
- Melissa, M. M., Redianto, A., Wiwahanama, A. V., & Maturbongs, L. M. (2023). Students' Learning Interest in Quadratic Function Topics Using Geogebra. *Edumatika : Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 6(1), 30–40.
<https://doi.org/10.32939/ejrpm.v6i1.1716>
- Nurdiah, E. A. (2011). Protruding Saddle Roof Structure of Toraja , Minang and Toba Batak House : Learning from Traditional Structure System. *Senvar*, 65–70.
- Oktawti, A. E., & Sahabuddin, W. (2016). Karakter Tektonika Rumah Tongkonan Toraja. *Prosiding Seminar Nasional Semesta Arsitektur Arsitektur Nusantara Nusantara 4 , Kebangsaan, November*, 17–18.
- Palayukan, H., & Lasarus, M. (2023). Eksplorasi Konsep Matematika pada Ornamen Tulak Somba di Rumah Adat (Tongkonan) Toraja. *Jurnal Riset HOTS Pendidikan Fisika*, 3, 194–206.
- Pawarangan, I., Nusa, J. G. N., Mawuntu, V. J., Saka, B. G., & Jefriyanto, W. (2023). Identifikasi Prinsip Fisika Pada Rumah Adat Minahasa di Woloan Untuk Pembelajaran Fisika. *SCIENING : Science Learning Journal*, 4(2), 107–113.
<https://doi.org/10.53682/slj.v4i2.7955>
- Pulung, P., Lolang, E., & Bergita, G. M. S. (2023). Analisis Prinsip Fisika pada Tiang Lumbung Padi sebagai Kearifan Lokal Masyarakat Toraja. *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya*, 4(2), 95–101.
<https://doi.org/10.53682/fista.v4i2.306>
- Rosa, M., & Orey, D. C. (2019). Ethnomathematics and the responsible subversion of its pedagogical action: an investigation based on three anthropological approaches. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 100, 191–210.
- Sampebua, O., & Unm, M. L. (2021). Tongkonan Ke'Te' Kesu' As a Traditional Architectural Tourist Attraction in Tana Toraja. *Journal of Building Material Science*, 3(1), 1–8.
<https://doi.org/10.30564/jbms.v3i1.2929>
- Sholihah, L., Putri, N., & Handayani, R. (2023). Analisis Konsep Momen Gaya, Momen Inersia, dan Keseimbangan Benda Tegar pada Rumah Adat Osing Banyuwangi. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains Dan Terapan (INTERN)*, 2, 76–84.
<https://doi.org/10.58466/intern.v2i2.1192>
- Side, S., Sukarna, S., & Jusriadi, J. (2021). Analisis Matematika Pada Pembuatan Rumah Panggung Toraja. *Journal of Mathematics Computations and Statistics*, 3(1), 1.
<https://doi.org/10.35580/jmathcos.v3i1.19179>
- Sri Wahyuni, N. R., Purwanto, A. R., Minarti, S., & Nurhakki. (2023). Eksplorasi Etnomatematika Pada Rumah Adat Tongkonan Tana Toraja. *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 6(2), 306–315.
<https://doi.org/10.30605/proximal.v6i2.2913>
- Stewart, J., Clegg, D., & Watson, S. (2021). *Calculus: Early Transcendentals* (Ninth). CENGAGE Learning.
- Tumanggor, A. M. R., Jumadi, J., Wilujeng, I., & Ringo, E. S. (2019). The Profile of Students' Physics Problem Solving Ability in Optical Instruments. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 5(1), 29–40.
<https://doi.org/10.21009/1.05104>
- Tumanggor, A. M. R., Pawarangan, I., & Siahaan, B. M. (2024). Analysis of the Conservative Energy Principle in Loop the Loop Trajectory on Roller Coasters. *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya*, 5(2 SE-Articles).
<https://doi.org/10.53682/fista.v5i2.398>