

KENYAMANAN TERMAL DAN ADAPTASI PERANCANGAN BANGUNAN DI KOTA BALIKPAPAN

Atik Adinda^{1*)}, Reny Rachmawati²⁾, Abdul Mattin³⁾

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Balikpapan

Jalan Pupuk Raya. Gunung Bahagia, Kota Balikpapan

^{*)}Email: atik_adinda@uniba-bpn.ac.id

ABSTRAK

Suhu permukaan bumi mengalami perubahan disebabkan adanya problem perubahan iklim. Suhu udara dapat mempengaruhi tingkat kenyamanan manusia dalam melakukan kegiatan sehari-hari. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kenyamanan termal kota Balikpapan berdasarkan faktor-faktor temperatur udara, kelembapan udara dan kecepatan angin yang diambil dari data selama sepekan. Alat analisis pada penelitian ini adalah menggunakan Predicted Mean Vote (PMV method) untuk menilai level skala kenyamanan termal berdasarkan American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) Standard 55-66. Penelitian ini menemukan bahwa berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa pada pukul 00;00 berstatus Cold dengan skor (-3), pada pukul Cold Skor (-3), pada pukul 12;00 slightly warm skor(1), dan pada pukul 18;00 neutral skor (0). Hal ini diperlukan perancangan arsitektur melalui pendekatan kenyamanan termal yang mampu meningkatkan adaptasi bangunan di kota Balikpapan sesuai dengan tingkat kenyamanan masyarakat.

Kata kunci: kenyamanan termal, ASHRAE, temperatur udara.

THERMAL COMFORT AND BUILDING DESIGN ADAPTATION IN BALIKPAPAN CITY

ABSTRACT

The temperature of the earth's surface is changing due to the problem of climate change. Air temperature can affect the level of human comfort in carrying out daily activities. This study aims to assess the thermal comfort of the city of Balikpapan based on the factors of air temperature, humidity and wind speed taken from data for a week. The analytical tool in this study is to use the Predicted Mean Vote (PMV method) to assess the level of the thermal comfort scale based on the American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) Standard 55-66. 00.00 is Cold with a score (-3), at Cold Score (-3), at 12.00 slightly warm score (1), and at 18.00 a neutral score (0). This requires architectural design through a thermal comfort approach that is able to increase the adaptation of buildings in the city of Balikpapan according to the comfort level of the community.

Keywords: thermal comfort, ASHRAE, air temperature.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki wilayah yang didominasi oleh iklim tropis lembab yang meliputi seluruh wilayah kepulauan Indonesia. Hal ini memerlukan adaptasi bagi masyarakat dalam periode-periode iklim tertentu.

Iklim tropis memiliki ciri-ciri karakteristik, contohnya adalah karakteristik kelembaban udara yang tinggi, kelembapan ini mampu mencapai angka di atas 90%, kemudian suhu udara juga relatif tinggi, berada diantara 15 hingga 35°C, karakteristik radiasi matahari juga dinilai mampu menyengat dan mengganggu aktivitas manusia, kemudian karakteristik curah hujan tinggi hingga mencapai angka di atas 3000 mm/tahun (Handoko & Ikaputra, 2019).

Faktor-faktor perubahan iklim yang bersifat mendadak sangat berpengaruh sangat besar terhadap aspek kenyamanan fisik manusia terutama aspek kenyamanan termal (*termis*). (Harso Karyono, 2010) Suhu Nyaman Manusia Tropis ditentukan dari aspek 'kenyamanan termal' hal ini mendominasi kehidupan manusia dalam rangka berinteraksi dengan lingkungan fisiknya.

(Paramita et al., 2018) kenyamanan termal sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan aktivitas manusia sehari-hari, hal ini dinilai dapat membatasi kinerja tubuh dalam merespons sensor perasa pada kulit terhadap udara di sekitarnya. Suhu tubuh yang baik mampu memberikan tingkat kenyamanan untuk beraktivitas di dalam dan luar ruangan. Agar mampu mempertahankan suhu tubuh 37°C, karena angka ini merupakan angka dimana organ dalam tubuh dapat menjalankan fungsinya secara baik.

Kota tepi air memiliki kekurangan dalam hal kenyamanan termal, karena temperatur udara sangat tinggi dekat air. Perubahan temperatur udara tiba-tiba juga sering terjadi di kota-kota ini. Faktor aktivitas masyarakat tidak selalu menjadi hal dominan dalam perancangan bangunannya, sehingga perlu diketahui skala kenyamanan termal kota terlebih dahulu.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi temperatur udara, kecepatan angin dan kelembapan udara untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal di kota Balikpapan. Penelitian ini dianggap penting dan memiliki nilai urgensi karena isu perubahan iklim telah berada di depan mata dan dialami.

TINJAUAN PUSTAKA

Kenyamanan termal

Kenyamanan dapat dikategorikan menjadi kenyamanan fisik dan kenyamanan psikis. Kenyamanan psikis merupakan tingkat kenyamanan yang didasarkan pada perasaan masing-masing individu dan lebih condong pada kondisi pikiran individu dalam menunjukkan tingkat kepuasan terhadap keadaan lingkungannya. Kenyamanan fisik ini meliputi kenyamanan spasial (ruang), kenyamanan visual, kenyamanan termal dan kenyamanan akustika.

Variabel Kenyamanan Termal

Menurut *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) Standard 55-66*, bahwa kenyamanan termal bagi individu merupakan sebuah

reaksi yang mengekspresikan kepuasan terhadap termal ruang. Setiap individu memiliki standar yang berbeda-beda dalam menanggapi termal.

Terdapat faktor-faktor fisik yang berpengaruh pada kenyamanan lingkungan termal, antara lain; Temperatur udara (*air temperature*), temperatur radian (*mean radiant temperature*), kecepatan udara relatif (*relative air velocity*), kelembapan udara relatif (*vapour pressure in ambient air*).

Selain faktor-faktor lingkungan, terdapat juga faktor lain yang memengaruhi kenyamanan yaitu; tingkat metabolisme (aktivitas masyarakat) dan tingkat insulasi pakaian (pakaian yang digunakan). Selain itu, terdapat acuan internasional yang digunakan yaitu ASHRAE 55 (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*), ISO 7730 (*International Organization for Standardization*).

Tolok ukur ASHRAE 55 merujuk pada lingkungan hunian dan ISO 7730 yang kemudian dijabarkan dengan PMV (*Predicted Mean Vote*) dan PPD (*Percentage of People Dissatisfied*).

Tabel1. Skala Kenyamanan ASHRAE dan ISO

ASHRAE (PMV) Scale/ISO 7730	
Numerical Scale	Feeling Note
-3	Cold
-2	Cool
-1	Slightly cool
0	Neutral/Comfort
1	Slightly Warm
2	Warm
3	Hot

Sumber: (ASHRAE, 2004)

Suhu Nyaman Masyarakat Indonesia

Menurut (Direktorat Jenderal Energi Baru, 2012) suhu nyaman untuk orang Indonesia dibagi menjadi 3 level kenyamanan yaitu ; Sejuk Nyaman antara 20,5 - 22,8°C ET (suhu efektif) , Suhu Nyaman Optimal antara 22,8 -25,8°C ET, Hangat Nyaman antara 25,8 - 27,1°C ET.

(Karyono & Karyono, 1996) kota-kota besar di Indonesia seperti Jakarta angka suhu nyaman optimal terlihat pada suhu netral 25,3°C_{Teq} (suhu ekuivalen). Kemudian rentang suhu nyaman, yakni antara ‘sejuk nyaman’ hingga ‘hangat nyaman’ berada di antara 23,6 hingga 27,0 °C _{Teq}. Tingkat kenyamanan di tiap-tiap wilayah perkotaan tentu berbeda-beda dari wilayah iklim sub tropis.

METODE PENELITIAN

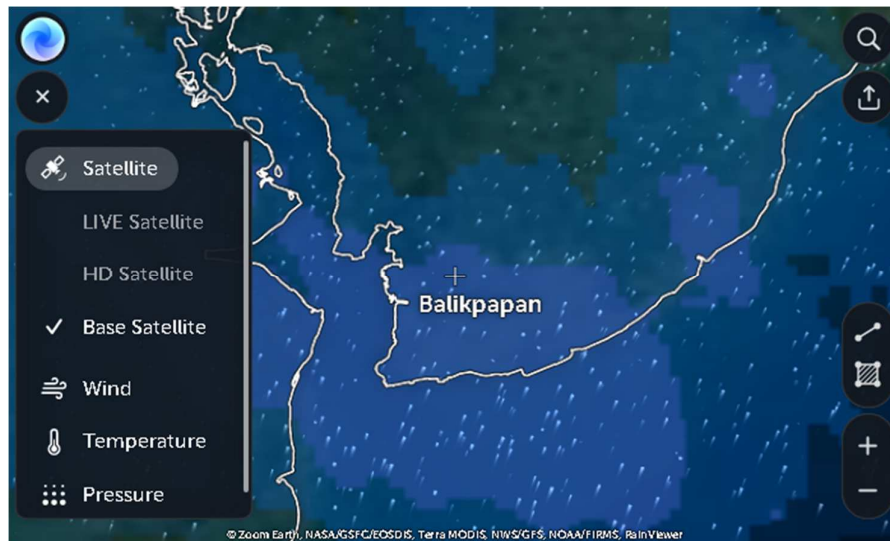
Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di kota Balikpapan, Kalimantan timur. Kota Balikpapan terletak Secara geografis Kota Balikpapan terletak pada posisi 116,5 Bujur Timur dan 117,0° Bujur

Timur serta di antara 1,0°Lintang Selatan dan 1,5°Lintang Selatan dengan batas-batas sebagai berikut : Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Kutai Kertanegara. Sebelah Selatan berbatasan dengan Selat Makassar. Sebelah Timur berbatasan dengan Selat Makassar. Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Penajam Paser Utara.

Pengumpul data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data hasil kutipan dari *website* <https://zoom.earth/maps/base/#view=-1.225358,116.846418,11z/date=2022-07-30,18:00,+8/overlays=heat,fires,wind,crosshair> yang memiliki nilai kecepatan angin, temperatur udara dan kelembapan udara yang tercatat secara periode dalam kurun hitungan waktu. Data dari *website* ini dianggap oleh peneliti sangat penting karena mampu mengetahui Riwayat variabel penelitian ini selama kurun waktu 7 hari dari tanggal 24 Juli 2022 hingga 30 Juli 2022.



Gambar 1 Tangkapan Layar Website zoom.earth

Alat analisis

Penelitian ini menggunakan CBE *thermal comfort tool* sebagai alat analisis hasil dari variabel kelembapan udara, kecepatan angin dan temperatur udara. Perangkat lunak ini bisa diakses pada link <https://comfort.cbe.berkeley.edu>.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa Temperatur

Temperatur udara merupakan panas atau dinginnya suatu udara. Satuan temperatur udara terdiri dari *Celsius Reamur*, *Fahrenheit*, dan *Kelvin*. Penyebab utama terjadinya perbedaan temperatur udara adalah perbedaan intensitas radiasi panas matahari yang diterima.

Tabel 1 Temperatur Udara Rata-Rata Kota Balikpapan (°C)

24 Juli	25 Juli	26 Juli	27 Juli	28 Juli	29 Juli	30 Juli	Rata-rata
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	-----------

05;00	24°	26	24	24	24	25	25	24,57143
12;00	28	29	29	27	29	27	28	28,14286
18;00	27	26	27	27	27	27	26	26,71429
00;00	26	25	25	25	25	25	25	25,14286

Sumber : Peneliti 2022

Hasil Analisa Kecepatan angin

merupakan kecepatan aliran udara yang bergerak secara mendatar dan horizontal pada ketinggian di atas tanah. Karakteristik permukaan yang dilalui menjadi faktor yang mempengaruhi kecepatan angin. Jika udara dalam ruang tertutup tidak bergerak maka akan menyebabkan penggunanya merasa kaku maupun berkeringat. Kecepatan udara berubah sepanjang waktu.

Tabel 2 Kecepatan Angin Rata-Rata Kota Balikpapan (Km/jam)

	24 juli	25 juli	26 juli	27 juli	28 juli	29 juli	30 juli	Rata-rata
05;00	11	16	10	10	9	12	11	11,28571
12;00	20	16	14	9	15	12	12	14
18;00	21	17	13	14	12	10	13	14,28571
00;00	14	16	11	10	8	9	6	10,57143

Sumber : Peneliti 2022

Hasil Analisa Kelembapan Udara

Kelembapan udara di sebuah tempat akan mempengaruhi terjadinya perpindahan panas dari dan menuju tubuh. Lingkungan dengan kelembapan yang tinggi akan mencegah terjadinya penguapan keringat dari kulit. Sementara itu lingkungan yang panas menyebabkan keringat yang menguap sedikit karena kelembapan tinggi.

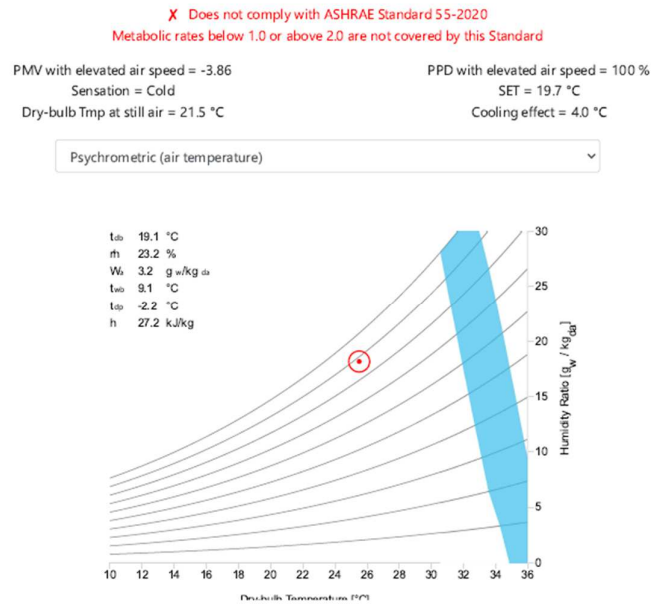
Tabel 3 kelembapan udara Rata-Rata Kota Balikpapan (%)

	24 juli	25 juli	26 juli	27 juli	28 juli	29 juli	30 juli	Rata-rata
05;00	89%	82%	91%	94%	92%	91%	92%	90%
12;00	75%	70%	72%	83%	71%	84%	80%	76%
18;00	75%	84%	81%	83%	82%	88%	89%	83%
00;00	88%	77%	88%	90%	91%	90%	90%	88%

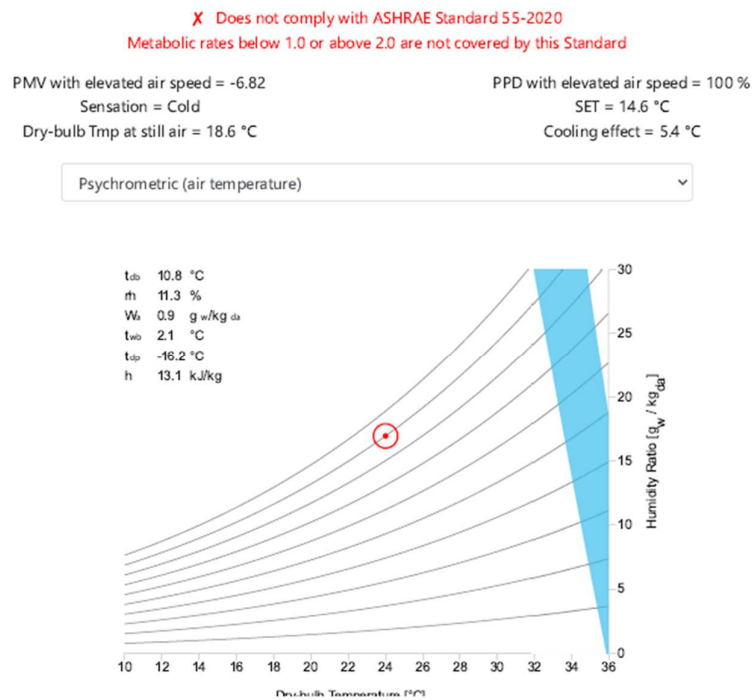
Sumber : Peneliti 2022.

Hasil Analisa PWV

Penelitian dilanjutkan dengan memasukkan parameter rata-rata yang di *input* ke dalam aplikasi *PWV Method*. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa pada pukul 00;00 berstatus *Cold*/dingin dengan skor (-3), pada pukul *Cold* Skor (-3), pada pukul 12;00 *slightly warm* skor(1), dan pada pukul 18;00 *neutral* skor (0). Hasil analisis dijabarkan pada gambar gambar di bawah ini.



Gambar 2 Hasil Analisis PMV Method Pada Parameter Rata rata Pukul 00:00

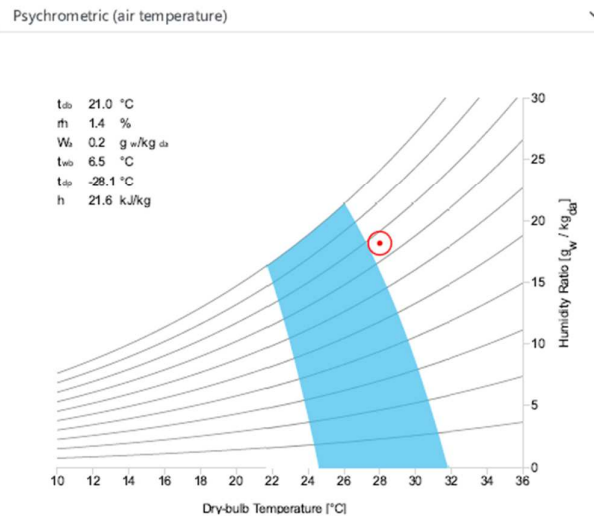


Gambar 3 Hasil Analisis PMV Method Pada Parameter Rata rata Pukul 05:00

X Does not comply with ASHRAE Standard 55-2020

PMV with elevated air speed = 0.60
Sensation = Slightly Warm
Relative air speed = 4.01 m/s
Dry-bulb Tmp at still air = 21.7 °C

PPD with elevated air speed = 13 %
SET = 31.3 °C
Dynamic clothing = 0.80 clo
Cooling effect = 6.3 °C

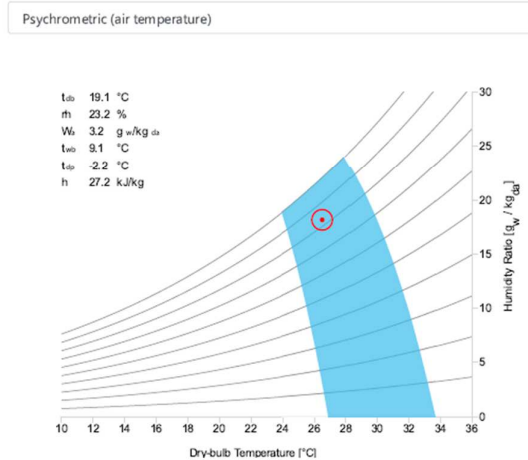


Gambar 4 Hasil Analisis PMV Method Pada Parameter Rata rata Pukul 12:00

✓ Complies with ASHRAE Standard 55-2020

PMV with elevated air speed = -0.04
Sensation = Neutral
Relative air speed = 4.01 m/s
Dry-bulb Tmp at still air = 19.5 °C

PPD with elevated air speed = 5 %
SET = 27.2 °C
Dynamic clothing = 0.62 clo
Cooling effect = 7.0 °C



Gambar 5 Hasil Analisis PMV Method Pada Parameter Rata rata Pukul 18:00

Strategi Pencapaian Suhu Nyaman pada Kota Balikpapan

Pada tahapan ini, penelitian dilanjutkan dengan melakukan kajian literatur terdahulu yang membahas tentang pendekatan perancangan bangunan pada perkotaan yang mampu menurunkan dan membuat kota Balikpapan menjadi kota dengan kenyamanan termal semaksimal mungkin.

Pada periode pukul 12;00 hingga 18;00 kondisi kenyamanan termal berdasarkan analisis *PMV Method* kota Balikpapan dianggap kurang nyaman, yaitu *slightly warm*. Masalah yang harus dipecahkan di wilayah iklim tropis seperti ini adalah bagaimana menciptakan suhu luar ruang agar berada di bawah 24,3°C, yakni batas atas untuk sensasi hangat nyaman, ketika suhu udara luar siang hari berkisar 28°C.

Secara sederhana ada dua strategi pencapaian suhu nyaman di dalam bangunan, yaitu ;

- Penggunaan pengkondisian udara mekanis,
- Penggunaan pengkondisian udara secara alamiah.

Penggunaan mesin pengkondisian udara mekanis, AC, dapat memudahkan pencapaian suhu ruang di bawah 28,3°C. Penggunaan AC dinilai mampu mengecilkan peran arsitek dalam perancangan, karena nilai-nilai filosofis dalam perancangan bangunan dan kawasan tidak diterapkan dengan tepat (Dwijayanto, n.d.)

Tabel 4 Pendekatan Perancangan Arsitektur Melalui Pendekatan Kenyamanan Termal

No.	Variabel	Tujuan	Pendekatan Rancangan
1	pohon sebagai media pelindung bangunan	• Membatasi radiasi matahari langsung kepada bangunan. • Penggunaan material keras seperti halnya atap, dinding, halaman parkir atau halaman yang ditutup penghijauan.	Menurut (Diwari & Setijanti, 2016) penurunan suhu hingga 3°C dapat dicapai dengan cara penanaman pohon untuk pelindung di sekitar bangunan.
2	Radiasi matahari yang diminimalkan (<i>heat gain</i>) (Handoko & Ikaputra, 2019)	• menghalangi radiasi matahari mengenai secara langsung pada dinding-dinding transparan, karena menimbulkan efek rumah kaca, dan menaikkan suhu dalam bangunan..	•Merancang dinding lapis (berongga) yang diberi ventilasi vertikal pada rongganya. (<i>second façade</i>) •Merancang penempatan ruang - ruang service (tangga, toilet, pantry, gudang, dsb.) pada bagian bangunan yang mendapatkan radiasi matahari langsung. (Noviani Rahmadiyah et al., 2019)
3	Memaksimalkan pelepasan panas dalam bangunan. (Hajar Kusuma Cahyaningrum et al., 2017)	• Memungkinkan terjadinya aliran udara silang secara maksimum di dalam bangunan. • Menciptakan arah aliran udara sangat berpengaruh dalam menciptakan ‘efek dingin’ pada tubuh manusia, sehingga sangat membantu pencapaian kenyamanan termal.	•Merancang sistem ventilasi pada ruang antara atap dan langit -langit (pada bangunan rendah) agar tidak terjadi akumulasi panas pada ruang tersebut. •Merancang ventilasi atap ini sangat berarti untuk pencapaian suhu ruang yang rendah di bawahnya.
4	Pendinginan malam hari (Maharani & Prianto, 2021)	• Penggunaan simulasi komputer untuk menilai efek pendinginan malam hari (<i>night passive cooling</i>) pada bangunan.	•<i>Cambridge Architectural research Limited</i> memperlihatkan bahwa penurunan suhu hingga 3oC (pada siang hari) dapat dicapai pada bangunan yang menggunakan material dengan massa berat (beton, bata) •Perbedaan suhu siang dan malam di kota-kota di Indonesia umumnya

			berkisar sekitar 10°C, ini dapat menurunkan temperatur bangunan.
5	Rancangan Kota Tropis dengan karakter iklim setempat(Megawati & Akromusyuhada, 2019)	• Mengantisipasi kebutuhan manusia terhadap kenyamanan fisik, terutama kenyamanan termal di luar ruangan. • Suhu udara, radiasi matahari, serta kelembaban yang tinggi perlu di atasi karena tidak diharapkan bagi pencapaian kenyamanan termal manusia tropis. (Suwarno & Ikaputra, 2020)	•Meningkatkan ruang terbuka yang hijau untuk menurunkan suhu kota dan sekaligus meningkatkan aliran udara, di mana kecepatan angin di wilayah kota tropis lembab umumnya rendah. •Merancang susunan massa bangunan berbentuk grid dan pengaturan tingginya agar udara dapat bergerak di antara bangunan. •Merancang penempatan massa-massa bangunan secara lebar untuk memperbesar peluang terjadinya aliran udara secara silang di dalam bangunan. •Merancang ruas-ruas jalan yang didominasi oleh perkerasan bahan aspal dan beton perlu dilindungi dari radiasi matahari langsung dengan penanaman pohon sepanjang tepi jalan. •Penempatan halaman-halaman parkir perlu diberi perlindungan peneduh alami seperti pohon rindang..

sumber ; Peneliti 2022.

Menurut (L M F Purwanto et al., 2006) dalam kenyamanan termal, penurunan temperatur udara perkotaan akan mampu mereduksi panas dan mampu membuat perkotaan menjadi layak huni. Dengan demikian perancangan bangunan dan perkotaan yang tepat sesuai dengan lingkungannya akan memberikan kontribusi positif bagi pengaruh kenyamanan di kota Balikpapan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil kajian menunjukkan tingkat kenyamanan *outdoor* kota Balikpapan berada di Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa pada pukul 00;00 berstatus *Cold*/dingin dengan skor (-3), pada pukul *Cold* Skor (-3), pada pukul 12;00 *slightly warm* skor(1), dan pada pukul 18;00 *neutral* skor (0). Hal ini diperlukan pendekatan perancangan bangunan pada tiap-tiap sudut bangunan melalui peletakan penghijauan buatan, peletakan ventilasi udara hingga kebutuhan *cross ventilation* yang disesuaikan.

Pendekatan perancangan arsitektur melalui pendekatan kenyamanan termal dinilai mampu untuk meningkatkan adaptasi rancangan bangunan di kota Balikpapan sesuai dengan tingkat kenyamanan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE. (2004). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*.
www.ashrae.org
- Direktorat Jenderal Energi Baru, T. dan K. E. K. E. dan Su. D. M. (2012). *Buku Pedoman Energi Efisiensi Untuk Desain Bangunan Gedung di Indonesia*. Kementrian Energi dan SUMber Daya Mineral Indoensia.
<https://simebtke.esdm.go.id/sinergi/page/content/47/buku-pedoman-energi-efisiensi-untuk-desain-bangunan-gedung-di-indonesia>
- Diwari, F. D. B., & Setijanti, P. (2016). Pendekatan Arsitektur Bioklimatik Pada Bangunan Pesisir. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 5(2).
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v5i2.18832>
- Dwijayanto, D. (n.d.). *KENYAMANAN TERMAL DALAM ARSITEKTUR TROPIS*.
- Hajar Kusuma Cahyaningrum, Haryati, & Rachmad Nugroho. (2017). Implementasi Prinsip Desain Arsitektur Bioklimatik Pada Bangunan Perpustakaan Di Klaten. *Arsitekura*, 15(2). <https://doi.org/10.20961/arst.v15i2.12580>
- Handoko, J. P. S., & Ikaputra, I. (2019). Prinsip Desain Arsitektur Bioklimatik Pada Iklim Tropis. *Langkau Betang : Jurnal Arsitektur*, 6(2).
<https://doi.org/10.26418/lantang.v6i2.34791>
- Harso Karyono, T. (2010). *Kenyamanan Termal dan Penghematan Energi : Teori dan Realisasi Dalam Desain Arsitektur*.
https://digilib.bppt.go.id/sampul/IP_89B_13_0333.pdf
- Karyono, T. H., & Karyono, T. H. (1996). Thermal comfort in the tropical south east asia region. *Architectural Science Review*, 39(3), 135–139.
<https://doi.org/10.1080/00038628.1996.9696808>
- L M F Purwanto, Hermawan, & Ridawan Sanjaya. (2006). Pengaruh Bentuk Atap Bangunan Tradisional di Jawa Tengah Untuk Peningkatan Kenyamanan Termal Bangunan. *Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur*, 34(2), 154–160.
<https://dimensi.petra.ac.id/index.php/ars/article/view/16548/16540>
- Maharani, M. R., & Prianto, E. (2021). Penerapan Prinsip Bioklimatik Pada Bangunan Rumah Tinggal. *Jurnal Arsitektur Kolaborasi*, 1(2).
<https://doi.org/10.54325/kolaborasi.v1i2.10>
- Megawati, L. A., & Akromusyuhada, A. (2019). Pendekatan Arsitektur Bioklimatik Pada Konsep Bangunan Sekolah Hemat Energy. *Arsitektura*, 17(1).
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.20961/arst.v17i1.24376>
- Paramita, B., Fukuda, H., Khidmat, R. P., & Matzarakis, A. (2018). Building configuration of low-cost apartments in Bandung-its contribution to the microclimate and outdoor thermal comfort. *Buildings*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/buildings8090123>
- Noviani Rahmadiyah, Popi Puspitasari, & Khotijah Lahji. (2019). Arsitektur Bioklimatik dan Kearifan Lokal (Studi Kasus: Desain Pusat Riset dan Teknologi Energi Terbarukan di Bali). *Prosiding Seminar Intelektual Muda*.
<https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/index.php/sim/article/download/6632/5021/19550>

Suwarno, N., & Ikaputra. (2020). ARSITEKTUR BIOKLIMATIK Usaha Arsitek Membantu Keseimbangan Alam dengan Unsur Buatan. *Jurnal Arsitektur Komposisi*, 13(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.24002/jars.v13i2.3400>