



ARTIKEL RISET

URL artikel: <http://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/losari/article>

Judul Artikel

OPTIMALISASI *CROSS VENTILATION* PADA PERMUKIMAN NELAYAN DI MARISA

Rahmayanti

Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Puhuwato

Email Penulis Korespondensi (^K): rahmayanti.architecture@gmail.com

(085291119631)

Abstract

One of the biggest uses of energy in buildings comes from the use of air conditioning (AC) for the occupants' physiological comfort. Therefore, natural ventilation is one way that can be taken to reduce energy use in a building. The fishermen's settlement is one that uses natural ventilation with a different mechanism of air pressure by implementing a cross ventilation strategy. The fishing settlement area in Marisa, which is densely built, reduces the performance of natural ventilation. The method used is descriptive method. Field measurements are carried out to determine phenomena in and around fishing settlements. using a sample of 12 was used to determine the optimization of the use of cross ventilation in each home. The results showed that of the 12 house samples that had been measured temperature, relative humidity and wind speed were still below the figures for physiological comfort.

Keywords: *Cross ventilation, fishermen's settlement, natural ventilation, physiological comfort*

PUBLISHED BY :

Engineering Faculty
Universitas Muslim Indonesia

Address :

Jl. Urip Sumoharjo Km. 5 (Kampus II UMI)
Makassar, Sulawesi Selatan.

Email :

losari.arsitekturjurnal@umi.ac.id

Phone :

+62 81342502866



Abstrak

Salah satu penggunaan energi pada bangunan yang terbesar berasal dari penggunaan *air conditioning* (AC) untuk kenyamanan fisiologis penghuni. Oleh karena itu penghawaan alami merupakan salah satu cara yang dapat ditempuh untuk mengurangi penggunaan energi di dalam sebuah bangunan. Permukiman nelayan merupakan salah satu yang menggunakan penghawaan alami dengan mekanisme perbedaan tekanan udara dengan menerapkan strategi ventilasi silang (*cross ventilation*). Kawasan permukiman nelayan di Marisa yang padat bangunan menjadikan performa dari ventilasi alami menjadi berkurang. Metode yang digunakan yakni metode deskriptif. Pengukuran lapangan dilakukan untuk mengetahui fenomena di dalam dan sekitar permukiman nelayan. dengan menggunakan sampel sebanyak 12 digunakan untuk mengetahui optimalisasi penggunaan *cross ventilation* di setiap rumah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 12 sampel rumah yang telah dilakukan pengukuran temperatur, kelembaban relatif dan kecepatan angin masih berada dibawah angka untuk kenyamanan fisiologis.

Kata Kunci: cross ventilation, kenyamanan fisiologis, penghawaan alami, permukiman nelayan.

A. PENDAHULUAN

Salah satu penggunaan energi pada bangunan yang terbesar berasal dari penggunaan *air conditioning* (AC) untuk kenyamanan fisiologis penghuni. Oleh karena itu penghawaan alami merupakan salah satu cara yang dapat ditempuh untuk mengurangi penggunaan energi di dalam sebuah bangunan. Pemanfaatan penghawaan alami pada rumah di kawasan permukiman nelayan terlihat dengan adanya bukaan sebagai jalan masuknya aliran angin. Hal ini dapat mengurangi penggunaan energi pendinginan di dalam bangunan yang mencapai hingga 60%, karena sistemnya tidak menggunakan energi listrik/mechanis. Hal ini sebagaimana yang dikemukakan oleh Koenigsberger, dkk (1973) bahwa penghawaan alami merupakan pengontrol kenyamanan bagi manusia karena prosesnya tidak bergantung pada pasokan energi dan instalasi mekanis. Permukiman nelayan merupakan salah satu yang menggunakan penghawaan alami dengan mekanisme perbedaan tekanan udara dengan menerapkan strategi ventilasi silang (*cross ventilation*).

Permukiman nelayan merupakan salah satu yang menggunakan penghawaan alami dengan mekanisme perbedaan tekanan udara dengan menerapkan strategi ventilasi silang (*cross ventilation*). Kawasan permukiman nelayan di Marisa yang padat bangunan menjadikan performa dari ventilasi alami menjadi berkurang. Kawasan permukiman nelayan di Marisa yang padat bangunan menjadikan performa dari ventilasi alami menjadi berkurang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui optimalisasi *cross ventilation* yang telah diterapkan di permukiman nelayan.

B. PELAKSAAAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Maret sampai bulan Mei 2020 di kawasan Permukiman Nelayan desa Pohuwato Timur kecamatan Marisa.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah anemometer, kompas, obat nyamuk, meter laser dan alat pendukung (alat tulis, dan buku catatan).

Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif. Pengukuran lapangan dilakukan untuk mengetahui fenomena di dalam dan sekitar permukiman nelayan. dengan menggunakan sampel sebanyak 12 digunakan untuk mengetahui optimalisasi penggunaan *cross ventilation* di setiap rumah.

Prosedur Penelitian

Dalam penelitian penghawaan alami pada rumah di kawasan Permukiman Nelayan, prosedur penelitiannya berupa pengukuran fisik bangunan, pengukuran kecepatan angin, kelembaban dan suhu udara. Secara ringkas paparannya sebagai berikut:

a. Pengukuran Fisik Bangunan

1. Dimensi bangunan

Meliputi ukuran panggung dari tanah ke bangunan, ukuran lantai, ukuran dinding baik dinding luar maupun dinding dalam dan ukuran atap.

2. Dimensi bukaan

Meliputi luas, ketinggian dari lantai dan posisi bukaan. Bukaan berupa pintu dan bukaan. Pengukuran data fisik bangunan dilakukan menggunakan alat sesuai dengan kebutuhan data variabel bebas. Hasil dari pengukuran dimensi bukaan dan bangunan adalah gambar kerja berupa denah, dan ukuran bukaan.

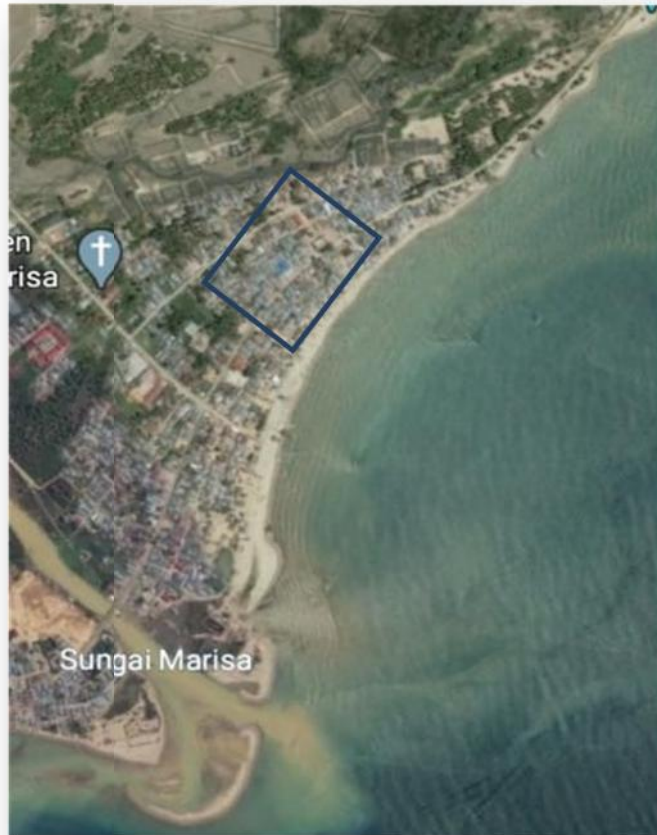
Analisis data

- Menganalisa hasil pengukuran kecepatan angin, temperatur dan kelembaban yang akan dibandingkan dengan hasil perhitungan WSC dengan menggunakan persamaan Mc farlen.
- Mendeskripsikan kondisi sekitar dan di dalam bangunan rumah di kawasan permukiman nelayan yang didapatkan dari hasil penelitian lapangan. Menganalisa optimalisasi bukaan berdasarkan hasil pengukuran lapangan pada setiap ruang di dalam rumah permukiman nelayan dengan parameter kecepatan angin. Optimalisasi bukaan dianalisa melalui perhitungan kebutuhan kecepatan angin untuk kebutuhan fisiologis (*Wind Support Comfort*) yang dikaitkan dengan nilai temperatur dan kelembaban udara yang didapatkan dari pengukuran lapangan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kondisi kenyamanan di tiap ruang.

C.HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di desa Pohuwato Timur kecamatan Marisa kabupaten Pohuwato dengan mengambil sample rumah sebanyak 12 rumah. Adapun jenis rumah yang dijadikan sampel penelitian yakni rumah permanen dan non permanen. Kedua jenis rumah ini memiliki perbedaan temperatur ruang yang berbeda. Hal ini juga mempengaruhi kenyamanan yang dirasakan penghuni juga berbeda. Sebagaimana yang terlihat pada gambar 1 peta lokasi, diketahui bahwa kawasan permukiman nelayan memiliki kepadatan yang tinggi. Hal ini pula dapat berdampak pada aliran angin yang masuk melalui bukaan pada bangunan menjadi lebih rendah, sebab aliran angin banyak menabrak benda padat (bangunan) dan kemudian terjadi *friction*, sehingga kecepatan angin berkurang sebesar 50% dari kondisi awal (Boutet, 1987).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Desa Pohuwato Timur

Pengukuran Kecepatan angin, temperatur dan Kelembaban

Pengukuran kecepatan angin, temperatur dan kelembaban dilakukan secara bersamaan di luar dan didalam bangunan. Pengukuran dilakukan pada pukul 10.00 wita dimana pada waktu tersebut merupakan *peak hour* atau puncak panas pada pagi hari. Adapun hasil pengukuran tersebut dijelaskan pada tabel 1. Hasil pengukuran kecepatan angin, temperatur dan kelembaban tersebut akan dihitung berdasarkan *wind support comfort* yang digunakan sebagai standar dalam mengukur kenyamanan di dalam bangunan. Nilai hasil perhitungan *wind support comfort* tersebut akan dibandingkan dengan hasil ukur kecepatan angin untuk kenyamanan penghuni. Pengukuran dilakukan masing-masing satu titik setiap ruang. Adapun ruang yang diukur yakni ruang tamu, ruang keluarga dan satu kamar tidur yang dijadikan sampel. Adapun kamar tidur yang dijadikan sampel pengukuran yakni kamar tidur yang berada paling depan dari rumah. Hal ini dilakukan karena pada umumnya kamar paling depan yang langsung terkena paparan sinar matahari.

Tabel 1. Hasil Pengukuran kecepatan angin, temperatur dan kelembaban
 sumber : Analisis Peneliti

No	Nama Pemilik	Jenis Ruang	V.out (m/s)	V.in (m/s)	T.out (°C)	T.in (°C)	RH in (%)	WSC	Ket
1	Jaria Katili	Rg. Tamu	0.7	0.3	35.6	34.4	68	0.93	TN
		Rg. Kel.		0.08		33.3	61	0.09	TN
		KT		0.3		32.8	69	0.83	TN
2	Parida Moputi	Rg. Tamu	1.0	0.7	35.3	33.3	81	2.0	TN
		Rg. Kel.		0.5		34.8	79	2.33	TN

		KT		0.2		34.9	78	2.23	TN
3	Maryam Moputi	Rg. Tamu	1.1	0.7	34.3	35.4	80	2.51	TN
		Rg. Kel.		0.5		35.5	74	1.83	TN
		KT		0.2		34.3	76	1.83	TN
4	Udin Napu	Rg. Tamu	1.0	0.9	34.4	36.4	85	3.66	TN
		Rg. Kel.		0.7		34.3	73	1.49	TN
		KT		0.4		33.3	74	1.39	TN
5	Martin Alim	Rg. Tamu	1.2	0.9	34.4	33.3	68	1.53	TN
		Rg. Kel.		0.1		33.3	75	1.3	TN
		KT		0.2		33.2	74	0.8	TN
6	Kaherunnisa	Rg. Tamu	0.9	0.5	34.3	33.3	75	1.5	TN
		Rg. Kel.		0.1		33.4	73	1.4	TN
		KT		0.1		33.3	75	1.49	TN
7	Norma Umar	Rg. Tamu	0.8	0.6	35.4	34.6	79	2.2	TN
		Rg. Kel.		0.3		33.4	67	0.7	TN
		KT		0.3		33.4	65	0.5	TN
8	Nyoku Kaluku	Rg. Tamu	0.9	0.4	34.6	34.5	76	1.8	TN
		Rg. Kel.		0.2		34.4	76	1.8	TN
		KT		0.1		33.5	73	1.3	TN
9	Linda R. Kono	Rg. Tamu	0.5	0.4	34.0	33.2	76	1.5	TN
		Rg. Kel.		0.1		33.1	77	1.6	TN
		KT		0.1		33.2	74	1.3	TN
10	Imam Moito	Rg. Tamu	0.8	0.4	34.3	33.2	76	1.5	TN
		Rg. Kel.		0.1		33.2	76	1.5	TN
		KT		0.1		33.1	70	0.9	TN
11	Sumiati Bahaja	Rg. Tamu	0.9	0.4	34.0	33.3	73	1.3	TN
		Rg. Kel.		0.3		33.3	74	1.4	TN
		KT		0.1		33.3	74	1.4	TN
12	Ranto Nento	Rg. Tamu	1.5	1.0	35.4	34.5	74	1.7	TN
		Rg. Kel.		0.9		34.5	74	1.7	TN
		KT		0.6		33.5	73	1.3	TN

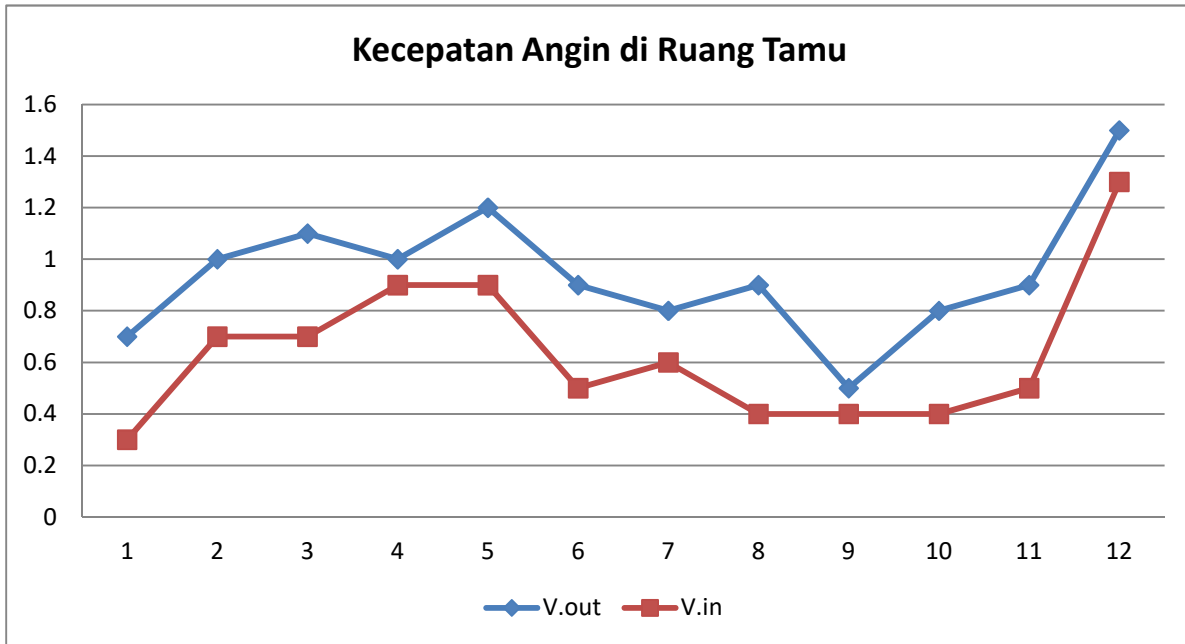
Keterangan:

N = Nyaman

TN = Tidak Nyaman

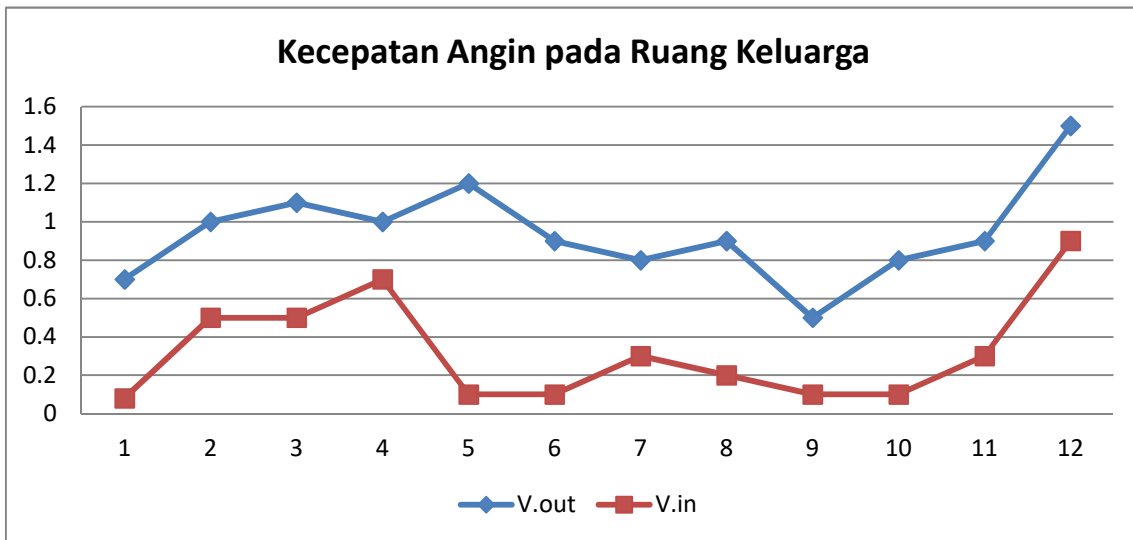
Kecepatan Angin di luar dan di dalam Bangunan

Kondisi kecepatan angin di dalam bangunan juga dipengaruhi oleh kecepatan angin dan kondisi di luar bangunan. Pada pukul 10.00 kecepatan angin di luar bangunan sebesar 0.7m/s-1.5m/s, sementara yang masuk ke dalam bangunan pada ruang tamu yang merupakan area *windward* (arah datang angin) kecepatan angin sebesar 0.3 m/s – 1.0m/s. Hal ini berarti kecepatan angin dari luar yang masuk ke dalam bangunan tereduksi sebesar 44%. Besarnya nilai kecepatan angin yang tereduksi disebabkan oleh keberadaan penghalang berupa bangunan (rumah di sebelah) yang tegak lurus dengan arah datang angin, sehingga prinsip pergerakan angin yang *inertia* menyebabkan energi kinetik angin terserap oleh bangunan tersebut yang menyebabkan kecepatan angin menurun (Boutet, 1987).



Gambar 2. Hasil Kecepatan Angin di luar dan di dalam ruang tamu
sumber : Analisis Peneliti

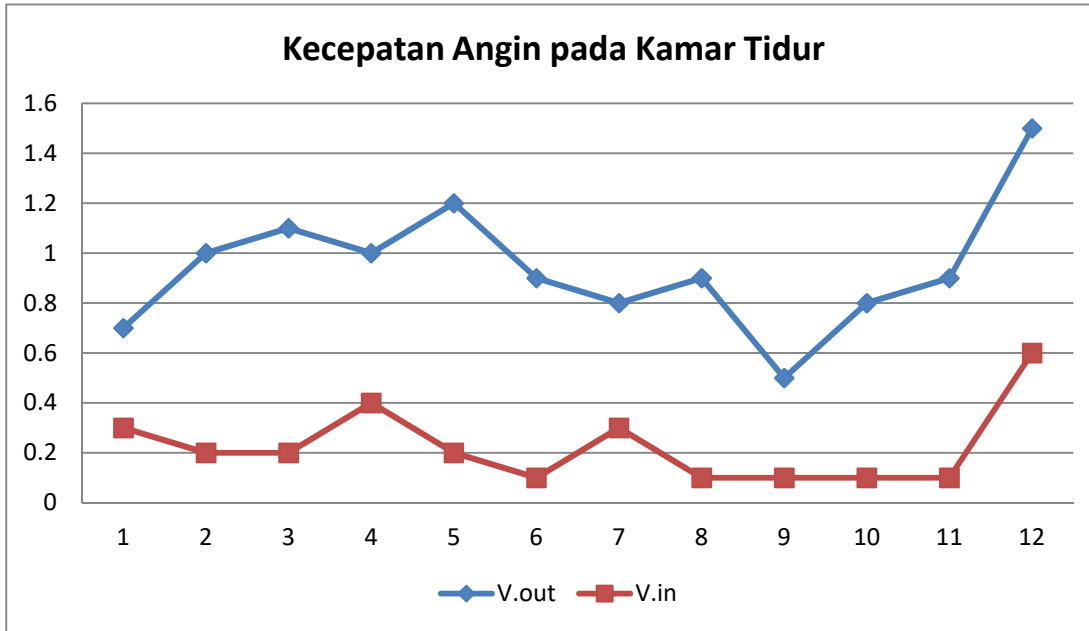
Sementara kecepatan angin yang ada di ruang keluarga (gambar 3) dan ruang tamu (gambar 4) menunjukkan hal yang sama dimana terjadi reduksi kecepatan angin. Kecepatan angin yang ada diluar bangunan sebesar 0.7m/s-1.5m/s, sedangkan kecepatan angin yang masuk ke dalam bangunan sebesar 0.3m/s-0.6m/s, artinya besaran reduksi kecepatan angin sebesar 56%.



Gambar.3 Hasil Kecepatan Angin di luar dan di dalam ruang keluarga

Ketidakmerataan nilai rata-rata kecepatan angin di dalam ruang tamu dan ruang keluarga serta kamar tidur disebabkan perbedaan tekanan yang terjadi akibat adanya penghalang berupa dinding partisi diantara ruang. Keberadaan dinding partisi tersebut menciptakan gesekan yang

menjadikan kecepatan angin berkurang (Boutet, 1987). Selain itu partisi membelokkan angin sehingga terdapat zona yang tidak dilalui aliran angin (Givoni, 1976).



Gambar 4. Hasil Kecepatan Angin di luar dan di dalam kamar tidur

Kutipan dan Acuan

1. Penghawaan Alami

Penghawaan alami merupakan proses penyediaan dan menghapus udara melalui ruang dalam ruang tanpa menggunakan sistem mekanik. Didefinisikan oleh Koenigsberger dkk, (1973) penghawaan alami dan pergerakan udara dapat menjadi pengontrol kenyamanan bagi manusia karena tidak bergantung pada pasokan energi dan instalasi mekanis. Hal tersebut juga ditegaskan oleh McMullan, (2007) bahwa penghawaan alami dalam bangunan adalah proses pergantian udara dalam ruang atau diberbagai ruang dalam dari bangunan. Proses ini harus berlangsung terus menerus dengan pergantian udara yang bersumber dari udara bersih. Berdasarkan definisi diatas, penghawaan alami dapat digunakan sebagai strategi pendinginan pasif yang dapat memanfaatkan potensi angin yang ada di lingkungan, sehingga meminimalkan penggunaan energi mekanis yang memerlukan energi listrik. Allard (1998:3) mengemukakan bahwa penghawaan alami merupakan strategi yang tepat dalam mencapai kualitas udara di dalam ruang, karena menjadi hal utama dalam memasukkan udara segar ke dalam ruang untuk mengurangi tingkat polusi di dalam ruang.

2. Pendinginan Fisiologis

Pendinginan fisiologis (manusia) Pendinginan fisiologis terkait dengan kenyamanan yang dirasakan oleh manusia. Secara termal, kondisi dikatakan nyaman bila terjadi keseimbangan termal artinya manusia tidak merasakan panas atau dingin pada suatu lingkungan. Kenyamanan termal setiap orang berbeda, yang menjadi tolok ukur dalam kenyamanan termal meliputi temperatur udara, kelembaban dan kecepatan angin. Faktor lain yaitu jenis kelamin, usia, jenis pakaian, jenis aktifitas dan karakteristik manusianya. Karyono (1995), dalam penelitiannya tentang kenyamanan termal di Indonesia, mengemukakan bahwa rentang suhu nyaman yang dirasakan yaitu antara 24.9°C sampai dengan 28.0°C. Ansley (1977) dalam teorinya

mengemukakan pada daerah yang memiliki iklim tropis, baik tropis kering maupun tropis lembab, yang mempengaruhi kenyamanan termal adalah temperatur udara kering (*dry bulb temperature*), kelembaban dan kecepatan angin. Dengan meningkatkan kecepatan pergerakan angin di sekitar tubuh, dapat menjadi penghapus panas konvektif tubuh terhadap udara panas di sekitar. Pada iklim tropis lembab dengan kondisi suhu udara yang tinggi dan kelembaban yang tinggi, mengupayakan kecepatan angin dilakukan untuk membantu mempercepat penguapan pada permukaan kulit, agar dirasakan dingin disekitar tubuh (*cooling sensation*). Hal ini dapat pula diartikan bahwa suhu yang tinggi dapat dirasakan nyaman bila kecepatan angin memadai. Penelitian yang dilakukan oleh Sangkertadi (2006), dengan menggunakan indeks DISC (indeks mengukur kebasahan dan debit keringat) kecepatan angin yang nyaman untuk suhu antara 27°C - 28°C dengan kelembaban 70% kecepatan angin yang dirasakan nyaman yaitu sekitar 0.7-1.3 m/dt. Untuk kelembaban udara 90% kecepatan angin yang nyaman adalah 1 - 1.3m/dt sedangkan suhu diatas 28°C dengan kecepatan angin dan kelembaban yang sama dirasakan tidak nyaman.

3. Kenyamanan Termal Iklim Tropis Lembab

Kenyamanan Termal Iklim Tropis Lembab Kenyamanan termal dipengaruhi oleh beberapa faktor objektif, diantaranya temperatur udara, temperatur radiasi, kecepatan udara dan kelembaban udara (Soegijanto, 1999). Selain itu juga terdapat faktor-faktor subjektif atau individual yang mempengaruhi kenyamanan termal, diantaranya pakaian yang dipakai, aklimatisasi atau penyesuaian terhadap iklim, aktifitas, umur, kondisi tubuh dan kesehatan, serta makanan dan minuman yang dikonsumsi. Untuk menilai kenyamanan termal sebelumnya dibutuhkan pemahaman terhadap temperatur efektif. Tabel 1 menunjukkan temperatur efektif (TE) yang didefinisikan sebagai temperatur dari udara jenuh dalam keadaan diam atau mendekati diam (lebih kecil atau sama dengan 0,1 m/detik), yang dalam hal ini tidak ada radiasi panas sehingga memberikan perasaan kenyamanan termal yang sama dengan kondisi udara yang dimaksud (Soegijanto, 1999).

Tabel 1. Skala Temperatur Efektif

Temperatur (oC)	Kelembaban (%)	Kecepatan udara (m/s)
27	100	≤ 0,1
29	70	0,2
31	40	0,4
32	30	0,6
33	27	1,0

Skala temperatur efektif ini memadukan tiga variabel yaitu temperatur, kelembaban dan kecepatan udara yang ditambah dengan pengaruh radiasi panas sehingga disebut temperatur efektif dikoreksi. Tabel 1 contoh kondisi temperatur efektif (TE) Temperatur (oC) Kelembaban (%) Kecepatan udara (m/s) 27 100 0,1 29 700,2 31 40 0,4 32 30 0,6 33 27 1,0 Sumber: Soegijanto, (1999).

Pemahaman terhadap temperatur efektif dikoreksi memberikan suatu penegasan bahwa pergerakan udara juga mempengaruhi penciptaan kondisi kenyamanan termal. Tabel 1 juga menunjukkan hubungan antara temperatur dan kecepatan udara, semakin tinggi temperatur udara maka dibutuhkan kecepatan udara yang lebih cepat. Berdasarkan kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan kondisi temperatur dan kelembaban udara tertentu maka dibutuhkan penyesuaian terhadap besaran kecepatan udara. Oleh karena itu, untuk mendapatkan kecepatan udara yang sesuai dengan kebutuhan kondisi elemen iklim lainnya (temperatur dan kelembaban), maka MacFarlane dalam Ansley (1977) merekomendasikan formula untuk perhitungan kebutuhan kecepatan udara minimum didasarkan pada temperatur dan kelembaban pada kondisi tertentu.

$$WSc = 0,15 (DBT - 27,2 + 0,56 (RH-60)/10)$$

dengan:

WSc = kecepatan angin yang dibutuhkan (m/s)

DBT = temperatur rata-rata (oC)

RH = kelembaban udara (%)

Perhitungan tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengetahui kebutuhan kecepatan minimum pada kondisi tertentu (pada nilai temperatur dan kelembaban relatif tertentu).

4. Bukaian

Luas bukaian dalam hal ini terkait dengan area yang memiliki tekanan positif dan tekanan negatif dalam mengalirkan udara ke dalam bangunan. Luas bukaian memberikan pengaruh terhadap kinerja distribusi aliran udara di dalam bangunan. Dalam bangunan distribusi udara internal sebagian besar ditentukan oleh total luas bukaian di dinding (Lechner, 2007).

Chenvidyakarn (2007) mengemukakan bahwa ukuran dan bentuk bukaian merupakan faktor penting yang menentukan aliran udara dalam bangunan. Untuk bangunan dengan bukaian dinding yang berlawanan, kecepatan angin dalam ruangan dapat meningkat jika arah angin membentuk sudut ke inlet. Tingkat aliran udara yang lebih besar juga bisa dicapai ketika outlet lebih besar dari pada bukaian inlet. Namun sebaliknya, kecepatan udara yang lebih merata di seluruh ruang ketika outlet lebih kecil dari pada inlet, hal ini karena energi kinetik angin diubah menjadi tekanan statis di sekitar bagian bawah bukaian, (Busato, 2003: Boutet, 1987). Senada dengan Allard (1998:209), mengemukakan bahwa bukaian yang berfungsi sebagai outlet harus memiliki ukuran yang sama atau lebih besar daripada bukaian yang berfungsi sebagai inlet untuk menghindari kecepatan udara yang terlalu berlebihan.

D. PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan penelitian lapangan, didapatkan kesimpulan yang berhubungan dengan optimalisasi *cross ventilation* terkait pengaruhnya terhadap penyediaan alami di dalam ruang yaitu:

- Nilai kecepatan angin yang tertinggi, berada pada titik yang dekat dengan bukaian yang tegak lurus dengan arah datang angin dan semakin berkurang seiring dengan semakin jauhnya jarak

titik ukur terhadap bukaan. Hal ini dipengaruhi oleh arah dan kecepatan angin di luar bangunan, dimana pada arah datang angin dominan, jarak antar bangunan dengan bukaan terlalu sempit sehingga mengurangi kecepatan angin yang mencapai dinding inlet.

- Rata-rata nilai kecepatan angin yang dihasilkan melalui bukaan sebesar 0.3 m/s – 1.0m/s pada ruang tamu dan pada ruang keluarga dan kamar tidur berkisar antara 0.3m/s-0.6m/s
- Berdasarkan perhitungan *wind support comfort*, nilai kecepatan angin pada bangunan masih diambang tidak nyaman. Hal ini disebabkan nilai temperatur dan kelembaban udara tinggi sedangkan nilai kecepatan angin rendah.
- Kondisi kecepatan angin pada permukiman nelayan ini sekaligus menjawab pertanyaan penelitian, bahwa kondisi di dalam rumah pada siang hari tidak nyaman. Oleh karena itu *cross ventilation* belum optimal.

Saran

Perlu diadakan penelitian yang lebih lanjut mengenai kinerja *cross ventilation* dengan melakukan eksperimen yakni memberikan perlakuan terhadap bukaan untuk melihat apakah dengan menambahkan prosentase *window to wall ratio* dapat meningkatkan kecepatan angin di dalam ruang. Selain penambahan prosentase WWR, perlakuan dapat juga dilakukan dengan mengubah perletakan dan pola konfigurasi bukaan, sehingga diketahui perlakuan yang paling efektif dalam meningkatkan kecepatan angin yang dapat mendinginkan fisiologis penghuni.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Ichsan Gorontalo yang telah memberikan hibah penelitian kompetitif internal tahun 2020.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Allard, F. (1998), *Natural Ventilation Building-A Design Handbook*, James and James Science Publishers, London
- Ansley, Melbourne and Vickery, (1977) *Architectural Aerodynamics*, Applied Science Publishers LTD, London.
- Busato, L. (2003). *Passive Cooling and Energy Efficient Strategies for The Design of a Hotel on The Southern Coast of Pernambuco*
- Boutet, T.S. (1987), *Controlling Air Movement, Manual for Architect and Building*, McGraw-Hill, United State of America
- Koenigsberger, O.H, dkk. (1973), *Manual of Tropical Housing and Building, Part One : Climatic Design*, Longman Group Limited, London.
- Moore (1993), *Environmental Control System Heating cooling, lighting*, McDraw Hill International Edition, Singapore.
- Sangkertadi, (1999), *Mengevaluasi Penghawaan Alami Sebuah Rumah Tropis Dua Lantai Dengan Menggunakan Teknik Simulasi Numerik Dimensi Teknik Arsitektur Vol. 27, No. 1, Juli 1999 : 56 – 63*