

Analisis Komparasi Kinerja Termal Ruang Luar terhadap Ragam Tipe Pekarangan (Natah) pada Permukiman Tradisional di Provinsi Bali

Eka Susanti¹, Desak Putu Damayanti²

^{1,2} Peneliti Bidang Perancangan Arsitektur, Balai Penelitian dan Pengembangan Perumahan Wilayah II Denpasar
Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman – Badan Penelitian dan Pengembangan - Kementerian PUPR

Abstrak

Konsep rumah tradisional Bali umumnya dikelan dengan sebutan *Natah*. *Natah* di bagi menjadi dua berdasarkan konfigurasi bangunannya, *Tri Mandala* yang bersifat linier dan *Sanga Mandala* yang bersifat kompak. Tiap konsep natah memiliki respon yang berbeda terhadap lingkungan di sekitarnya. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis dan komparasikan efek dari konsep konfigurasi bangunan terhadap kinerja termal luar ruangan. Pada kajian ini menggunakan metode pengukuran lapangan yang kemudian divalidasi dengan bantuan simulasi Envi-met untuk mencari hubungan sebab-akibat dari pola tata letak terhadap kinerja termal luar ruangnya. Hasilnya menunjukkan bahwa konsep *Tri Mandala* mengalami fluktuasi Temperatur dan kecepatan angin lebih stabil dari konsep *Sanga Mandala*. Rata-rata temperature luar ruang pada konsep *Tri Mandala* cukup baik yaitu sebesar 24,33 °C dan kecepatan angin antara 0,5-1m/s. Konfigurasi yang bersifat linier pada konsep ini dapat mendistribusikan temperatur dan aliran angin secara merata, sehingga proses pendinginan temperaturnya lebih cepat.

Kata-kunci : rumah tradisional Bali, kinerja termal luar ruangan, *tri mandala*, *Sanga mandala*

Comparative Analysis of Thermal Performance of Outer Space Against Variety of Yard Types (Natah) in Traditional Settlements in Bali Province

Abstract

The concept of a traditional Balinese house is generally called Natah. Natah is divided into two based on the configuration of the building, the linear Tri Mandala and the compact Sanga Mandala. Each concept of Natah has a different response to the environment around it. The purpose of this study is to analyze and compare the effects of the building configuration concept on outdoor thermal performance. In this study using a field measurement method which was then validated with the help of the Envi-met simulation to find a causal relationship from the layout pattern to its outdoor thermal performance. The results showed that the Tri Mandala concept experienced fluctuations in temperature and wind speed more stable than the concept of Sanga Mandala. The average outdoor temperature on the Tri Mandala concept is quite good at 24.33 oC and wind speeds between 0.5-1m/s. Linear configuration in this concept can distribute temperature and wind flow evenly, so that the cooling process temperature is faster.

Keywords: *Balinese Traditional House, Outdoor Thermal Performance, Tri Mandala, Sanga mandala*

Kontak Penulis

Eka Susanti
Peneliti Bidang Perancangan Arsitektur, Balai Penelitian dan Pengembangan Perumahan Wilayah II Denpasar, Telp. +6282233290759
E-mail: eka.e.susan@gmail.com

Informasi Artikel

Diterima editor tanggal 12 Juni 2019. Revisi tanggal 11 Agustus 2019. Disetujui untuk diterbitkan tanggal 2 September 2019
ISSN 2301-9247 | E-ISSN 2622-0954 | <https://jlbi.iplbi.or.id/> | © Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)

Pendahuluan

Budaya masyarakat Bali memiliki beragam aspek yang menarik guna diangkat menjadi sebuah penelitian, salah satu elemen budaya Bali yang banyak dikaji yaitu dari segi bangunan tradisionalnya. Pada umumnya penelitian terkait rumah tinggal masyarakat tradisional Bali lebih mengangkat aspek filosofi budaya yang mana terpusat pada kajian sejarah, kritik dan makna dari hunian tersebut. Identifikasi yang dilakukan umumnya terbatas pada analisa bentuk, ruang dan fungsi pada tipe rumah tinggal. Hal tersebut menyebabkan pengetahuan umum yang terkait tipe rumah tinggal tradisional Bali hanya terkungkung pada fasad (bentuk) bangunan semata. Apabila ditelaah lebih dalam keunggulan bangunan tradisional Bali dapat digali lebih, tidak hanya pada aspek kajian morfologi (bentuk, ruang dan makanan), budaya, konstruksi, material bangunan, namun juga dapat dilihat dari aspek sains bangunan. Banyak penelitian yang telah mengkaji keunggulan dari bangunan tradisional di nusantara, yang mana didapatkan hasil bahwa bangunan tradisional memiliki kekhususan teknologi bangunan yang dapat tahan dengan iklim setempat, seperti halnya iklim tropis yang diadaptasi dengan baik. Namun sangat disayangkan, untuk bangunan tradisional Bali saat ini masih jarang ditemui kajian yang spesifik membahas dari faktor sains bangunannya. Konsep bangunan tradisional Bali tidak berupa satu bangunan masif, namun terdiri dari beberapa bangunan dalam satu pekarangan dengan fungsi yang berbeda pada tiap bangunannya. Konsep hunian Bali umumnya dikenal dengan sebutan *Natah*. *Natah* di bagi menjadi dua berdasarkan konfigurasi bangunannya, *Tri Mandala* yang bersifat linier dan *Sanga Mandala* yang bersifat kompak. Tiap konsep *natah* memiliki respon yang berbeda terhadap lingkungan di sekitarnya. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis efek dari konfigurasi bangunan terhadap kinerja termal luar ruangan dan bagaimana komparasi dari kedua konsep tersebut.

- **Konsep hunian Bali**

- *Tri Mandala*

Pengertian *Tri Mandala* berasal dari kata Tri yang berarti Tiga dan Mandala berarti wilayah. Tri mandala merupakan wilayah atau daerah yang dimiliki oleh setiap pekarangan dan antara mandala yang satu dengan yang lain dibatasi oleh tembok atau pinu masuk yang khas.

- *Sanga Mandala*

Penggabungan konsep sumbu bumi (Kaja-Kelod) dengan konsep sumbu ritual menghasilkan konsep *Sanga Mandala*. Konsep tata ruang Sanga Mandala juga merupakan konsep yang lahir dari sembilan manifestasi Tuhan, Yaitu Dewata Nawa Sanga yang menyebar di

delapan arah mata angin ditambah satu di tengah dalam menjaga keseimbangan alam semesta.

Konsep *Sanga Mandala* ini menjadi pertimbangan dalam penzoningan kegiatan dan tata letak bangunan pada arsitektur tradisional Bali. Kegiatan Utama atau yang memerlukan ketenangan diletakkan di daerah Utamaning Utama, dan Kegiatan yang dianggap kotor diletakkan pada daerah Nistaning nista, sedangkan kegiatan di antaranya diletakkan di tengah atau yang kita kenal dengan pola natah.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengukuran lapangan yang kemudian divalidasi dengan bantuan simulasi untuk mencari hubungan sebab-akibat dari pola tata letak terhadap kinerja termal lu. Pengukuran lapangan dilakukan untuk mengetahui gambaran kondisi termal alami pada tiap *natah* atau tipe pekarangan rumah tradisional Bali. Dari data lapangan ini nantinya akan menjadi dasar dalam mengembangkan model simulasi komputer. Pada Penelitian ini menggunakan simulasi *software Envi-met*. Simulasi komputer ini bertujuan untuk mengetahui efek konfigurasi bangunan terhadap kinerja termal diluar ruangan.

- **Pengukuran Lapangan**

Berdasarkan tipologinya tipe rumah tinggal masyarakat tradisional di Bali menunjukkan tipe yang sama. Perbedaannya terletak pada luas area terbangun. Pekarangan dengan konsep *Tri Mandala* memiliki luas area terbangun sebesar 72%, sedangkan pekarangan dengan konsep *Sanga Mandala* memiliki luas area terbangun hanya 52%. Untuk mengetahui performa bangunannya, penelitian ini melakukan pengukuran lapangan terkait hal tersebut pada salah satu sampel pekarangan dengan tipe *Tri Mandala* di Desa Penglipuran (tipe dominan) dan *Sanga Mandala* di Desa Taro (tipe dominan). Lama pengukuran lapangan dilakukan selama 3x24 jam, interval waktu 1 jam dengan menggunakan *Hi logger*. Pemilihan waktu pengukuran lapangan pada bulan Oktober dengan pertimbangan pada masa tersebut adalah masa transisi antara bulan dingin ke bulan panas. Pada bulan tersebut perubahan ekstrim pada temperatur lingkungan mulai naik secara signifikan (Gambar 1 dan Tabel 1). Performa Bangunan dapat terlihat dari ketahanan antara masa transisi tersebut. Adapun kondisi iklim pada bulan Oktober antara lain; Temperatur rata-rata 27.7 °C, Kelembaban rata-rata 71.0%, Kecepatan Angin rata-rata 4.3 m/s, Curah hujan rata-rata 73.8 mm, Radiasi rata-rata 85.96%.

Tabel 1. Rata- Rata Data Iklim Makro pada Bulan Agustus- Oktober-November

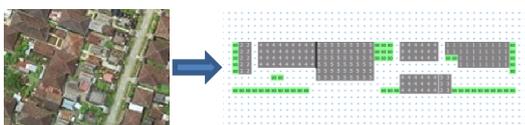
Parameter Iklim Mikro	Rata-rata Bulan		
	Agustus	Oktober	November
Curah Hujan (mm)	22.9 mm	73.8 mm	135.9 mm
Suhu Udara (°C)	25.7 °C	27.7 °C	28.0 °C
Kelembaban Udara (%)	74.40%	71.00%	74.00%
Lamanya Penyinaran Matahari (%)	87.6%	85.96%	0.71
Kecepatan Angin (m/s)	4.3 m/s	4.3 m/s	3.2 m/s



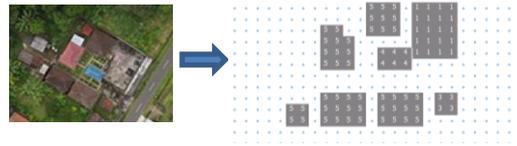
Gambar 1. Perubahan Temperatur pada Bulan Dingin ke Bulan Panas

• **Permodelan Bangunan**

Pemilihan bulan simulasi di tentukan pada bulan Oktober dengan pertimbangan menyesuaikan dengan pengukuran lapangan. Pengaturan *grid* pada permodelan simulasi *Envi-met* disesuaikan dengan luasan masing-masing *natah*. Luasan area pada konsep *Sanga Mandala* sebesar 1000m² dengan area terbangun sebesar 500 m². Resolusi yang digunakan sebesar 48 x 48 x 20 dengan ukuran *grid* sebesar 2 x 2 x 2 m pada tiap axis x, y dan z. Konsep *Tri Mandala* memiliki luas keseluruhan sebesar 379 m², area terbangun sebesar 121 m², resolusi yang digunakan sebesar 76 x 52 x 20 dengan ukuran *grid* sebesar 2 x 2 x 2 m pada tiap axis x,y dan z. Lingkungan sekitar bangunan disekitar pekarangan dimasukkan sesuai dengan kondisi sesungguhnya untuk mengetahui pengaruh kondisi luar ruanan terhadap kinerja termal bangunan tersebut. Terdapat penyederhanaan bentuk bangunan terutama yang berbentuk kurva. Bentuk bangunan diinterpretasikan dengan balok yang ukuran luasannya dapat disesuaikan sehingga bentuknya menjadi lebih sederhana. Sedangkan pada ukuran luasan *grid* hanya dapat mensimulasikan dengan bilangan bulat, sehingga perlu melakukan pembulatan bilangan yang mendekati angka sebenarnya. Berikut ini gambaran transisi kondisi eksisting asli terhadap modeling yang telah disederhanakan dan disesuaikan dengan kapasitas simulasi *software Envi-met*.



(a) Modeling Area Pekarangan *Tri Mandala* (Desa Penglipuran)



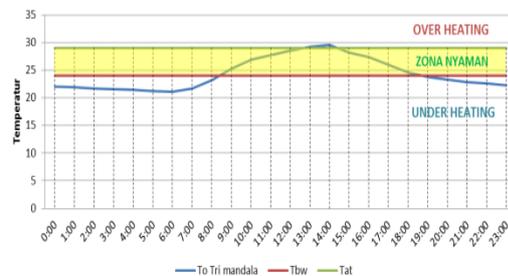
(b) Modeling Area Pekarangan *Sanga Mandala* (Desa Taru-Banjar Puakan)

Gambar 2. Modeling Area Pekarangan *Tri mandala* dan *Sanga Mandala*

Hasil dan Pembahasan

• **Komparasi Kondisi Kinerja Termal Luar Ruangan**

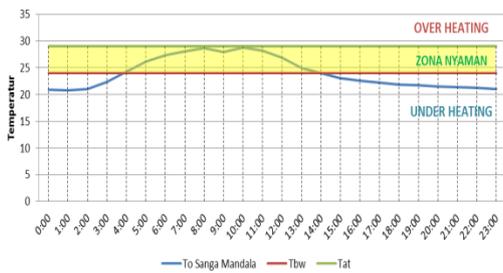
Hasil simulasi menunjukkan rata-rata temperatur luar bangunan (*To*) pada konsep pekarangan *Tri Mandala* sebesar 24,33 °C. Pada Gambar 3 menunjukkan kondisi *underheating* selama 11 jam yang terjadi pada malam hingga pagi hari, dimulai pukul dengan selisih terjauh dari batas nyaman bawah sebesar 3 °C



Gambar 3. Profil *To* pada Konsep Pekarangan *Tri Mandala*

Overheating terjadi pada pukul 13.00 – 14.00, kondisi ini terjadi hanya 1 jam. Sedangkan untuk kondisi nyaman dapat dicapai pada 08.00- 12.00 dan 15.00 – 19.00 dengan durasi waktu kenyamanan sekitar 9 jam. Temperatur hasil simulasi tidak terlalu jauh dengan dengan hasil pengukuran lapangan, dimana kondisi *underheating* hasil simulasi dengan lapangan kurang lebih sama dengan durasi 11 jam. Namun untuk kondisi nyaman lebih lama pada simulasi dengan selisih 2 jam lebih lama dari kondisi nyaman pada pengukuran lapangan. Kondisi *overheating* pada lapangan lebih lama 4 jam dibanding hasil simulasi. Hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar lokasi pengambilan data dan kondisi iklim pancaroba yang tidak stabil.

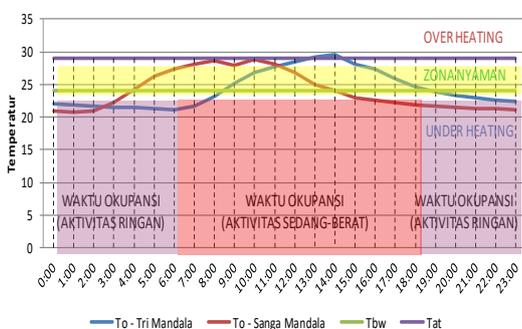
Hasil simulasi menunjukkan rata-rata temperatur luar bangunan (*To*) pada konsep pekarangan *Sanga Mandala* sebesar 24,05 °C. Pada Gambar 4 menunjukkan kondisi *underheating* selama 13 jam yang terjadi pada sore hingga pagi hari, dimulai pukul 15.00 – 03.00 dengan selisih terjauh dari batas nyaman bawah sebesar 3.17 °C



Gambar 4 Profil To pada Konsep Peкарangan Sanga Mandala

Hasil simulasi dengan konsep *Sanga Mandala* tidak mengalami *overheating*, ambang atas temperatur selama 24 jam masih termasuk dalam zona nyaman. Sedangkan untuk kondisi nyaman dapat dicapai pada 04.00- 14.00 dengan durasi waktu kenyamanan sekitar 11 jam. Dari hasil kedua objek simulasi tersebut menunjukkan konsep peкарangan *Sanga Mandala* memiliki durasi kenyamanan yang lebih panjang 2 jam dibandingkan dengan konsep peкарangan *Tri Mandala*. Pada Kedua kosep peкарangan tersebut *underheating* yang terjadi sama-sama dengan durasi 11 jam, yang membedakan yaitu waktu mulainya fenomena *underheating* yang lebih awal pada konsep peкарangan *Sanga Mandala* yaitu sekitar pukul 14.00. Pada konsep peкарangan *Sanga Mandala* hampir tidak ditemui fenomena *overheating*, berbeda dengan konsep peкарangan *Tri Mandala* yang terdapat *overheating* dengan durasi 1 jam.

Apabila hasil To tiap konsep peкарangan ditelaah dari segi waktu okupansi, konsep peкарangan *Tri Mandala* memiliki waktu fluktuasi temperatur yang lebih baik dari pada konsep peкарangan *Sanga Mandala*. Hal tersebut dikarenakan zona nyaman mulai pada pukul 09.00 – 18.00 dimana aktivitas berat banyak terjadi. Sedangkan pada konsep peкарangan *Sanga Mandala* durasi zona nyamannya lebih panjang namun dimulai pada pukul 04.00 – 14.00 dimana pada sore hari terjadi *underheating*. Korelasi antara fluktuasi temperatur dengan waktu okupansi dapat dilihat pada Gambar 5.

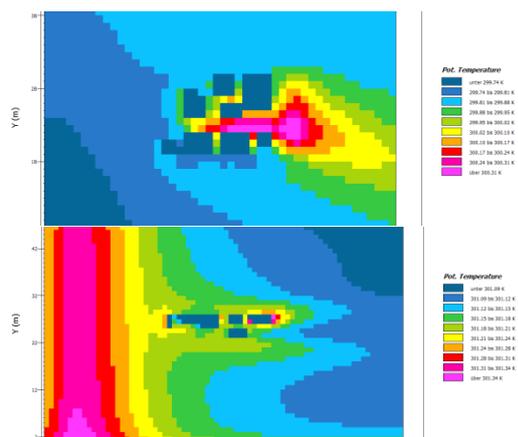


Gambar 5. Profil To dengan Waktu Okupansi

Gambar 6 dapat dilihat fotometrik dari persebaran termal luar ruangan pada konsep peкарangan *Tri Mandala* terlihat lebih merata persebarannya. Pada area sekitar

bangunan memiliki warna yang sama, yang menandakan temperatur pada tiap area di peкарangan relative sama. Secara mikro hal tersebut dipengaruhi oleh komposisi bangunan yang bersifat linier dan memanjang dalam peкарangan, sehingga terjadi aliran angin dan penghapus panas luar bangunan. Pada konsep peкарangan *Sanga Mandala* terdapat area dengan warna yang mencolok pada tengah peкарangan. Komposisi konsep peкарangan *sanga mandala* bersifat kompak dan menyebar, pada bagian tengah peкарangan cenderung kosong. Disinilah yang menyebabkan persebaran temperatur yang tidak merata, namun dengan konsep kompak tersebut temperatur luar ruangan disekitar bangunan lebih dingin karena posisi bangunan yang berdekatan.

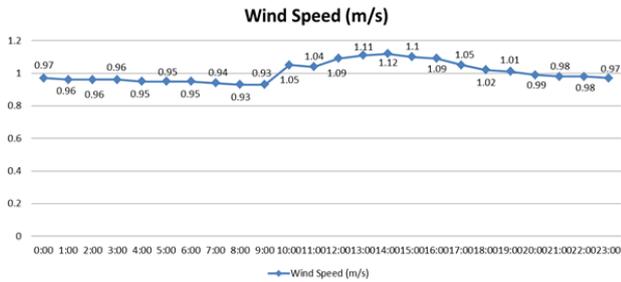
Dari pembahasan tersebut dapat dilihat bahwa konsep peкарangan *Tri Mandala* memiliki persebaran temperatur luar ruangan yang baik dengan komposisi bangunan yang bersifat linier dan memanjang. Sedangkan pada peкарangan *Sanga Mandala* dengan komposisi bangunan yang lebih kompak dan menyebar ke samping, dapat menghasilkan temperatur yang lebih dingin walaupun persebarannya tidak merata.



Gambar 6. Fotometrik Distribusi Temperatur pada Peкарangan Tri Mandala dan Sanga Mandala

• **Komparasi Kondisi Kecepatan Angin Luar Ruangan**

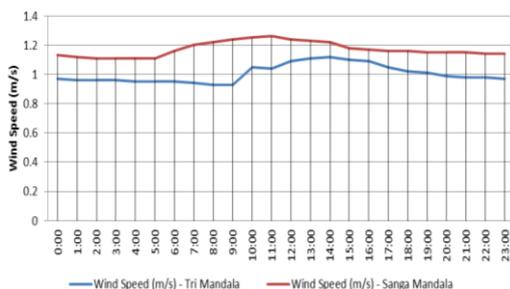
Rata-rata kecepatan angin pada konsep peкарangan *Tri Mandala* sebesar 1 m/s. Nilai kecepatan angin tertinggi sebesar 1.12 m/s terjadi pada pukul 14.00 dan kecepatan angin terendah sebesar 0.93 m/s pada pukul 08.00-09.00. Pada Gambar 7 menunjukkan fluktuasi kecepatan angin dalam peкарangan dengan konsep *Tri Mandala* selama 24 jam. Kecepatan angin mulai meningkat pada pukul 10.00-17.00 Menjelang malam hari pada pukul 18.00 hingga pukul 07.00 terjadi penurunan kecepatan angin secara statis dibawah 1 m/s.



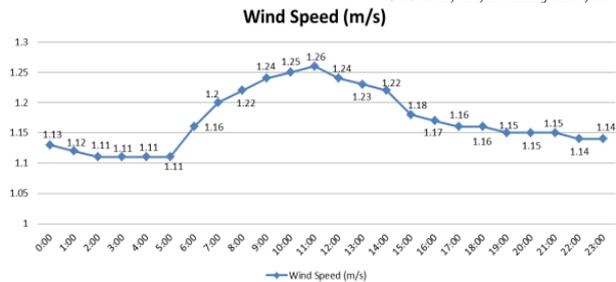
Gambar 7. Profil Kecepatan Angin pada Konsep Tri Mandala

Pada konsep pekarangan *Sanga Mandala* rata-rata kecepatan angin yang didapatkan sebesar 1.17 m/s. Nilai kecepatan angin tertinggi sebesar 1.26 m/s terjadi pada pukul 11.00 dan kecepatan angin terendah sebesar 1.11 m/s pada pukul 02.00-05.00. Pada Gambar 8 menunjukkan fluktuasi kecepatan angin dalam pekarangan dengan konsep *Sanga Mandala* selama 24 jam. Kecepatan angin mulai meningkat secara signifikan pada pukul 06.00 dan puncaknya pada pukul 11.00. Menjelang pukul 12.00 hingga pukul 05.00 terjadi penurunan kecepatan angin secara statis, namun secara keseluruhan kecepatan angin yang dihasilkan cukup baik statis diatas 1 m/s.

Apabila hasil Kecepatan angin pada tiap konsep pekarangan ditelaah dari segi waktu fluktuasinya, konsep pekarangan *Tri Mandala* memiliki waktu fluktuasi kecepatan angin yang lebih baik dari pada konsep pekarangan *Sanga Mandala*. Hal tersebut dikarenakan pada waktu temperatur mulai naik, terjadi kenaikan pula pada kecepatan anginnya, sehingga berpotensi lebih baik dalam menghapus panas dan menurunkan temperatur luar ruangan. Sedangkan pada konsep pekarangan *Sanga Mandala* durasi fluktuasi kecepatan angin dimulai pada pukul 06.00 – 14.00. dan pada saat tersebut merupakan puncak dari posisi matahari. sehingga waktu heat loss berlangsung lebih lama. Korelasi antara fluktuasi kecepatan Angin pada konsep *Tri Mandala* dan *Sanga Mandala* dapat dilihat pada Gambar 9.

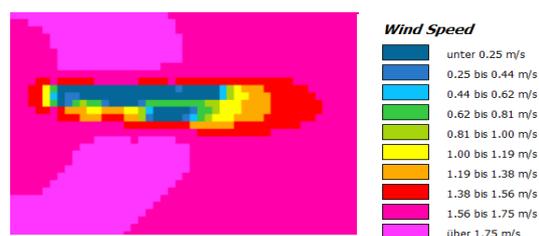


Gambar 8. Profil Kecepatan Angin pada Konsep Sanga Mandala

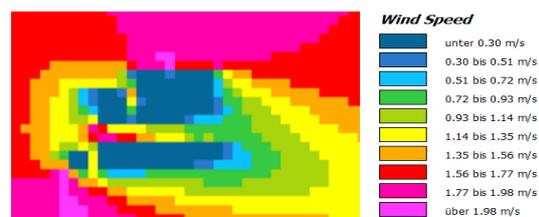


Gambar 9. Profil Kecepatan Angin Pada Konsep Tri Mandala dan Sanga Mandala

Pada Gambar 10 dapat dilihat fotometrik dari turbulensi angin di luar ruangan pada konsep pekarangan *Tri Mandala* terlihat lebih merata persebarannya. Pada area sekitar bangunan memiliki warna yang sama, yang menandakan kecepatan angin pada tiap area di pekarangan relative sama. Secara mikro hal tersebut dipengaruhi oleh komposisi bangunan yang bersifat linier dan memanjang dalam pekarangan, sehingga terjadi aliran angin dapat berjalan dengan tekanan yang sama. Pada konsep pekarangan *Sanga Mandala* terdapat area dengan warna yang mencolok pada tengah pekarangan. Komposisi konsep pekarangan *sanga mandala* bersifat kompak dan menyebar, pada bagian tengah pekarangan cenderung kosong. Disinilah yang menyebabkan persebaran kecepatan angin yang tidak merata. Terjadi turbulensi pada tengah pekarangan karena komposisi bangunan yang membuat aliran angin berputar ke tengah. Dari pembahasan tersebut dapat dilihat bahwa konsep pekarangan *Tri Mandala* memiliki persebaran kecepatan angin di luar ruangan yang baik dengan komposisi bangunan yang bersifat linier dan memanjang. Sedangkan pada pekarangan *Sanga Mandala* dengan komposisi bangunan yang lebih kompak dan menyebar ke samping menyebabkan kecepatan angin yang timpang ke tengah pekarangan.



(a) Fotometrik distribusi Angin pada Pekarangan Tri Mandala



(b) Fotometrik distribusi Angin pada Pekarangan Sanga Mandala

Gambar 10. Fotometrik Distribusi Kecepatan Angin pada Pekarangan Tri Mandala dan Sanga Mandala

Kesimpulan

Kinerja kenyamanan termal berdasarkan evaluasi pada konsep *Tri Mandala* dan *Sanga Mandala* menunjukkan hasil yang sama-sama bagus. *Overheating* yang terjadi jauh dibawah 50 % dan durasi kenyamanan yang cukup lama yaitu sekitar 9 jam. Namun konsep *Tri Mandala* memiliki waktu fluktuasi temperatur yang lebih baik dari *Sanga Mandala*. Zona nyaman *Tri Mandala* mulai saat aktivitas berat banyak terjadi. Persebaran temperturnya lebih baik karena komposisi bangunan yang bersifat linier dan memanjang. Sedangkan pada konsep *Sanga Mandala* durasi zona nyamannya lebih panjang, namun dimulai saat terjadi *underheating*. Komposisi bangunan yang kompak dan menyebar ke samping menghasilkan temperatur yang lebih dingin namun persebarannya tidak merata. Rata-rata kecepatan angin pada konsep *Tri Mandala* cukup baik antara 0,5-1m/s. Fluktuasi kecepatan angin konsep *Tri Mandala* meningkat saat temperatur luar ruangan mulai naik, sehingga dapat menghapus panas dan menurunkan temperatur luar ruangan. Selain itu konfigurasi bangunan yang bersifat linier menjadikan persebaran angin luar yang lebih baik. Pada konsep pekarangan *Sanga Mandala* durasi fluktuasi kecepatan angin dimulai saat puncak dari posisi matahari, sehingga *heat loss* berlangsung lebih lama. Selain itu pada konfigurasi bangunannya lebih kompak dan menyebar ke samping. sehingga menyebabkan kecepatan angin timpang ke tengah pekarangan.

Daftar Pustaka

- Antaryama, I. G. N. (2013). *Analisis Termal Pada Bangunan. Bahan pelatihan penelitian bersama Balai PTPT Denpasar dan Intitur Teknologi Sepuluh November*. Tidak diterbitkan.
- Auliciems, A., & Steven, V. S. (1997). *Thermal comfort*. PLEA
- Bagus, I. G. N. (1979). *Prasejarah dan Klasik di Bali*.
- Budihardjo, E. (1995). *Achitecture Conservation in Bali*; Gadjah Mada University Press Yogyakarta.
- Dwijendra, N. K. A. (2009). *Arsitektur dan Kebudayaan Bali kuno*. Udayana University Press. Bali
- Evans, M. (1980). *Housing, Climate And Comfort*. The Architecture Press. London.
- Gelebet, N. (editor: Puja); (1982). *Arsitektur Tradisional Daerah Bali*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan; Denpasar.
- Gosselin, J. R., & Chen, Q. (2008). A dual airflow window for indoor air quality improvement and energy conservation in buildings, *HVAC&R. Research*, 14 (3), 359-372
- Juhana (2000). *Pengaruh Bentuk Arsitektur dan Iklim terhadap Kenyamanan Thermal Rumah Tinggal Suku Bajo di Wilayah Pesisir Bajoe Kabupaten Bone Sulawesi Selatan*, Tesis MTA Undip, Pustaka, 720.22. juh. p.c.1, 2000 MTA662.
- Koenigsberger, O. H. (1975). *Manual of Tropical Housing an Building Climatic Design*. Longman.
- Lippsmeier, G. (1994). *Tropenbau Building In The Tropic Bangunan Tropis* (diterjemahkan oleh Ir. Syahmir Nasution). Penerbit Erlangga. Jakarta.

- Lippsmeier, G. (1994). *Bangunan Tropis*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Mangunwijaya, Y. B. (1988). *Pengantar Fisika Bangunan*, Jakarta: Djambatan.
- Nugroho, M. A. (2011). A Preliminary Study of Thermal Environment in Malaysia's Terraced Houses, *Journal and Economic Engeneering: 2 (1)*, 25-28
- Rapoport, A. (1969). *House Form and Culture*; University of Winconsin, Milwaukee.
- Samodra, F. X., & Badai, T. (2008). *Spesifikasi Kinerja Termal Sestim Konstruksi Kulit Rumah Tinggal Tropis dalam Variasi Altitude*. SNPS-ITS IX. 12 Aug 2009.
- Santosa, M. (2001). Harmony di Lingkungan Tropis Lembab: Keberhasilan Bangunan Kolonial, *Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur*, 29 (1), Juli.
- Szokolay, S. V. (1981). Cooling problems in predominantly overheated humid region in Passive Cooling, *Proceeding of the international passive and hybrid cooling conference*. Bowen, A., ed., Amican Section of the International Solar Energy Society, Florida