

## Karakteristik Adaptasi Hunian Tradisional Bawean Terhadap Kondisi Lingkungan Kepulauan

*(The Adaptation Characteristics of Traditional Dwelling in Bawean to The Environmental Condition at Indonesian Archipelago)*

**FX Teddy Badai Samodra; Andy Mappajaya; Rabbani Kharismawan;  
Nurfahmi Muchlis; Tanti Satriana Nasution**

Departemen Arsitektur, FADP-ITS  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111  
Email : fxteddybs@arch.its.ac.id

### **Abstract**

*The Indonesian archipelago has typical traditional dwelling richness on every island. In island city, Bawean, the wind effect becomes very critical to the identification of environmental adaptation of its dwelling. The aim of this study was to identify the adaptation characteristics of traditional dwelling to the environmental archipelago condition of Bawean island. In this study, two main dwellings as references are the traditional houses, Bangsal or Limas and Barn, Durung. Generally, this research involves two major steps as follows: (1) Identification and specification phase (field observations, measurements) of the characteristics of building performance, (2) Simulation phase of the thermal performance of traditional house (using Ecotect Analysis and CFD Programs). This results highlighted that the houses performance is not optimum, both in spreads and compact orders. Meanwhile, Durung has better performance, only 17% of the samples are in discomfort condition (spread or compact). The optimum condition is achieved when the settlement spread out, otherwise uncomfortable when it is in the dense environment. The houses in daytime conditions are in the discomfort conditions and lower cooling load, while the night-time conditions are in the quadrant of optimum conditions, comfort, and low cooling load.*

**Keywords:** *adaptation, archipelago, thermal environment, traditional dwelling, urban*

### **Abstrak**

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki kekayaan hunian yang khas di setiap pulau. Di kota kepulauan, Bawean, pengaruh angin sangat kritis terkait identifikasi adaptasi lingkungan dari hunian. Tujuan penelitian ini adalah melakukan evaluasi dan identifikasi karakteristik adaptasi hunian tradisional Bawean terhadap kondisi lingkungan kepulauannya. Dalam penelitian ini, 2 (dua) bangunan utama sebagai bahan rujukan adalah rumah tradisional (Bangsal atau Limas) dan Lumbung (Durung). Secara garis besar penelitian ini melibatkan 2 (dua) langkah utama, yaitu: (1) Tahap identifikasi dan spesifikasi (observasi lapangan, pengukuran) untuk mendapatkan karakteristik dari performa bangunan, (2) Tahap simulasi kinerja termal rumah tradisional kota Bawean (Simulasi Program Ecotect Analysis dan Ansys CFD Fluent). Hasil penelitian ini menunjukkan kondisi kinerja rumah tinggal yang tidak optimum, baik dalam permukiman yang menyebar maupun padat. Sementara, Durung memiliki performa yang lebih baik, hanya 17% sampel berada dalam kondisi tidak nyaman (menyebar atau padat). Kondisi optimum dicapai ketika tata tapaknya menyebar, dan sebaliknya tidak nyaman ketika padat. Kondisi siang hari dalam rumah berada pada kondisi tidak nyaman dan rendah beban pendinginan, sedangkan malam hari berada pada kuadran kondisi optimum - minimum, nyaman dan rendah beban pendinginan.

**Kata kunci:** adaptasi, hunian tradisional, kepulauan, lingkungan termal, perkotaan

## Pendahuluan

Kondisi kepulauan Indonesia memiliki konsekuensi iklim dan lingkungan serta adaptasi hunian yang khas di setiap pulau. Dalam kondisi ini, secara substansial, persyaratan kenyamanan penduduk di daerah tropis lembab hangat tidak jauh berbeda. Kelembaban merupakan masalah utama selama malam hari di sepanjang tahun di daerah kepulauan (Causone, 2016). Sementara selama siang hari, kelembaban dapat dieliminasi melalui penghawaan alami. Namun, Lu et al. (2018) menunjukkan bahwa penghuni yang tinggal di daerah kepulauan tropis memiliki kapasitas menahan panas yang lebih tinggi, sedangkan toleransi terhadap lingkungan dingin yang lebih rendah dari yang diperkirakan.

Kondisi di mana kelembaban tidak setinggi di daerah hutan hujan tropis, tipikal iklim *Equatorial Monsoon* menurut Kottek et. al. (2006), mengarahkan pertimbangan lebih kepada penyelesaian angin dan radiasi. Selain tergantung bagaimana penghuni melakukan aklimatisasi, peluang pendinginan fisiologis angin dengan kombinasi masalah paparan radiasi matahari di daerah kepulauan memberikan peluang sekaligus tantangan bagi tatanan permukiman.

Karakteristik permukiman dan hunian di kota kepulauan di atas akan menjadi pembahasan penting terkait kontribusinya untuk kondisi lingkungan di Indonesia.

Untuk itu, penelitian ini akan melakukan evaluasi dan identifikasi karakteristik adaptasi hunian lingkungan di kota kepulauan. Pulau Bawean (112°45'E dan 5°45'S) merupakan tipikal representasi dari kondisi lingkungan kepulauan yang memiliki karakter khas multikulutral yang berpengaruh terhadap arsitektur tradisional yang ditampilkan.

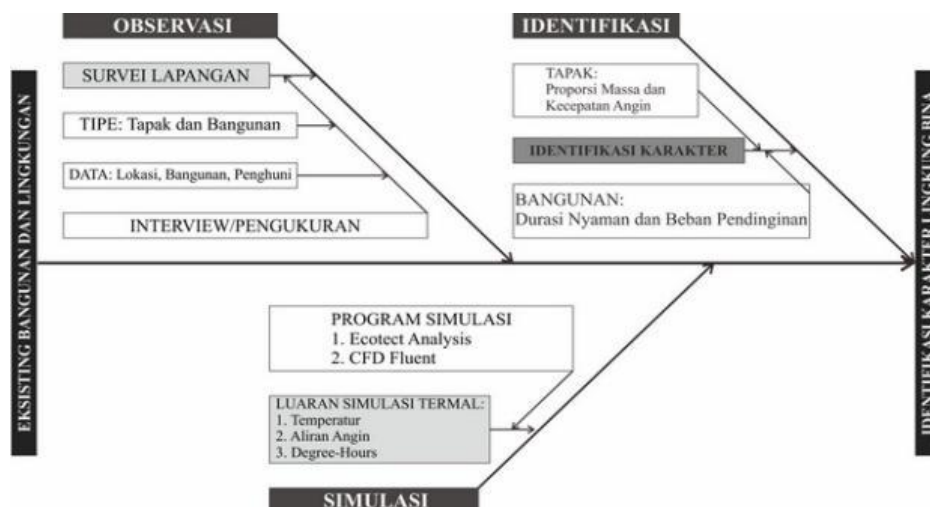
## Metode

### Tahapan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian studi kasus dan simulasi. Secara khusus penelitian ini melibatkan dua langkah utama, yaitu :

1. *Tahap Observasi*: meliputi pendataan, pengukuran lapangan dan penetapan objek simulasi (spesifikasi).
2. *Tahap Simulasi dan Identifikasi*: meliputi eksplorasi desain dan realisasi model simulasi bangunan eksisting dengan *software Ecotect Analysis* dan CFD serta penentuan karakter lingkungan bina.

Tahap pertama dilakukan observasi lapangan dengan pengamatan bangunan dan pengukuran lingkungan (menggunakan *thermometer, hygrometer, anemometer, solar power meter, infrared thermometer, dan moisture meter*). Studi ini dilakukan untuk memperoleh data lokasi, data bangunan, dan data penghuni sebagai bentuk identifikasi (Gambar 1).



Gambar 1 : Diagram Proses Penelitian  
(Sumber : Analisis Penulis, 2017)

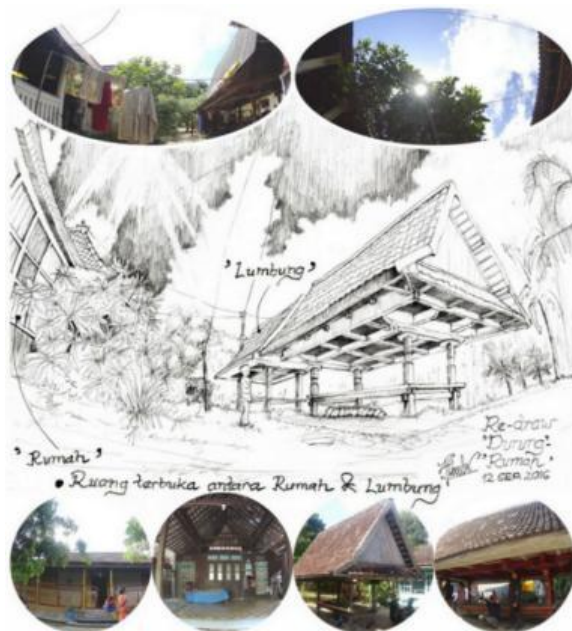
Pada tahap simulasi dengan program Ecotect Analysis dan CFD, simulasi dilakukan terhadap fenomena kecepatan angin dan pengendalian panas dalam skala tapak dan bangunan. Tahap akhir dari penelitian ini adalah identifikasi karakter adaptasi lingkungan dengan cara membandingkan hasil simulasi dalam konteks tapak (proporsi massa dan kecepatan angin) dan bangunan (kenyamanan dan beban pendinginan).

Pengumpulan data merupakan metode sebagai masukan untuk proses simulasi lingkungan bina kota kepulauan di Bawean, ditunjukkan melalui Tabel 1. Seperti ditunjukkan oleh Gambar 2, objek penelitian ditetapkan dengan pertimbangan dengan keberadaan rumah tinggal yang berkarakter khas kota kepulauan, yaitu Rumah Tradisional (Bangsal atau Limas) dan Lumbung (Durung).

**Tabel 1: Teknik Pengumpulan Data Arsitektur Lingkungan**

No	Data	Tujuan	Alat	Tahap Penelitian	Sumber
1.	Data Lokasi dan Data Iklim	Menentukan posisi objek studi, karakter lingkungannya, <i>input</i> simulasi	-	Tahap Observasi	Observasi Lapangan dan BMKG
2.	Data Bangunan dan Penghuni	Identifikasi karakter bangunan: dimensi, material, pola bukaan, penghunian, dan <i>input</i> simulasi	Alat dokumentasi dan Wawancara	Tahap Observasi	Observasi Lapangan dan pustaka
3.	Model Tapak dan Bangunan	<i>Input</i> simulasi	<i>Modeling Software</i>	Tahap Simulasi dan Identifikasi Karakter	Observasi Lapangan

(Sumber : Hasil Observasi, 2017)

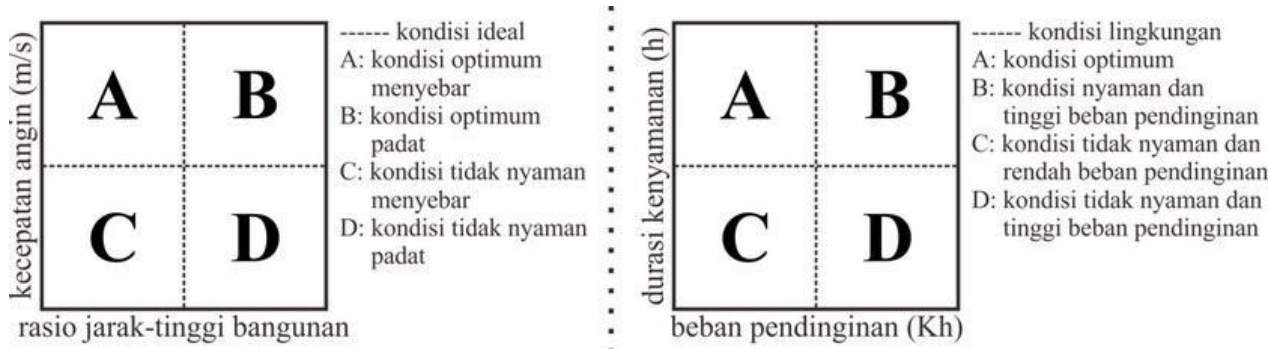


**Gambar 2 : Hunian Bawean**  
(Sumber : Dokumentasi Penulis, 2017)

### Metode Analisis Karakteristik Adaptasi Lingkungan

Analisis model tatanan tapak dan bangunan merupakan bagian akhir dari penelitian ini. Karakteristik objek penelitian dengan penerapan metode pendinginan pasif kemudian ditentukan berdasarkan kriteria tingkat kenyamanan termal yang optimal.

Hasil tersebut antara lain profil kecepatan angin yang tinggi yang sesuai dengan kebutuhan pendinginan fisiologis dan profil bangunan berdasarkan proporsi bangunan yang ideal. Berdasarkan analisis ini diperoleh karakteristik kondisi optimum pada tatanan padat dan pada tatanan menyebar, dan kondisi tidak nyaman pada tatanan padat dan menyebar dan sistem pendinginan dan tingkat kenyamanan digunakan sebagai alat untuk membuat penilaian optimasi model (Gambar 3).



**Gambar 3 : Kuadran Metode Analisa Karakteristik Lingkungan Termal**  
(Sumber : Analisis Penulis, 2017)

Selain analisis model optimum untuk sampel lokasi tapak, keterkaitan antara tempat dan sistem pendinginan pasif bangunan juga menjadi pokok pembahasan.

## Kajian Teori

### Elemen Iklim di Kota Tropis Kepulauan

Permasalahan lingkungan utama terkait iklim tropis di kota kepulauan adalah kelembapan. Sedangkan temperatur lebih mudah diselesaikan. Causone (2016) menunjukkan bahwa kelembapan menjadi masalah utama dalam kondisi malam hari sepanjang tahun, sementara selama siang hari dapat diselesaikan dengan penghawaan alami. Namun, perlu disadari bahwa kelembapan bukan faktor yang independen, sangat dipengaruhi juga temperatur itu sendiri selain kecepatan angin, aktivitas atau metabolisme manusia, dan properti pakaian (Givoni et al., 2006). Terlebih lagi, di daerah kepulauan, tipikal iklim *Equatorial Monsoon*, kelembapan tidak setinggi di daerah hutan hujan tropis, (Kottek et al., 2006).

Sebagian besar aktivitas masyarakat tradisional di daerah tropis termasuk kepulauan berada di luar bangunan atau berada di bangunan pendukung tempat tinggal yang juga berada di luar bangunan utama. Pengaruh dari beberapa elemen terkait perlu dipertimbangkan juga terhadap kenyamanan lingkungan luar. Ma et al. (2015) menegaskan bahwa baik radiasi dan penghawaan, merupakan aspek-aspek utama dari rancangan lingkungan termal di luar ruangan.

### Kenyamanan Termal Di Kota Tropis Kepulauan

Berbagai studi menunjukkan bahwa orang yang tinggal di daerah tropis lembab Asia Tenggara lebih memilih temperatur netral yang sama, yaitu sekitar 25-30°C atau 1-6°C lebih tinggi daripada yang direkomendasikan oleh ISO dan ASHRAE (Karyono (1996). Preferensi temperatur lebih tinggi merupakan hasil adaptasi oleh masyarakat di daerah tropis, faktor yang tidak diperhitungkan di kedua standar tersebut.

Ketika pengguna bangunan di daerah tropis telah mampu mencapai kondisi nyaman termal tanpa sistem pendingin udara, masih dibutuhkan informasi lebih lanjut tersedia tentang cara merancang yang terbaik dari sistem pasif seperti aliran angin melalui jendela dan kipas langit-langit (Lenoir et al., 2012). Feriadi et al. (2003) mendeskripsikan bahwa di bawah iklim tropis yang hangat dan lembab, lingkungan yang lebih dingin lebih diharapkan dibandingkan dengan sekedar pencapaian pada temperatur netral. Survei dalam penelitian tersebut juga mempelajari preferensi kontrol adaptif penghuni ketika mereka membutuhkan memodifikasi lingkungan hidup mereka untuk membuatnya lebih nyaman.

Sebagai tambahan, menurut Feriadi and Wong (2004), dalam kondisi iklim ini, pengguna bangunan menunjukkan preferensi untuk lingkungan yang lebih dingin dibandingkan dengan temperatur netral. Pada bangunan yang dirancang secara pasif di mana temperatur udara dan kelembapan tidak mungkin diubah dengan mudah tanpa cara mekanis, orang



cenderung memilih kondisi dengan kecepatan angin lebih tinggi.

Menurut Liping dan Hien (2007), di kota tropis kepulauan, terdapat dua strategi untuk membuat lingkungan dalam bangunan berada di dalam zona netral dan mencapai kenyamanan termal. Pertama, untuk mengimbangi temperatur yang tinggi, diperlukan upaya untuk menyediakan kecepatan angin lebih tinggi (lebih dari 1 m/s). Kebutuhan minimum untuk kondisi luar bangunan di kota kepulauan seharusnya sangat mudah dipenuhi, kecuali di dalam bangunan yang sangat harus memperhatikan sistem penghawaannya. Kedua, dengan rancangan fasad dengan bahan konstruksi berkualitas dan perangkat pembayangan. Dengan kondisi ini, temperatur dalam ruangan bisa dikurangi 2-3°C dibandingkan dengan temperatur di luar ruangan. Selain

itu, zona kenyamanan termal jauh lebih luas daripada zona netral (Feriadi, 2003). Dalam situasi di mana peluang adaptif yang tersedia dan sesuai, zona kenyamanan mungkin jauh lebih luas.

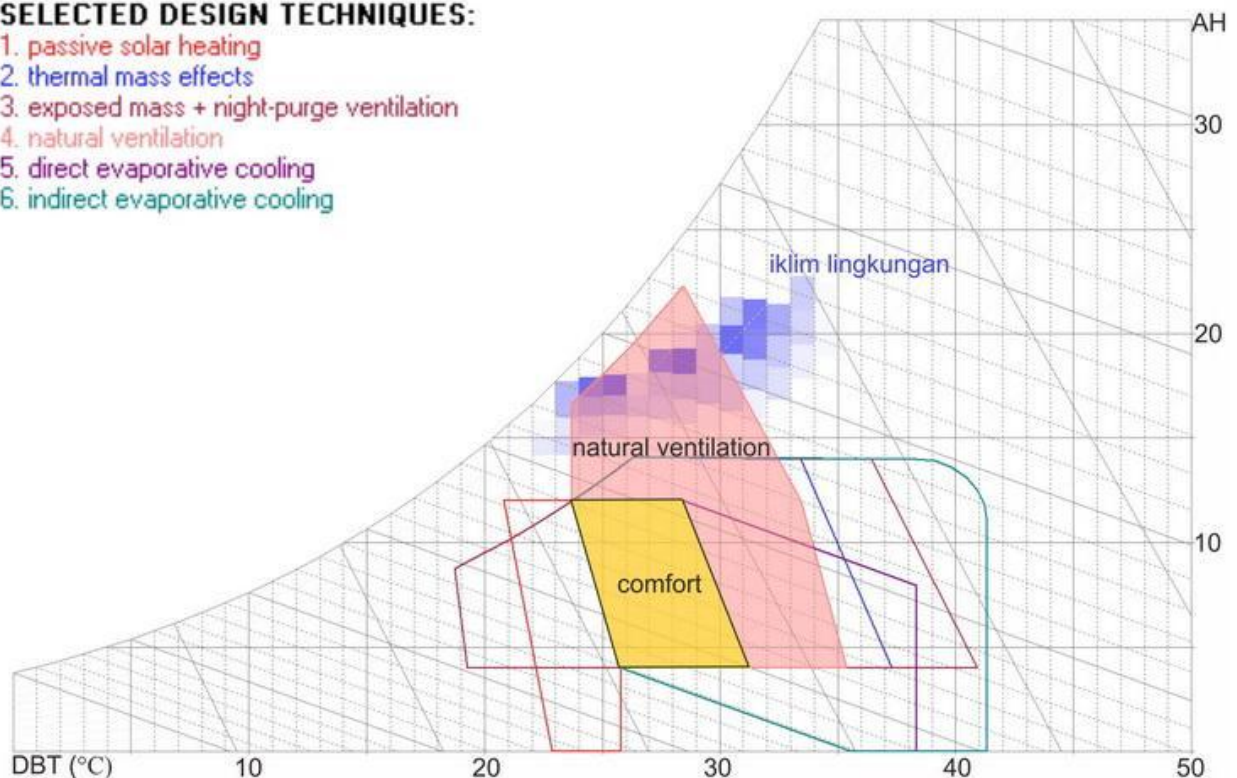
## Hasil Penelitian dan Pembahasan

### Karakteristik Iklim dan Objek Studi

Berdasarkan adaptasi data iklim Perak/Juanda, Surabaya (1997-2012), karakteristik iklim kota kepulauan, Bawean, menunjukkan kondisi yang relatif panas dan sangat lembab (Gambar 5). Dari rekomendasi *psychrometric chart* tersebut, metode penghawaan menjadi sangat penting untuk pendinginan fisiologis. Kecepatan angin yang tinggi sebagai daerah kepulauan, memberikan potensi yang baik untuk itu.

### SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. exposed mass + night-purge ventilation
4. natural ventilation
5. direct evaporative cooling
6. indirect evaporative cooling

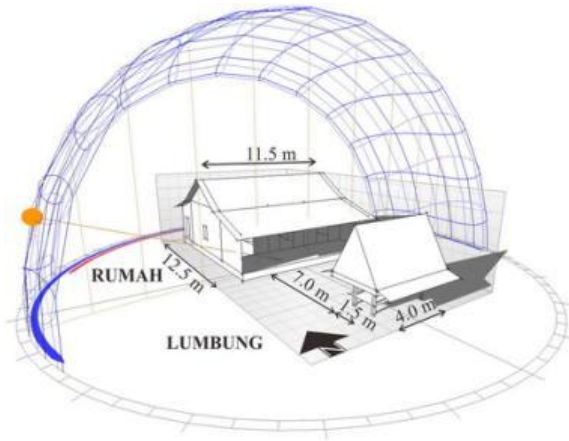


Gambar 5: Kondisi Iklim Kota Kepulauan  
(Sumber : Data Iklim Surabaya, 1997-2012)

Sementara itu, dengan tipikal rumah dan lumbung (Durung) seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6, akselerasi angin ke dalam bangunan memiliki peluang yang cukup besar. Dengan dominasi angin dari arah Selatan melalui Durung yang

terbuka, aliran angin akan bebas mengalir ke dalam rumah yang dibangun menggunakan banyak bukaan di setiap sisi bangunan. Jarak rata-rata 7 m antara rumah dan Durung memungkinkan

penyediaan ruang apabila terjadi turbulensi



**Gambar 6: Profil Objek Studi**  
(Sumber : Analisis Penulis, 2017)

Dalam penelitian ini, dibahas juga bagaimana pengukuran dan simulasi dengan program komputer menggambarkan situasi dan karakteristik lingkungan dari rumah dan Durung Bawean. Tabel 2 menjelaskan beberapa alat ukur, fungsi, lokasi, dan waktu pengukuran yang sudah dikalibrasi

**Tabel 2: Alat Pengukuran**

No.	Alat	Fungsi	Lokasi	Waktu	Ilustrasi
1.	Thermo-hygrometer data logger	Perekaman Temperatur dan Kelembaban Relatif	Rumah dan Lumbung (t = 1.5-2 m)	24 jam	
2.	Anemometer	Pengukuran Kecepatan Angin	Rumah dan Lumbung (t = 1.5-2 m)	3 - 5 menit	
3.	Solar Power Meter	Pengukuran Intensitas Radiasi	Rumah dan Lumbung (t = 1.5-2 m)	3 - 5 menit	
4.	Infra-red Themometer	Pengukuran Temperatur Permukaan Material	Rumah dan Lumbung (selubung bangunan)	3 - 5 menit	
5.	Moisture Meter	Pengukuran Moisture Content Material	Rumah dan Lumbung (selubung bangunan)	3 - 5 menit	

(Sumber : Analisis Penulis, 2017)

angin dalam tapak.

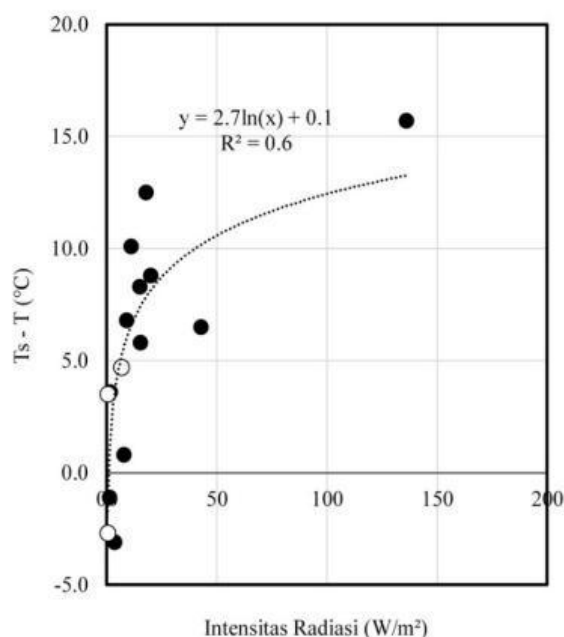
akurasi untuk menggambarkan kondisi lingkungan di dalam dan di luar bangunan. Hampir semua alat, kecuali pengukur material (infra-red thermometer dan moisture meter), ditempatkan setinggi aktivitas penghuni (1.5 - 2 m). Dengan demikian, kinerja rumah/Durung akan dapat ditelaah dengan baik, sesuai kenyamanan manusia.

Dalam bagian ini, pengukuran dan simulasi dengan program Ecotect Analysis dan Ansys CFD Fluent untuk kondisi dan waktu tertentu ditentukan untuk menganalisa:

1. Intensitas radiasi,
2. Kondisi udara dan lingkungan (Temperatur udara dan *Mean Radiant Temperature/MRT*) serta kecepatan angin,
3. *Elemental breakdown*, dan
4. Kenyamanan termal dan beban pendinginan.

### Analisa Radiasi

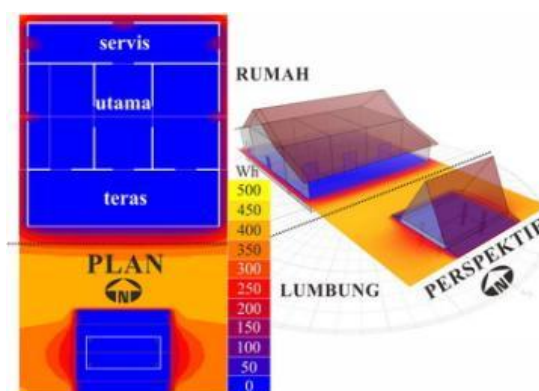
Berdasarkan hasil pengukuran lapangan (September, 2016), korelasi intensitas radiasi dan selisih temperatur permukaan dan temperatur udara menunjukkan bahwa dalam intensitas radiasi rendah ( $< 50 \text{ W/m}^2$ ), perbedaan kedua temperatur cukup signifikan (Gambar 7). Meskipun temperatur permukaan material selubung bangunan (diwakili atap sebagai area terluas), sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi, potensi tapak lingkungan di daerah Bawean yang masih banyak penebuan alami dari pohon-pohon sekitar membantu pengurangan pengaruh tersebut. Rumah memiliki performa yang lebih baik daripada Durung karena selain mendapatkan penebuan lebih banyak, rumah juga memiliki selubung bangunan yang lebih tertutup dibanding Durung yang sama sekali tidak memiliki dinding. Dalam hal ini, Durung akan memiliki temperatur udara sama dengan temperatur lingkungannya.



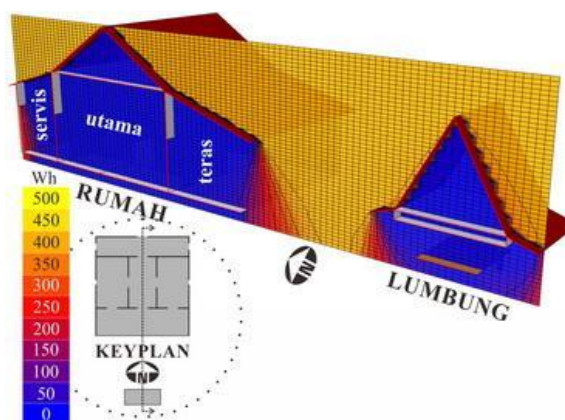
**Gambar 7: Korelasi intensitas radiasi dan selisih temperatur permukaan dan temperatur udara**  
(Sumber : Hasil Observasi Penulis, September 2016)

Gambar 8 dan 9 menunjukkan simulasi intensitas radiasi di lingkungan rumah dan lumbung (Durung) rata-rata per-jam sepanjang tahun. Bukan menjadi salah satu penyebab mengapa radiasi akan bernilai lebih besar. Namun, peran sosoran

di rumah dan Durung menjadi sangat krusial untuk menyediakan pembayangan yang mampu mengurangi intensitas radiasi yang masuk ke dalam bangunan. Durung memiliki sosoran dengan atap yang sangat curam, sementara Teras rumah menjadi ruang transisi untuk mereduksi panas karena radiasi dari lingkungan. Dengan demikian, tidak lebih dari 50 Wh, baik rumah maupun Durung, menerima radiasi dalam rata-rata per-jamnya dalam durasi sepanjang tahun. Sebuah angka yang relatif kecil. Namun demikian, perlu diperhatikan bentuk radiasi tidak langsung (*diffuse*) yang dihasilkan oleh setiap elemen bangunan.



**Gambar 8: Simulasi Intensitas Radiasi di Lingkungan Rumah dan Lumbung/Durung (Plan)**  
(Sumber : Analisis Simulasi Ecotect Penulis, 2016)

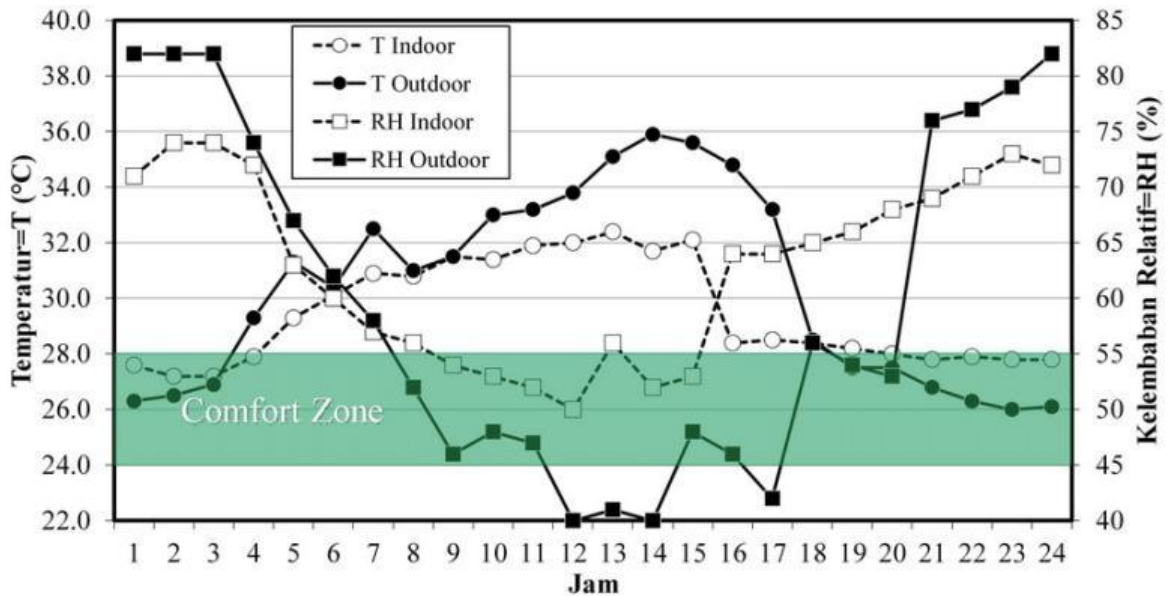


**Gambar 9: Simulasi intensitas radiasi di lingkungan Rumah dan Lumbung/Durung (Section)**  
(Sumber : Analisis Simulasi Ecotect Penulis, 2016)

**Analisa Kondisi Udara dan Lingkungan**

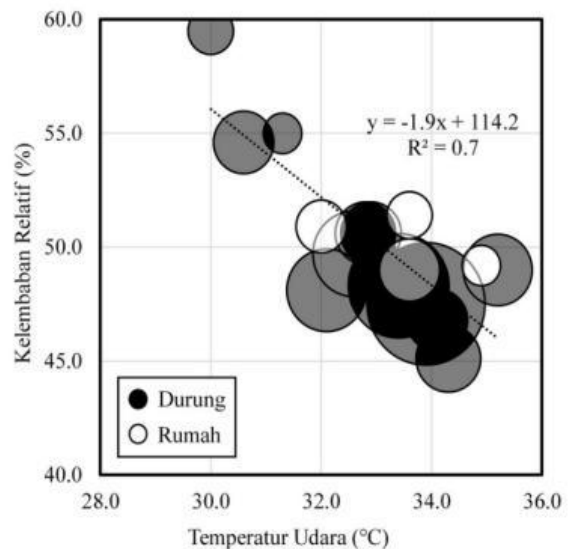
Menjadi indikator utama penilaian kinerja termal, temperatur dan kelembaban relatif diukur dengan *data logger* di dalam dan di luar rumah yang diwakili oleh Durung. Dengan temperatur nyaman, 24-28°C sesuai rekomendasi *psychrometric*

*chart*, hanya sekitar 9 jam kondisi dalam rumah mengalami periode nyaman ketika malam sampai dengan pagi hari (Gambar 10). Kondisi *outdoor* juga demikian meskipun rata-rata nilai temperaturnya lebih rendah. Hal ini akan berpengaruh terhadap karakteristik beban pendinginan.



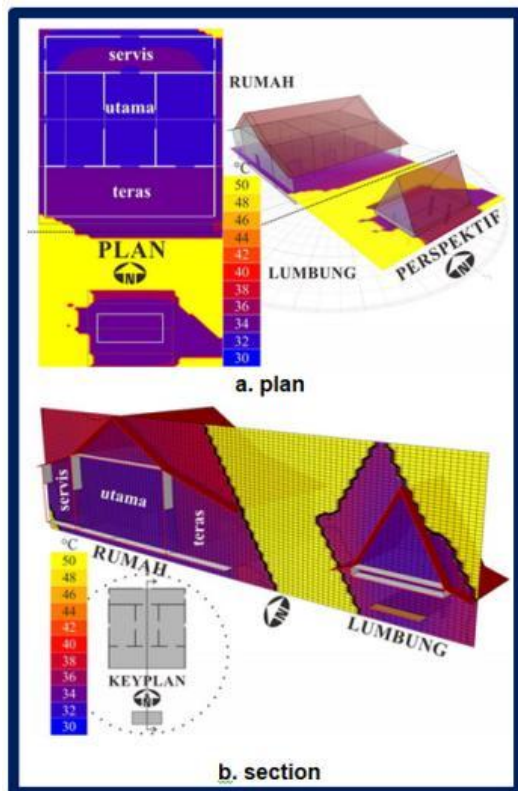
**Gambar 10: Temperatur udara dan kelembaban relatif (Sumber : Hasil Observasi Penulis, September 2016)**

Gambar 11 dan 12 menunjukkan kondisi terkritis, waktu terdingin dan terpanas untuk temperatur lingkungan tiap zona rumah dan Durung. Dengan pola yang mirip dan hanya dibedakan nilai temperatur antara kedua waktu tersebut, Teras menjadi zona yang paling panas, sementara Durung menjadi area paling dingin. Durung mengikuti pola dan memiliki nilai yang hampir sama dengan outdoor (kondisi lingkungan luar). Hal ini terjadi indikasi dari tidak adanya pembatas dinding, sehingga model lingkungannya akan tipikal. Hanya radiasi dengan peran pembayangan atapnya menjadi pembeda yang signifikan.

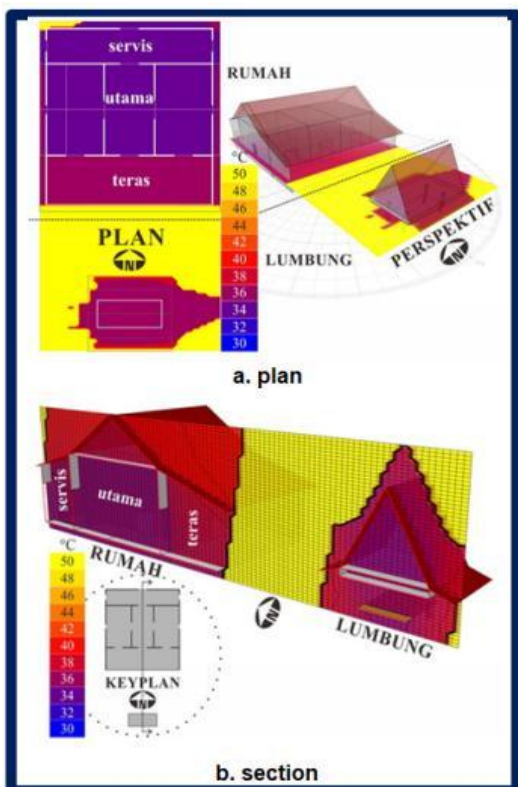


**Gambar 11: Temperatur udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin (Sumber : Hasil Observasi Penulis, September 2016)**





Gambar 12: MRT Waktu Terdingin (16 Agustus)  
(Sumber : Analisis Simulasi Ecotect Penulis,  
2016)



Gambar 13: MRT Waktu Terpanas (16 Oktober)  
(Sumber : Analisis Simulasi Ecotect Penulis,  
2016)

Sementara itu, ruang Teras menjadi area yang paling panas dengan nilai radiasi yang tinggi yang diterima oleh zona tersebut. Meskipun panas, ruang ini memiliki peran penting bagi area transisi hunian dari ruang luar ke ruang dalam yang sangat bermanfaat untuk mengurangi panas.

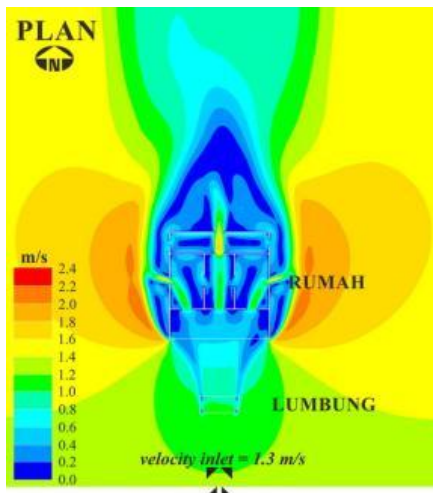
Dari hasil survei ketika jam-jam terpanas (10:00-14:00) untuk beberapa sampel rumah dan Durung (4 rumah dan 12 Durung) di Bawean, temperatur yang tinggi sedikit dimbangi oleh kelembaban relatif yang nyaman (berkisar 50%) dan kecepatan angin yang tinggi (Gambar 11). Durung memiliki rentang kelembaban antara 45-60% dan didominasi oleh kelembaban relatif 48%, sedangkan temperatur berkisar 30-35°C dan didominasi oleh temperatur 33°C. Di rentang kelembaban dan temperatur tersebut, kecepatan angin juga relatif lebih tinggi. Sementara itu, rumah dengan kondisi temperatur yang hampir sama dengan Durung, kelembaban relatif lebih tinggi dengan rata-rata 50%. Kondisi yang lebih tertutup menjadi indikasi hal ini.

Gambar 12 dan 13 menggambarkan tipikal dari MRT bulan terdingin dan terpanas. MRT menjadi dominan untuk daerah tropis dibanding temperatur udara (Szokolay, 2008). Kondisi rata-rata per jam sepanjang tahun tersebut menunjukkan bahwa peran pembayangan oleh sosoran bangunan menjadi penting. Berbeda dengan temperatur udara, dalam MRT ini, semakin tertutup area (seperti ruang utama dan bagian *attic* Durung), nilai MRT akan semakin rendah karena pengaruh radiasi yang lebih kecil, baik langsung maupun tidak langsung. Secara khusus untuk ruangan atap (*attic*) rumah, dengan kemiringan yang lebih landai daripada Durung, ruang tersebut memiliki MRT yang cukup tinggi seperti Teras rumah.

Dengan pola yang sama, apabila ditinjau dari segi denah, ketika waktu terdingin dan terpanas, bagian sisi barat bangunan (rumah dan Durung) memiliki MRT yang lebih tinggi. Pengaruh akumulasi radiasi puncak tengah hari menjadi indikasi utama terjadinya kondisi ini. Area sekitar bangunan, juga memiliki nilai yang lebih rendah daripada

lingkungannya, karena di area tersebut nilai radiasi *diffuse* yang memiliki nilai yang lebih kecil (Gambar 4.7. dan 4.8.) menjadi dominan daripada radiasi langsung ketika tidak ada bangunan sebagai elemen reflektor atau pembayang.

Dari perspektif pembahasan aliran angin, dengan dominasi arah selatan, peran Durung yang terbuka menjadi penting. Bukan hanya Durung sendiri dimanfaatkan untuk tempat istirahat, tetapi juga mampu meneruskan aliran angin ke dalam bangunan melalui Teras. Teras sendiri menjadi area transisi dari luar ke dalam bangunan utama yang berperan dalam penurunan temperatur dengan pembayangannya. Gambar 14 menjadi bukti bahwa aliran angin secara konsisten teralirkan ke dalam bangunan yang memiliki bukaan di setiap ruangnya. Aliran angin yang sejuk ini akan membantu proses pendinginan fisiologis ketika waktu terpanas.



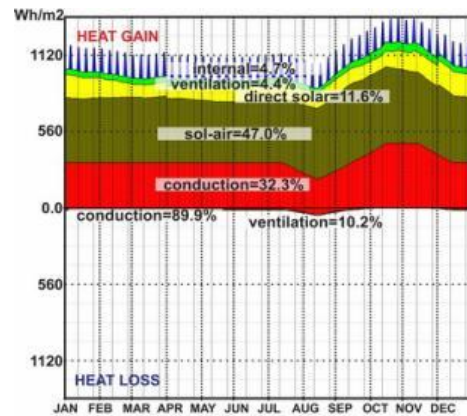
Gambar 14: Kecepatan angin waktu terpanas (Sumber : Simulasi Ansys CFD Fluent)

**Analisa Elemental Breakdown**

*Elemental breakdown* menjadi bagian penting untuk mengetahui aspek apa yang berpengaruh dalam kinerja termal bangunan (Gambar 15). Sol-air (temperatur radiasi) dan konduksi menjadi 2 faktor yang dominan dalam kinerja termal, masing-masing 47% dan 32.3% dari total performa *heat gain*. Menjadi hal yang umum untuk daerah tropis bahwa pengaruh radiasi menjadi penting dan material bangunan menjadi elemen yang menghantarkan panas tersebut. Meskipun dalam

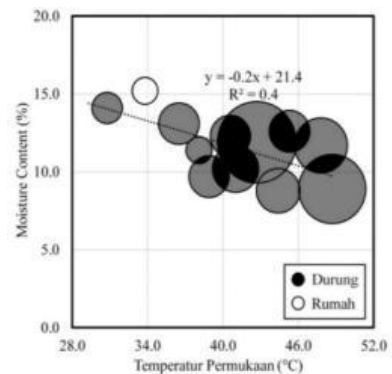
pelepasan panas, konduksi juga menjadi faktor yang cukup penting meskipun skalanya lebih kecil.

Dengan sol-air dan konduksi menjadi elemen penentu dalam kinerja termal, pertimbangan utama rancangan hunian adalah penerapan integrasi pengendalian radiasi panas dan konduksi. Perlu menjadi perhatian bahwa perpindahan panas lingkungan ke bangunan melalui ventilasi (4.4%), menggambarkan permasalahan penangan tapak permukiman.



Gambar 15: Elemental breakdown (Simulasi Ecotect Analysis)

Gambar 16 menggambarkan hasil pengukuran lapangan temperatur permukaan dan korelasinya terhadap *moisture content* dan kecepatan angin yang melaluinya. Kondisi tersebut membantu menggambarkan peran konduksi dalam kinerja termal. Dengan material yang berpori (kayu), *moisture content* akan relatif konsisten dalam kondisi berapa pun temperatur permukaan dan kecepatan anginnya. Hal ini memudahkan proses transfer panas (*thermal conductance*).



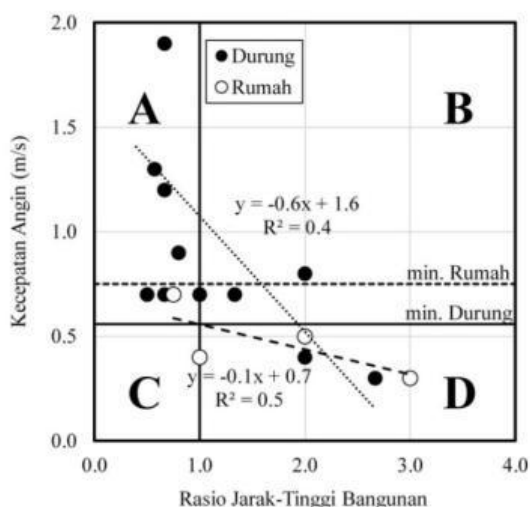
Gambar 16: Temperatur Permukaan dan *Moisture Content* Atap.

(Sumber : Hasil Observasi Penulis, September 2016)

### Analisa Kenyamanan Termal dan Beban Pendinginan

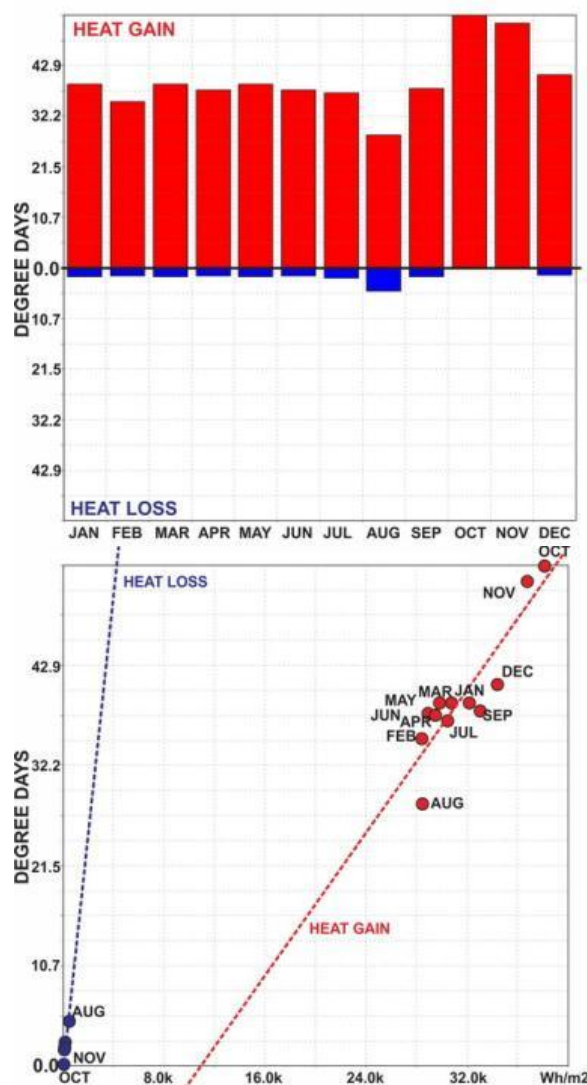
Bagian ini menjadi pembahasan paling penting dalam identifikasi karakteristik kota kepulauan bidang sains arsitektur dan teknologi. Dari Gambar 17, rata-rata kubutuhan minimal kecepatan angin untuk pendinginan fisiologis dihasilkan dari perbandingan kondisi temperatur dan kelembaban relatif untuk daerah berlintang rendah (<30) (berdasarkan kalkulasi dari Aynsley et al, 1977). Untuk itu, kondisi rumah dan Durung akan dipisahkan, dimana rumah memiliki rata-rata 0.75 m/s dan Durung rata-rata 0.56 m/s. Rumah memiliki kebutuhan yang lebih tinggi karena memiliki kondisi temperatur dan kelembaban yang lebih tinggi daripada Durung.

Kebutuhan kecepatan angin minimum ini dibandingkan dengan rasio jarak dan tinggi bangunan dalam kuadran seperti yang telah dipaparkan dalam Gambar 4. Dari hasil pengukuran lapangan, kondisi rumah menunjukkan kondisi yang tidak optimum, baik dalam tapak yang menyebar maupun padat. Hal ini perlu menjadi perhatian tentang upaya perbaikan kondisi termal rumah tinggal di kota kepulauan Bawean. Berbeda dengan rumah, Durung memiliki perfoma yang lebih baik, hanya 2 dari 12 (17%) sampel berada dalam kondisi tidak nyaman (menyebar atau padat). Dari tren yang ada, kondisi optimum dicapai ketika tata tapaknya menyebar, sebaliknya tidak nyaman ketika padat.



Gambar 17: Rasio Jarak-Tinggi Bangunan dan Kecepatan Angin Untuk Pendinginan Fisiologis (Sumber : Pengukuran Lapangan, September 2016)

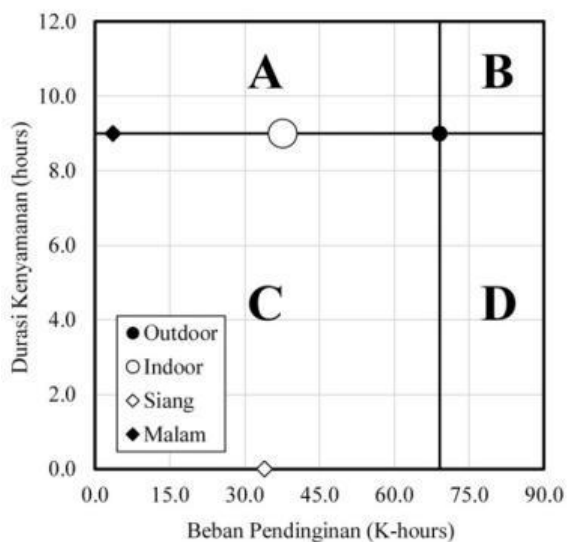
Gambar 18 menunjukkan kondisi tidak nyaman secara termal dalam kurun waktu setahun penuh dalam akumulasi hari yang tidak nyaman. Agustus sebagai bulan terdingin memiliki *underheating* paling besar dan *overheating* paling kecil. Sebaliknya, Oktober-bulan terpanas, memiliki *overheating* terbesar dan tanpa ada kondisi *underheating*. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kondisi temperatur yang tinggi akan berpengaruh langsung pada sebaran ketidaknyamanan termal di semua jam.



Gambar 18: Degree-Days Bulanan (Sumber : Analisis Simulasi Ecotect Penulis, 2016)

Terkait optimasi kinerja termal dan terkait dengan efisiensi energi dalam

hunian Bawean, Gambar 19 menelaah korelasi durasi kenyamanan termal dan beban pendinginan dalam kondisi *underheating* atau *overheating*. Dengan pedoman kondisi lingkungan (lihat bagian Metode Analisa Karakteristik Adaptasi Lingkungan dan Gambar 4), kondisi siang hari dalam rumah (*indoor*) berada pada kuadran C (kondisi tidak nyaman dan rendah beban pendinginan), sedangkan malam hari berada pada kuadran A (kondisi optimum - minimum), nyaman dan rendah beban pendinginan. Hal yang sama untuk total 24 jam meskipun memiliki beban yang lebih tinggi daripada malam hari akibat pengaruh siang hari. Secara umum dapat dikaji bahwa meskipun rumah memiliki kondisi yang relatif panas dan kurang cukup angin untuk pendinginan fisiologis, tetapi beban pendinginan cukup rendah.



**Gambar 19: Durasi Kenyamanan Termal dan Beban Pendinginan**

(Sumber : Hasil Observasi Penulis, September 2016)

## Penutup

### Kesimpulan

Dari pembahasan terkait adaptasi lingkungan bina kota kepulauan, Bawean, beberapa hal dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Peran Durung yang terbuka (tanpa sekat dinding) menjadi penting. Bukan hanya Durung sendiri dimanfaatkan untuk tempat istirahat, tetapi juga mampu meneruskan aliran angin ke dalam bangunan melalui Teras. Teras

sendiri menjadi area transisi dari luar ke dalam bangunan utama yang berperan dalam penurunan temperatur dengan pembayangannya.

2. Sol-air dan konduksi menjadi faktor yang paling penting dalam kinerja termal. Menjadi hal yang umum untuk daerah tropis bahwa pengaruh radiasi menjadi penting dan material bangunan menjadi elemen yang menghantarkan panas tersebut.
3. Kondisi rumah kepulauan seperti di Bawean menunjukkan kondisi yang tidak optimum, baik dalam tapak yang menyebar maupun padat. Hal ini perlu menjadi perhatian tentang upaya perbaikan kondisi termal rumah tinggal di kota kepulauan.
4. Ruang terbuka seperti Durung Bawean yang memiliki kinerja termal yang lebih baik daripada rumah, hanya 17% sampel berada dalam kondisi tidak nyaman (menyebar atau padat).
5. Dari tren yang ada, kondisi optimum rumah maupun Durung Bawean dicapai ketika tata tapaknya menyebar, sebaliknya tidak nyaman ketika padat.
6. Meskipun rumah di kota kepulauan memiliki kondisi yang relatif panas dan kurang cukup angin untuk pendinginan fisiologis, tetapi beban pendinginan cukup rendah

## Saran

Sebagai sebuah rintisan penelitian untuk pulau binaan, Bawean memiliki potensi dalam penelitian terkait lingkungan. Beberapa rencana penelitian ke depan terkait bidang ini dapat merujuk kepada *roadmap* penelitian yang sudah ada, antara lain Penelitian Penghawaan, Energi dan Ekologi Lingkung Bina Kota Kepulauan.

## Ucapan Terimakasih

Artikel ini merupakan publikasi Penelitian Jurusan tahun 2016, Nomor Kontrak 037929/IT2.11/PN.08/2016. Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Arsitektur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, atas dukungan finansial dan teknis dalam penelitian tersebut.



## Daftar Pustaka

- Aynsley, R., W, M., & Vickery, B. (1977). *Architectural aerodynamics. Applied Science*. London.
- Causone, F. (2016). Climatic potential for natural ventilation. In *Architectural Science Review* 59:3 (pp. 1-17).
- Feriadi, F., Wong, N., Chandra, S., & Cheong, K. (2003). Adaptive behaviour and thermal comfort in Singapore's naturally ventilated housing. In *Building Research & Information*, 31:1 (pp. 13-23.).
- Feriadi, H., & Wong, N. (2004). Thermal comfort for naturally ventilated houses in Indonesia. In *Energy and Buildings* 36 (pp. 614-626).
- Givoni, B., Khedari, J., Wong, N., Feriadi, F., & Noguchi, M. (2006). Thermal sensation responses in hot, humid climates: effects of humidity. In *Building Research & Information* 34:5 (pp. 496–506).
- Karyono, T. (1996). Thermal comfort in the tropical South East Asia region. In *Architectural Science Review* 39:3 (pp. 135-139).
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification Updated. In *Meteorologische Zeitschrift*, 15:3 (pp. 259-263).
- Lenoir, A. B. (2012). Post-occupancy evaluation and experimental feedback of a net zero-energy building in a tropical climate. In *Architectural Science Review*, 55:3 (pp. 156-168).
- Li, X., & Zhu, Y. (2015). An hourly simulation method for outdoor thermal environment evaluation. In *Building Simulation* 8:2 (pp. 113-122).
- Liping, W., & Hien, N. (2007). Applying natural ventilation for thermal comfort in residential buildings in Singapore. In *Architectural Science Review* 50:3 (pp. 224-233).
- Lu, S., Pang, B., Qi, Y., & Fang, K. (2018). Field study of thermal comfort in non-air conditioned buildings in a tropical island climate. In *Applied Ergonomics*. 66 (pp. 89-97).
- Samodra, F. (2016). Proposal for Thermal and Noise Environment Improvement of The Traditional House in Indonesia. In *Ph.D. Thesis, Pusan National University*. Busan: Pusan National University.
- Szokolay, S. (2008). *Introduction to architectural science*. Elsevier, Oxford.