

Etnomatematika dalam Perancangan Arsitektur Masjid: Integrasi Seni Geometri Islami Dalam Arsitektur Mesjid Harun Keuchik Leumik Banda Aceh

Safwan¹, Zulfikar Taquiuddin^{2*}, Mirza³, Siti Zulfa Yuzni⁴

^{1,2,3}Departemen Arsitektur & Perencanaan, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

⁴Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara

*Koresponden email: zulfikartaquiuddin@usk.ac.id

Diterima: 21 Februari 2024

Disetujui: 19 Maret 2024

Abstract

The Harun Keuchik Leumik Mosque, popularly known as the Golden Mosque of Aceh, is a stunning architectural masterpiece that harmoniously blends art, mathematics, and Islamic architecture. Located in Gampong Lamseupeung, Lueng Bata, Banda Aceh, the mosque is a popular destination for both domestic and international visitors. This research aims to delve into the symbolic meaning and aesthetic value embedded in the facade ornaments of the mosque, particularly in relation to the concept of ethnomathematics. Through a qualitative approach, this study describes how mathematical concepts such as geometry, symmetry, and proportion are manifested in the ornaments and structure of the building. Data was collected through interviews, literature review, and direct observation at the research site. The findings reveal a strong correlation between mathematical concepts and the architecture of the Harun Keuchik Leumik Mosque. Various geometric shapes, such as triangles, circles, and cubes, were found to not only serve a structural function but also carry symbolic meanings and aesthetic values that reflect local culture and the fusion of Middle Eastern culture. These findings have significant implications for education, especially in the fields of architecture and mathematics.

Keywords: *ethnomathematics, ornament, geometry, symmetry, proportion, mosque, symbol, aesthetics*

Abstrak

Masjid Harun Keuchik Leumik, yang populer disebut Masjid Emas Aceh, merupakan sebuah mahakarya arsitektur yang memukau dengan perpaduan yang selaras antara seni, matematika, dan Arsitektur Islam. Masjid Harun Keuchik Leumik yang terletak di Gampong Lamseupeung, Lueng Bata Kota Banda Aceh merupakan satu diantara tempat ibadah yang banyak dikunjungi warga, baik dari dalam negeri maupun luar negeri karena keindahan arsitekturalnya. Penelitian ini bertujuan untuk menggali makna simbolik dan nilai estetika yang terkandung dalam ornamen pada fasad bangunan masjid, khususnya dalam kaitannya dengan konsep etnomatematika. Melalui pendekatan kualitatif, penelitian ini mendeskripsikan bagaimana konsep-konsep matematika, seperti geometri, simetri, dan proporsi, diwujudkan dalam ornamen dan struktur bangunan masjid. Penelitian ini dilakukan teknik pengumpulan data melalui wawancara, studi pustaka dan observasi langsung ke lokasi objek penelitian. Penelitian ini berhasil mengungkap adanya keterkaitan yang erat antara konsep-konsep matematika dan arsitektur pada Masjid Harun Keuchik Leumik. Ditemukan berbagai bentuk geometri seperti segitiga, lingkaran, dan kubus yang tidak hanya memiliki fungsi struktural, tetapi juga mengandung makna simbolis dan nilai estetika yang mencerminkan budaya lokal dan perpaduan Budaya Timur Tengah. Temuan ini memberikan implikasi penting bagi dunia pendidikan, terutama dalam pembelajaran Arsitektur dan matematika.

Kata Kunci: *etnomatematika, ornamen, geometri, simetri, proporsi, masjid, simbol, estetika*

1. Pendahuluan

Masjid Harun Keuchik Leumik, yang populer disebut Masjid Emas Aceh, merupakan sebuah mahakarya arsitektur yang memukau dengan perpaduan yang selaras antara seni, matematika, dan Arsitektur Islam. Masjid Harun Keuchik Leumik yang terletak di Gampong Lamseupeung, Lueng Bata Kota Banda Aceh merupakan satu diantara tempat ibadah di kota Banda Aceh yang banyak dikunjungi warga, baik dari dalam negeri maupun luar negeri dikarenakan keindahan arsitekturalnya. Bangunan masjid Harun Keuchik Leumik ini memiliki satu kubah utama dengan satu menara yang indah memadukan unsur arsitektur lokal dan arsitektur Timur Tengah. Konsep estetika bangunannya memadukan ornamen lokal dengan ornamen Islam (*Islamic Pattern*) yang begitu megah dan indah. Keindahan ornamen yang

diterapkan pada bangunan masjid Harun Keuchik Leumik merupakan contoh indahnya perpaduan seni budaya lokal Aceh dengan pengaruh seni Islam Timur Tengah. Perpaduan ini menghasilkan sebuah karya arsitektur yang unik dan memukau.

Ornamen yang dipakai dan diterapkan pada bangunan masjid Harun Keuchik Leumik ini banyak menggunakan unsur-unsur geometri baik terlihat langsung bentuknya maupun terlihat dari penerapan rumus-rumus geometri tersebut. Bentuk segitiga, persegi panjang dan lingkaran dan bentuk geometri lainnya berpadu indah dengan teknik ukir dan unsur pewarnaannya.

Eksplorasi konsep matematika di Masjid Harun Keuchik Leumik tentunya tidak terlepas dari kajian etnomatematika yang juga terdapat pada bangunan ibadah maupun bangunan lainnya dan hal ini telah dipakai oleh para arsitek maupun seniman Islam pada masa lalu. Dengan perkataan lain Etnomatematika merupakan kajian bidang interdisiplin penting yang mengungkapkan konsep matematika yang tertanam dalam praktik budaya, menekankan interaksi antara nilai-nilai budaya dan pengetahuan matematika. Dengan perkataan lain Etnomatematika bertujuan untuk mengungkap konsep-konsep matematika yang tersembunyi dalam praktik budaya suatu kelompok. Lebih dari sekadar penerjemahan, etnomatematika menggali cara berpikir dan sistem nilai yang mendasari konstruksi pengetahuan matematika dalam konteks budaya tertentu[1][2]. Selain itu menurut pendapat lain yang menyebutkan bahwa etnomatematika dapat didefinisikan sebagai cara khas suatu kelompok dalam melakukan aktivitas matematis yang melibatkan proses abstraksi dari realitas sehari-hari dengan mengidentifikasi konsep-konsep matematika yang tertanam dalam arsitektur dan nilai-nilai keagamaan [3][4].

Etnomatematika memainkan peran penting dalam memahami konsep matematika yang tertanam dalam arsitektur masjid, yang mencerminkan identitas dan praktik budaya. Berbagai penelitian menyoroti bagaimana prinsip-prinsip matematika ini terkait dengan elemen budaya, meningkatkan apresiasi pendidikan dan budaya.[5]. Sedangkan Geometri mencakup beragam konsep, termasuk sudut, struktur datar, ruang bangunan, transformasi geometris, dan koneksitas. Unsur-unsur ini membentuk dasar geometri Euclidean dan non-Euclidean, mempengaruhi berbagai bidang seperti matematika, sains, dan seni [6].

2. Metode Penelitian

Permasalahan objek penelitian ini diselesaikan dengan menerapkan pendekatan etnomatematika dan kajian arsitektur dan seni ornamen. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif (*mix-method*). Data kualitatif didapatkan dari hasil observasi, wawancara, tinjauan langsung dan simulasi ruang. Sedangkan data kuantitatif berupa data pengukuran ruang dan perabot.

Tahap pertama adalah melakukan pencarian data referensi yang berkaitan dengan etnomatematika dan ornamen. Referensi ornamen yang dipilih adalah yang berkaitan dengan ornament Aceh dan ornamen dekorasi Islam (*Islamic Pattern*)

Tahap kedua adalah pengumpulan data, yaitu observasi, wawancara, dan tinjauan langsung ke lokasi Masjid Harun Keuchik Leumik Banda Aceh, dilanjutkan dengan melakukan menganalisa data yang sudah diperoleh.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Data Observasi

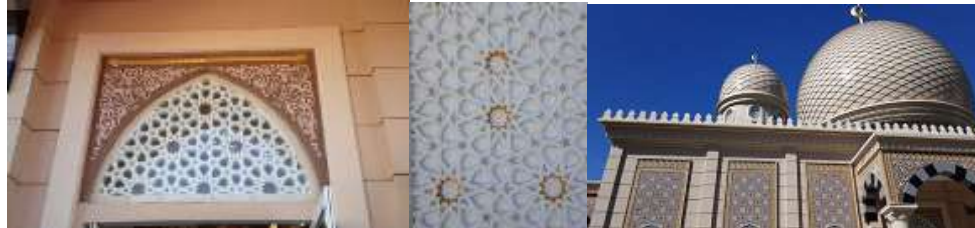
Berdiri kokoh di pinggir Sungai Krueng Aceh, Masjid Haji Keuchik Leumiek yang juga dikenal sebagai Masjid Emas Aceh. Masjid ini merupakan perpaduan arsitektur lokal dengan arsitektur khas Timur Tengah dan menjadi landmark baru di Gampong Lamseupeung. Keindahan masjid ini telah memikat hati banyak orang, baik dari dalam maupun luar kota Banda Aceh. Pembangunan masjid ini sepenuhnya dibiayai oleh keluarga besar Haji Keuchik Leumiek.



Gambar 1. Tampak perspektif Masjid Harun Keuchik Leumik Banda Aceh
Sumber: Al-Bahri Farhan _photograph, 2023



Gambar 2. Tampak beberapa bagian Fasad Masjid Harun Keuchik Leumik Banda Aceh
Sumber: Zulfikar Taquiuddin, 2024



Gambar 3. Tampak Ornamen Fasad Masjid Harun Keuchik Leumik Banda Aceh
Sumber: Zulfikar Taquiuddin, 2024



Gambar 4. Tampak Interior Masjid Harun Keuchik Leumik Banda Aceh
Sumber: Pemerintah Kota Banda Aceh 2023

Konsep Rancangan Bangunan Masjid

Hasil pengamatan yang dilakukan penulis terhadap eksisting di lokasi berdasarkan aspek desain dirangkum sebagai berikut :

Menggunakan Rancangan Arsitektur Bangunan Khas Timur Tengah






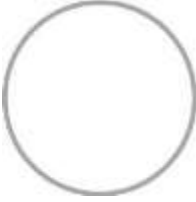
Penggunaan ukiran dan ornamen yang berpola geometri atau etnomatematika terlihat jelas pada fasad bangunan Masjid Harun Keuchik Leumik ini. Jendela-jendela masjid dihiasi dengan ukiran berpola geometri yang menarik bercirikan *Islamic pattern* (Pola Dekorasi Islami) [7] [8] [9]. Adapun ciri dari *Islamic Pattern* (desain dekoratif yang umum ditemukan dalam seni dan arsitektur Islam) adalah pola-polanya sering menggabungkan bentuk geometris, kaligrafi, dan *arabesque* [10] [11] [12]. Pola-pola ini dicirikan oleh detailnya yang rumit, simetri, dan penggunaan motif yang berulang [13] [14]. Ukiran Jendela-jendela masjid ini umumnya menggunakan warna netral namun tetap menonjol. Selain itu, penggunaan bentuk lengkung dengan permainan cahaya dan bayangan pada bagian luar masjid semakin memperkaya desainnya. Kubah dan menara yang tinggi juga menjadi ciri khas arsitektur Islam yang kaya sejarah.


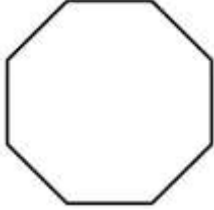

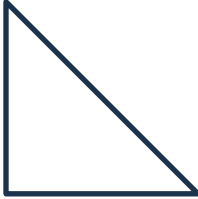


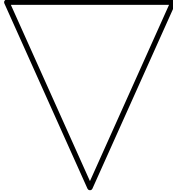

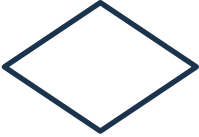
Konsep Pola Geometris


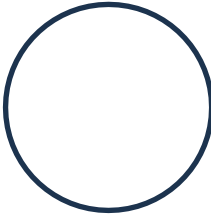

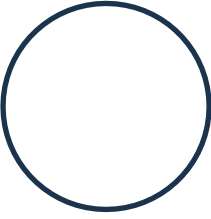
Dalam seni dan arsitektur Islam, terutama selama Dinasti Safawi Iran pada abad ke-16 dan 17 M, Girih tiles adalah pola geometris yang terdiri dari bentuk seperti bintang, segi enam, dan segi lima yang disusun secara simetris dan berulang. Selain memiliki nilai estetika, Girih tiles memiliki hubungan matematika yang kuat. Di antara konsep yang digunakan dalam desain tile ini adalah pentagon (segi lima dengan panjang sisi yang sama) dan hexagon (segi enam dengan panjang sisi yang sama), serta hubungan geometris lainnya [15][16]. Selain itu, Girih tiles diketahui membuat pola yang simetris dan terstruktur menggunakan algoritma dan aturan khusus. Misalnya, pola ini sering mengikuti aturan tertentu untuk mengatur hubungan proporsi dan penempatan elemen geometris.

Dalam arsitektur Islam, pola tiles Girih banyak digunakan, terutama untuk menghiasi masjid dan istana yang memberikan contoh yang menarik tentang bagaimana seni dan matematika dapat bersatu untuk menghasilkan keindahan yang rumit dan simetris [17] [18]. Pada Masjid Haji Keuchik Leumiek terdapat juga terdapat pola geometris ini, yang terletak pada bagian-bagian dinding masjid, jendela masjid, dan pada ukiran eksterior masjid.

Tabel 1. Konsep Geometris pada Bangun Datar


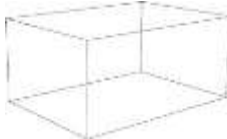

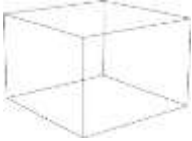

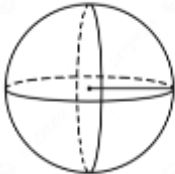
BANGUN DATAR			
No.	Etnomatematika	Konsep Matematika	Implementasi
1.	 (Ornamen pada dinding depan masjid)	 Bentuk Persegi Panjang	Dari gambar terlihat pada konsep dekorasi dengan pemakaian elemen geometri dasar yaitu persegi panjang, bentuk sederhana dari persegi panjang yang memiliki 4 sisi dan 4 sudut dapat menghasilkan luas dengan rumus $P \times L$ dan keliling $2P + 2L$.
2.	 (Ornamen pada pintu dinding samping masjid)	 Bentuk Persegi	Selain bentuk persegi panjang, bangun ruang persegi, dapat ditemukan pada bentuk-bentuk sirkulasi ruang. Penggunaan konsep bangun ruang persegi dapat menggunakan rumus diantaranya untuk mencari luas yaitu sisi x sisi
3.	 (Ornamen pada lampu utama masjid)	 Bentuk Lingkaran	Penggunaan Bentuk bangun datar lingkaran banyak diaplikasikan pada bentuk pencahayaan buatan yaitu lampu gantung utama yang diletakkan dibagian tengah ruangan agar dapat menghasilkan keseimbangan tata ruang, rumus rumus yang berkaitan dengan lingkaran diantaranya. <ul style="list-style-type: none"> • Luas lingkaran = $\pi \times r^2$ • Keliling lingkaran = $2 \times \pi \times r$ Di mana: $\pi = 3,14$ atau $\frac{22}{7}$ $r =$ jari-jari lingkaran


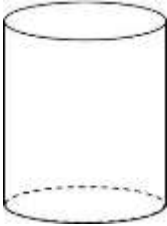

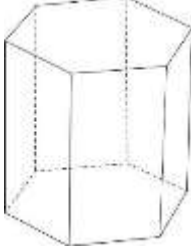

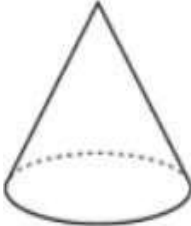
<p>4.</p>	 <p>(Ornamen pada salah satu lampu di dalam masjid)</p>	 <p>Bentuk Oktagonal</p>	<p>Pada salah satu lampu gantung masjid terdapat bentuk bangun datar berbentuk oktagonal. Oktagonal merupakan suatu segi banyak atau poligon yang mempunyai delapan sisi.</p>
<p>5.</p>	 <p>(Ukiran di samping lampu sudut masjid)</p>	 <p>Bentuk Segitiga</p>	<p>Pada langit-langit masjid terdapat bentuk segitiga. Segitiga adalah poligon dengan tiga ujung dan tiga simpul. Ini adalah salah satu bentuk dasar dalam geometri.</p>
<p>6.</p>	 <p>(Relief pada bagian atas eksterior masjid)</p> 	 <p>Bentuk segitiga</p>	<p>Pada sekeliling dinding eksterior masjid, di bagian atasnya terdapat relief berbentuk segitiga yang berjajar.</p>
<p>7.</p>	 <p>(Ornamen pada kubah masjid)</p>	 <p>Bentuk Belah ketupat</p>	<p>Terdapat ornamen berbentuk belah ketupat yang memenuhi kubah utama masjid Keuchiek Leumiek. Bentuk ini terdapat di segala sisi kubah dengan bagian bawah sedikit terangkat untuk mengalirkan air hujan kebawah.</p>

8.		 <p>Bentuk Lingkaran</p>	<p>Terdapat ornamen floral yang membentuk bunga dengan geometri lingkaran pada sisi bawah dan atas lampu hias masjid. Masing- masing lingkaran disusun dengan sejajar mengelilingi lampu.</p>
9.		 <p>Bentuk lingkaran</p>	<p>Pada interior masjid bagian depan imam terdapat sebuah pintu yang menyerupai pintu ka'bah yang dihiasi dengan ornamen - ornamen dengan bentuk lingkaran pada beberapa bagian.</p>

Konsep Bangun Ruang

Tabel 2. Konsep Geometris pada Bangun Ruang

BANGUN RUANG			
No	Gambar	Konsep Matematika	Penjelasan
1.	 <p>Kotak amal</p>	 <p>Bentuk Balok</p>	<p>Kotak amal pada masjid Keuchik Leumiek berbentuk seperti balok. Balok merupakan bangun ruang tiga dimensi yang dibentuk oleh tiga pasang persegi atau persegi panjang, dengan paling tidak satu pasang di antaranya berukuran berbeda. Balok memiliki 6 sisi, 12 rusuk dan 8 titik sudut.</p>
2.	 <p>Tempat duduk wudhu</p>	 <p>Bentuk Kubus</p>	<p>Pada masjid Keuchik Leumiek menyediakan bangku berbentuk kubus untuk mempermudah para Jemaah berwudhu. Kubus merupakan sebuah bangun ruang tiga dimensi yang semua sisinya sama Panjang dan semua sudutnya merupakan siku-siku. Rumus volume kubus : $V = s^3 = s \times s \times s$</p> <p>Rumus luas permukaan kubus:</p> $Lp = 6 \times s \times s = 6 \times s^2$
3.	 <p>Pangkal Lampu Gantung</p>	 <p>Bentuk Bola</p>	<p>Pada lampu gantung masjid terdapat bentuk ruang yaitu berbentuk bola. Bola merupakan bangun ruang sisi lengkung yang dibatasi oleh satu bidang lengkung. Bola dapat dibentuk dari bangun setengah lingkaran yang diputar sejauh 360 derajat pada garis tengahnya.</p>


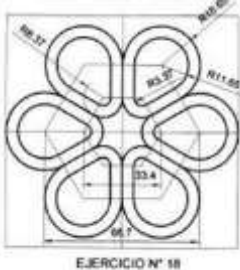
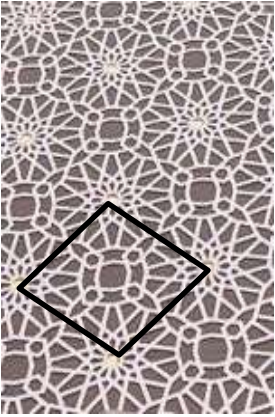

4.	 Lampu Gantung	 Bentuk Tabung	<p>Pada lampu gantung masjid juga terdapat bentuk ruang yaitu berbentuk tabung. Bentuk tabung bisa juga disebut bentuk silinder yaitu bangun ruang tiga dimensi yang dibentuk oleh dua buah lingkaran identik yang sejajar dan sebuah persegi panjang yang mengelilingi kedua lingkaran tersebut. Tabung memiliki 3 sisi dan 2 rusuk.</p>
5.	 Lampu Hias	 Bentuk Prisma Segi Enam	<p>Pada sekeliling masjid terdapat lampu yang menghiasi dinding luar masjid. lampu ini berbentuk seperti bangun ruang prisma segi enam. Prisma segi enam mempunyai 12 titik sudut. Prisma segi enam mempunyai 18 rusuk, 6 di antara rusuk adalah rusuk tegak. Prisma segi enam mempunyai 8 sisi, 6 sisi di samping dan bentuknya adalah persegi panjang dan 2 sisi ada di alas dan atap yang bentuknya segi enam.</p>
7.	 Masjid	 Bentuk Kerucut	<p>Ujung menara masjid berbentuk seperti kerucut. Kerucut adalah bangun ruang yang dibatasi oleh sebuah sisi lengkung dan sebuah sisi alas berbentuk lingkaran, bangun kerucut terdiri atas 2 sisi, 1 rusuk dan 1 titik sudut.</p>


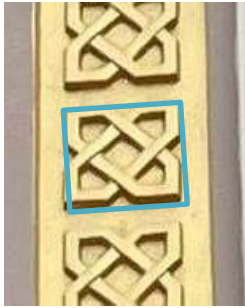


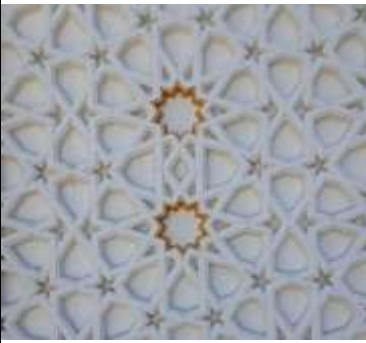
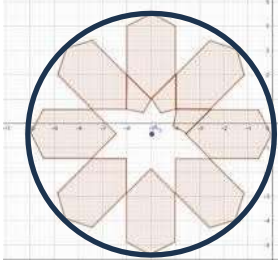

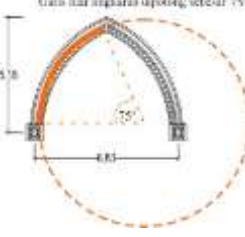
Konsep Geometri Transformasi

Refleksi adalah proses pemantulan cahaya yang menghasilkan bayangan dengan jarak yang sama terhadap cermin. Prinsip ini tidak hanya berlaku untuk cahaya, tetapi juga untuk berbagai jenis gelombang. Penerapan refleksi dalam teknologi, seperti interferometri, menunjukkan pentingnya prinsip ini dalam kehidupan sehari-hari. Pada prinsipnya, refleksi hampir sama dengan translasi, yaitu pergeseran. Ada dua sifat yang dimiliki dalam transformasi refleksi. Pertama adalah jarak titik ke cermin sama dengan jarak bayangan titik ke cermin.

Kedua adalah geometri yang dicerminkan saling berhadapan satu sama lain. Refleksi memiliki ciri-ciri tertentu sehingga posisi objek saat ini adalah hasil dari pencerminan objek awalnya. Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan, bentuk pintu Masjid Haji Keuchik Leumiek terdapat konsep transformasi geometri yaitu refleksi terhadap sumbu y . Dengan perkataan lain bahwa Konsep refleksi dalam geometri, khususnya dalam konteks desain pintu Masjid Haji Keuchik Leumiek, menggambarkan prinsip-prinsip transformasi geometris. Desain pintu dapat dianalisis melalui lensa simetri refleksi, khususnya sepanjang sumbu y , yang merupakan aspek fundamental dari sifat geometris [19].

Tabel 3. Konsep Geometris Transformasi pada Bangun Ruang

No	Etnomatematika	Konsep Matematika	Implementasi
1.	 <p>(Ornamen pada jendela masjid)</p>	 <p>Transformasi bentuk belah ketupat</p>	<p>Ornamen ini merupakan transformasi dari bentuk belah ketupat yang membentuk 10 helai mahkota bunga dan berkesinambungan antara satu sama lain. Ornamen ini terdapat pada jendela masjid Keuchik Leumiek. Lebar bidang belah ketupat ini adalah 57 cm.</p>
2.	 <p>(Ornamen pada dinding eksterior masjid)</p>	 <p>Jarak antar satu sama lain membentuk belah ketupat</p> <p>Transformasi dari bentuk lingkaran</p>	<p>Ornamen ini merupakan transformasi geometri lingkaran dengan membentuk sudut-sudut lancip yang membentuk bunga.</p> <p>Peletakan antara satu bunga dan bunga lainnya membentuk geometri belah ketupat.</p>

	 <p>(Ornament pada dinding eksterior masjid bagian samping)</p>	 <p>Transformasi dari bentuk segiempat</p>	<p>Terdapat ornamen transformasi dari bentuk segiempat yang mengelilingi jendela masjid pada bagian eksterior.</p> <p>Ornamen ini memiliki bentuk persegi panjang dengan kedua ujungnya lancip yaitu pada sudut-sudut dasar bentuk segiempat.</p>
		 <p>Transformasi bentuk segitiga</p>	<p>Pada bagian atas pintu masjid yang membentuk elips menyisakan ruang segitiga pada sisi kanan dan kirinya. Ruang segitiga tersebut diisi oleh ornamen floral dengan bingkai segitiga.</p>
		 <p>Transformasi bentuk lingkaran</p>	<p>Pada pintu pagar masjid Keuchiek Leumiek terdapat ornamen yang merupakan transformasi dari bentuk lingkaran membentuk elemen-elemen elips.</p> <p>Diameter lingkaran ornamen ini adalah 59cm.</p>
		 <p>Transformasi bentuk lingkaran</p>	<p>Pada bagian mimbar masjid terdapat ornamen dengan bentuk transformasi lingkaran menjadi lonjong. Lalu pada sisinya terdapat frame yang berbentuk elips dengan diameter 43cm.</p>

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian konsep matematika pada Masjid Haji Keuchik Leumiek dapat disimpulkan bahwa penerapan ornamen di Masjid Harun Keuchik Leumiek bukan hanya sekedar hiasan, tetapi juga mencerminkan kekayaan budaya dan pengetahuan matematika masyarakat. Studi etnomatematika pada masjid ini mengungkap bagaimana nilai-nilai estetika dan spiritual dipadukan dengan prinsip-prinsip geometri. Dengan perkataan lain bahwa penerapan etnomatematika bangunan masjid Harun Keuchik Leumiek terlihat jelas dari penerapan unsur geometrinya. Konsep geometri yang didapatkan yaitu sudut (sudut lancip, sudut siku-siku, dan sudut lurus), bangun datar (persegi panjang, persegi, segitiga, trapesium, setengah lingkaran, lingkaran, jajar

genjang, dan belah ketupat. Serta terdapat juga unsur-unsur setengah lingkaran, bangun ruang (kubus, balok, prisma, limas, tabung, dan prisma segi delapan (oktagon), transformasi geometri (refleksi, translasi, rotasi dan dilatasi). Hal ini bisa kita dapatkan pada eksterior atau fasad bangunan maupun interior bangunan dari Masjid Harun Keuchik Leumik. Penerapan prinsip matematika tersebut selain diterapkan pada ornamen dan asesoris juga bisa ditemukan konsep-konsep matematika dalam bidang bentuk bangun ruang dan bentuk bangun datar geometri. Kesimpulan akhir bahwa eksplorasi konsep matematika di Masjid Harun Keuchik Leumik, menggambarkan bagaimana artefak budaya dapat berfungsi sebagai contoh praktis dalam pengajaran matematika di Kampus Arsitektur.

5. Referensi

- [1] Z. Z. Usman, A. Wijaya, “*Bibliometric Exploration of Ethnomathematics: Trends, Characteristics, and Future Directions*”, AL-Ishlah: Jurnal Pendidikan, Vol 16, No 2. 2024, journal.staihubbulwathan.id
- [2] J. Pradhan, " *Ethnomathematical Study On Cultural Artifacts: An Ethnographic Field To Classroom Practice*" Journal of Mathematics Education 2023, Vol. 5 No. 1 researchgate.net
- [3] M Miftahurrahmi, IO Pratiwi, F Huda, M Habibi , " *Ethnomathematics Exploration In The Traditional Art Of Randai Minangkabau*", Kalamatika: Jurnal Pendidikan Matematika, Vol. 9, Iss: 1, pp 99-120 2024 matematika-uhamka.com
- [4] A Husna, S Bahri, Rahmat, “*Etnomatematika Pada Kue Khas Aceh Sebagai Bahan Pembelajaran Matematika*”, Jurnal Dedikasi Pendidikan, Vol. 7, Iss: 2, pp 621-630 2023 - jurnal.abulyatama.ac.id
- [5] MZ Alghar, M Marhayati. “Exploration of Fractal Geometry in Gate Ornaments of the Sumenep Jamik Mosque Using the Lindenmayer System”, Indonesian Journal of Science and Mathematics Education, 2023 ejournal.radenintan.ac.id
- [6] M Dunajski, “*Geometry: A very short introduction*”, Oxford University Press, 2022
- [7] TM Nasser AL-Arifi. " *Decorative aesthetic aspects and their use in Islamic architecture* ", Al-Academy Journal-Issue 107, Pages 77-92. 2023 iasj.net
- [8] H Samir, G Amir, J Hamza, L Alshoaibi " *Pattern and Form Language as Constituents of the Mosque Architecture* ", Mosque Architecture: A Transdisciplinary Debate, 2023 - pp 1-18
- [9] N. Ismail, FN. Hamdan, " *Islamic Geometric Pattern Design Of State Mosque In Malaysia* ", 8th UPI-UPSI International Conference 2018 (UPI-UPSI 2018), 2019 atlantis-press.com
- [10] Rebecca Lin12 and Craig S. Kaplan3, “*Freeform Islamic Geometric Patterns*”. arXiv preprint arXiv: 2301.01471, 2023 - arxiv.org
- [11] P Cromwell, “*Looking at Islamic Patterns II: Making Sense of Geometry*”. 2021 - psyarxiv.com <http://girihi.wordpress.com>
- [12] C. Takva, Y. Takva, “*Geometric Design in Islamic Architecture: Examination of Tessellation Configurations in Mosques*”, Journal of History Culture and Art Research 12(2)Vol. 12 No. 2 (2023): (Multidisciplinary Digital Publishing Institute) 2024 Vol. 14, Iss: 6, pp 613-613
- [13] G. Refalian, E. Coloma, J. Narcis Moya, “*From Sacred Traditions to Digital Syntax: Navigating Formal Grammar's Role in Modelling Contemporary Islamic Geometric Patterns*" papers.cumincad.org 2023
- [14] A. Aoulalay, A. El Mhouthi and M. Massar, " *Classification of Islamic Geometric Patterns based on Machine Learning Techniques*," 2022, 2nd International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET), Meknes, Morocco, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/IRASET52964.2022.9737839.
- [15] AA Shoubi, FN Ansaroudi, EN Ansaroudi, NF Dinevari " *Designing deformable Girehs based on historical authenticity*", *International Journal of Space Structures*, 2023 Volume 38, Issue 4 journals.sagepub.com
- [16] Ibrahim, Iman, Karima Al Shomely, and Fatma Eltarabishi. "Sustainability Implications of Utilizing Islamic Geometric Patterns in Contemporary Designs, a Systematic Analysis." *Buildings* 13.10 (2023): 2434.
- [17] S. Moradzadeh1, A, Nejad Ebrahimi, " *3D A periodic Girih Tiles*", Bridges 2020 Conference Proceedings- researchgate.net
- [18] D. Baerlecken, A, G. Riether, " *From texture to volume an investigation in quasi-crystalline systems*", International Journal of Architectural Computing 2012 issue 01, volume 10 journals.sagepub.com
- [19] S. Moradzadeh1, A, Nejad Ebrahimi, " *Categorizing Three-Dimensional Symmetry Using Reflection, Rotoinversion, and Translation Symmetry*", Journal-Symmetry (Multidisciplinary Digital Publishing Institute) 2019 - Vol. 11, Iss: 9, pp 1132 .