



# Studi Pendinginan Pasif untuk Peningkatan Kenyamanan Ruang di Gedung Kantor Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman Kabupaten Minahasa Selatan

Noldy J Dingo<sup>1</sup>, Jeffrey Kindangen<sup>2</sup>, Pierre Gosal<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Sam Ratulangi Kota Manado, Sulawesi Utara, Indonesia

Email Korespondensi: [noldyjach.dingo@gmail.com](mailto:noldyjach.dingo@gmail.com)

**Abstrak-** Salah satu strategi yang dapat membantu menurunkan temperatur dalam ruang dengan tanpa menggunakan pemakaian daya listrik atau pemanfaatan alat-alat mekanik lainnya adalah strategi pendinginan pasif yang dalam penerapannya memanfaatkan energi alam sebagai salah satu solusi mengatasi dampak kenaikan suhu rata-rata bumi yang diakibatkan pemanasan global maupun *heat island*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pendinginan pasif terhadap optimasi kenyamanan, mengidentifikasi aspek-aspek yang mempengaruhi kenyamanan termal pada bangunan serta menghasilkan rekomendasi bagi bangunan. Penelitian ini menggunakan strategi kuantitatif dengan pendekatan metode komparatif dalam penelitian, dimana estimasi dilakukan dengan mengkontraskan dua objek eksplorasi, yaitu Tempat Usaha Penginapan dan Permukiman Minahasa Selatan dan Bangunan Rumah Makan yang digunakan sebagai korelasi dimana diperkirakan bahwa metode pendinginan pasif telah diterapkan sehingga meyakinkan informasi untuk ditangani. Melalui hasil penelitian, diketahui bahwa bangunan yang menerapkan Strategi Pendinginan Pasif melalui Pendinginan Ruang Luar dengan penerapan vegetasi hardscape dan soft scape sebesar  $\geq 40\%$  dari luas tapak dan penggunaan material yang memiliki nilai koefisien refleksi matahari / albedo minimal 0,3 serta di kombinasikan dengan penerapan strategi pendinginan pasif dengan menggunakan ventilasi natural dengan bukaan minimal 20% dari luas bangunan dengan kondisi tanpa terhalang, benar menunjukkan bahwa nilai kualitatif klimatisnya lebih baik.

**Kata Kunci :** Pendinginan Pasif, Kenyamanan Termal, Kantor Perumahan dan Permukiman

**Abstract-** One strategy that can help reduce indoor temperature without the use of electric power or the use of other mechanical devices is a passive cooling strategy which in its application utilizes natural energy as a solution to overcoming the impact of increasing the earth's average temperature caused by global warming and heat islands. This study aims to analyze the effect of passive cooling on comfort optimization, identify aspects that affect thermal comfort in buildings and produce recommendations for buildings. This study uses a quantitative strategy with a comparative method approach in research, where estimation is carried out by contrasting two exploration objects, namely South Minahasa Inns and Residential Businesses and Restaurant Buildings which are used as correlations where it is estimated that passive cooling methods have been applied so as to ensure that information is handled. Through the research results, it is known that buildings that apply Passive Cooling Strategy through Outdoor Cooling with the application of hardscape and soft scape vegetation of  $\geq 40\%$  of the site area and the use of materials that have a minimum sun reflection coefficient / albedo value of 0.3 and in combination with the application Passive cooling strategy using natural ventilation with openings of at least 20% of the building area with unobstructed conditions really shows that the qualitative climatic value is better.

**Keywords-** Passive Cooling, Thermal Comfort, Housing and Settlement office building

## I. PENDAHULUAN

Pada dekade ini isu tentang konsumsi energi pada sektor bangunan merupakan pokok bahasan yang sangat penting, mengingat hal ini sangat berhubungan dengan efek pemanasan global yang berdampak pada kenaikan suhu rata-rata bumi serta pemakaian energi untuk sistem pengkondisian udara yang akan terus naik secara signifikan. Untuk itu, penghematan energi dalam sektor bangunan melalui perbaikan performa termal merupakan langkah penting yang harus segera diterapkan dalam menghadapi krisis energi serta usaha untuk mengendalikan dampak lingkungan. Berdasarkan peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.29 tahun 2006, dua hal yang menjadi pokok penting yaitu temperature dan kelembaban udara di dalam ruangan [1],[17]. Untuk konteks Indonesia, salah satu strategi berpotensi untuk

dikembangkan dalam rangka meningkatkan kenyamanan termal penghuni yang sekaligus menekan serendah mungkin konsumsi energi bangunan adalah pemanfaatan teknik pendinginan pasif (*passive cooling techniques*). Teknik pendinginan pasif pada bangunan bertujuan untuk mengontrol kondisi udara interior dan mengoptimalkan proses pembuangan panas yang tidak diinginkan ke lingkungan secara pasif dalam rangka menjaga suhu dan kelembaban udara agar tetap berada pada limit nyaman yang disarankan [2]. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis pengaruh pendinginan pasif terhadap optimasi kenyamanan, mengidentifikasi aspek-aspek apa saja yang mempengaruhi kenyamanan termal serta menghasilkan rekomendasi desain pada gedung Perumahan dan Permukiman Kabupaten Minahasa Selatan.



Pendingin pasif (*passive cooling*) dapat diartikan sebagai proses untuk mendinginkan ruangan tanpa pemakaian daya listrik atau pemanfaatan alat-alat mekanikal lainnya. *Passive cooling* adalah pendekatan desain yang berfokuskan pada pengendalian peningkatan panas dan pembuangan panas di sebuah gedung atau ruang dalam rangka meningkatkan kenyamanan termal dengan menggunakan konsumsi energi yang rendah bahkan nihil [10]. Pendekatan ini bekerja baik dengan mencegah panas dari luar bangunan masuk (*heat gain prevention*) atau dengan mengurangi panas dari dalam bangunan (*natural cooling*). Pendinginan alam menggunakan *on site energy*, tersedia dari lingkungan alam, dikombinasikan dengan desain arsitektur komponen bangunan (misalnya selubung bangunan). Oleh karena itu, pendinginan alami tergantung tidak hanya pada desain bangunan, tapi melainkan menggunakan sumber daya lokal sebagai *heat sink* (Lechner, 2000). Namun dalam penerapan di iklim tropis lembab, tidak semua strategi pendinginan pasif ini cocok atau dapat diterapkan sebab ada beberapa Teknik pendinginan yang hanya cocok diterapkan di iklim Tropis Kering. Dalam pembahasan ini digunakan dua teknik pendinginan pasif, yaitu Teknik Pendinginan pasif dengan Ruang Luar (*cooling of outdoor spaces*) menggunakan vegetasi rumput dan pepohonan untuk menjaga kualitas iklim mikro diluar ruang, serta Teknik pendinginan pasif dengan Ventilasi Kenyamanan (*Confort Ventilation*) untuk menjaga iklim mikro yang baik di dalam ruang [10].

Kenyamanan termal merupakan proses yang melibatkan proses fisik fisiologis dan psikologis. Kenyamanan termal adalah kondisi piker seseorang yang mengekspresikan kepuasan dirinya terhadap lingkungan termalnya (Szokolay, 1973) [19]. Kenyamanan termal merupakan suatu keadaan yang berhubungan dengan alam yang dapat mempengaruhi manusia dan dapat dikendalikan oleh arsitektur (Snyder, 1989). Sementara itu, menurut McIntyre (1980), manusia dikatakan nyaman secara termal ketika ia tidak merasa perlu untuk meningkatkan ataupun menurunkan suhu dalam ruangan. Olgay (1963) mendefinisikan zona kenyamanan sebagai suatu zona dimana manusia dapat mereduksi tenaga yang harus dikeluarkan dari tubuh dalam mengadaptasikan dirinya terhadap lingkungan sekitarnya. Menurut Auliciems dan Szokolay (2007), kenyamanan dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni temperatur udara, pergerakan angin, kelembaban udara, radiasi, faktor subyektif, seperti metabolisme,

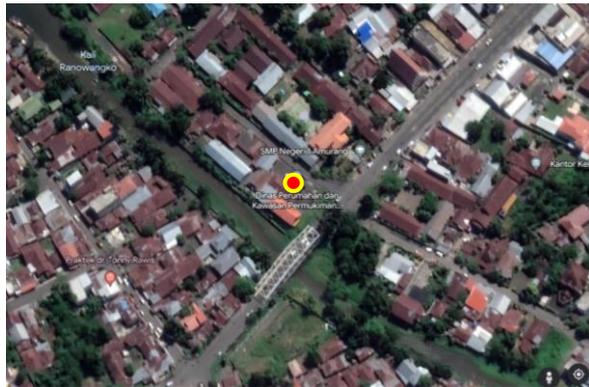
pakaian, makanan dan minuman, bentuk tubuh, serta usia dan jenis kelamin [3]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh pendinginan pasif terhadap optimasi kenyamanan, mengidentifikasi aspek aspek yang mempengaruhi kenyamanan termal pada bangunan serta menghasilkan rekomendasi bagi bangunan

## II. METODE PENELITIAN

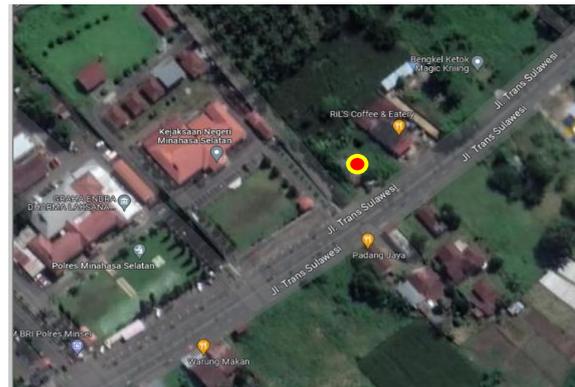
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif [4], dengan pendekatan penelitian komparatif dimana penelitian dilakukan dengan membandingkan keberadaan satu variabel atau lebih pada dua atau lebih sampel yang berbeda. Pada pelaksanaannya dilakukan pengukuran di lapangan dengan membandingkan dua objek penelitian yakni bangunan Kantor Perumahan dan Permukiman Kabupaten Minahasa Selatan dengan sampel lain yang similar dimana objek pembandingan di ketahui telah menerapkan pendinginan pasif secara spontan sehingga mendapatkan data yang akan diolah. Pada saat observasi metode yang digunakan berupa pengukuran, pengamatan mendapatkan hasil ukur yang nantinya akan dianalisa baik tingkat kenyamanan, penggunaan material, pengaruh presentasi *hardscape* dan *softscape* terhadap reflektivitas albedo material yang terdiri atas material atap, dinding, lantai pada ruang dalam maupun pada ruang luar sampel penelitian. Dalam pelaksanaannya, penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 9 Juni 2023 dengan cuaca baik dan cerah pada jam 10.00 Wita sampai pada jam 16.00 Wita.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, selain objek penelitian utama yang diketahui adalah Kantor Perumahan dan Permukiman kabupaten Minahasa Selatan (Sampel A) yang diduga belum mengoptimalkan strategi pendinginan pasif, peneliti juga mengambil satu objek lain yang di ketahui adalah Rumah Makan (Sampel B) yang diduga telah menerapkan strategi pendinginan pasif. Adapun objek tersebut merupakan objek yang similar atau mirip dengan sampel A dalam hal penggunaan material, bentuk Bangunan, luas bangunan, model atap yang mana pada observasi awal terdapat fenomena bahwa dengan bentuk, material, posisi bangunan yang sama /similar tetapi kedua sampel memiliki perbedaan temperatur ruangan yang cukup jauh sehingga dapat menjadi acuan untuk bangunan yang mengoptimalkan pendinginan pasif.



Lokasi Sampel A

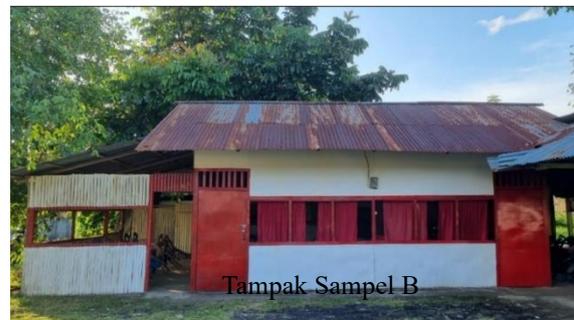


Lokasi Sampel B

Gambar 1 Peta Citra Lokasi Penelitian  
Sumber : Google Earth 2023



Tampak Sampel A



Tampak Sampel B

Gambar 2 Tampak Bangunan Sampel A dan Sampel B  
Sumber : dokumentasi Peneliti

Gedung Kantor Perumahan dan Permukiman adalah sampel utama yang akan diidentifikasi dimana luas lantai bangunan 210 m<sup>2</sup> dan terdiri atas Ruang Kantor, Ruang Administrasi, Ruang Kepala Bidang dan Ruang Kepala Dinas, Gudang dan toilet. Sampel ini memiliki tinggi bangunan 3.30 m dari permukaan tanah, dengan tinggi lantai sampai plafond 3 m, dan berorientasi mengarah ke arah barat laut – tenggara, dengan lingkungan sekitar yang padat, dekat jembatan baja, dan minim ruang terbuka hijau. material utama pada atap menggunakan penutup atas seng dengan rangka kayu, dilengkapi dengan ventilasi atap, dinding dengan material kayu tebal 3cm dengan finishing cat warna putih, Memiliki Jendela kayu dan panel kaca dengan bukaan 90 x110 cm dan tanpa memiliki ventilasi diatas pintu dan jendela.

Bangunan Sampel B adalah sampel lainnya dimana dalam observasi awal di lihat telah menerapkan

strategi pendinginan pasif secara sederhana. Bangunan ini memiliki luas lantai bangunan 120 m<sup>2</sup> dan terdiri atas ruang Saji / etalase makanan, ruang makan , ruang masak , Kasir dan wc. Sampel ini memiliki tinggi bangunan 3 m dari permukaan tanah , dengan tinggi lantai sampai plafond 2.8 m, dan berorientasi mengarah ke arah timur laut – barat daya . dengan kepadatan Lingkungan Sekitar yang jarang, dan Ruang Terbuka Hijau yang cukup baik . Memiliki Jendela yang terbuka lebar dengan bukaan memanjang searah dinding yaitu 90 x 500 cm dan hanya terdapat ram besi sebagai penghalang, tanpa kayu dan tanpa kaca. Ruang luar di depan objek didominasi oleh rumput dan bagian samping kanan dan kiri di didominasi oleh rumput dan pepohonan.

### Hasil Pengukuran Temperatur dalam Ruang Sampel A dan Sampel B

Tabel 1 Hasil Pengukuran temperature dalam ruang Sampel A dan Sampel B

SAMPSEL	JAM	HEAT STRESS WBGT METER					AIR FLOW ANEMOMETER	
		WBGT (C°)	TA (C°)	RH (%)	TG (C°)	WET (C°)	DEW (C°)	M/S
	10.00	27.2	33.1	62.4	33.9	27.3	25.0	0.01



A	11.00	28.7	34.6	55.8	35.0	27.1	24.6	0.7
	12.00	30.1	35.2	54.6	35.4	27.4	25.2	0.7
	13.00	30.3	35.6	58.8	35.6	35.8	25.4	0.2
	14.00	30.1	35.3	60.8	35.1	28.0	25.6	0.3
	15.00	30.2	35.1	58.2	35.2	24.4	25.8	0.08
	16.00	30.0	33.7	62.8	35.8	27.8	25.6	0.01
B	10.00	27.2	33.1	62.4	33.9	27.3	25.0	0.01
	11.00	28.7	34.6	55.8	35.0	27.1	24.6	0.7
	12.00	30.1	35.2	54.6	35.4	27.4	25.2	0.7
	13.00	30.3	35.6	58.8	35.6	35.8	25.4	0.2
	14.00	30.1	35.3	60.8	35.1	28.0	25.6	0.3
	15.00	30.2	35.1	58.2	35.2	24.4	25.8	0.08
16.00	30.0	33.7	62.8	35.8	27.8	25.6	0.01	

Berdasarkan hasil perbandingan pengukuran pada sampel A dan sampel B diketahui bahwa secara umum keduanya belum memenuhi standar suhu nyaman SNI 1993 yaitu pada 25.8 °C – 27.1 °C, namun suhu pada Sampel B dinilai mendekati standard hangat nyaman ambang atas yaitu pada suhu 31 °C. Dengan

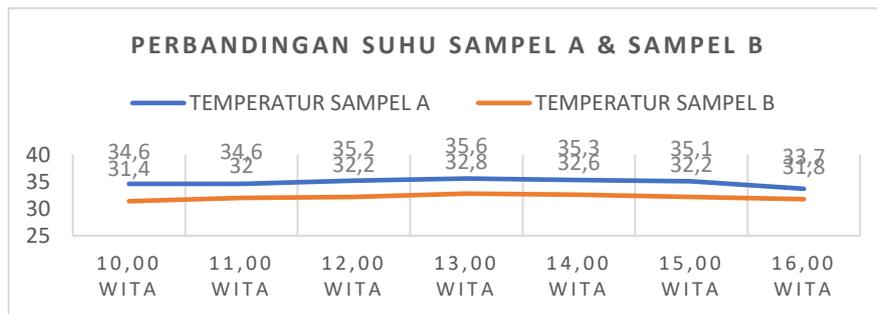
angin yang bergerak lancar dengan sensasi sejuk, dapat menciptakan efek kenyamanan termis secara fisiologis (*physiological cooling*) dimana sensasi sejuk / nyaman yang dirasakan manusia karena hembusan angin yang mengenai kulitnya (Satwiko, 2009).

Tabel 2 Hasil Pengukuran Suhu Luar Ruang Sampel A dan Sampel B

Sampel	Jam	INFRARED THERMOMETER					Suhu Ruang Luar	Kecepatan Angin	
		Jam	Dinding luar	Dinding dalam	Kaca Luar	Kaca Dalam			Jalan/Perkerasan
A	10.00	36.6 °C	36.5 °C	40.1 °C	36.6 °C	↑ 50 °C	39.6 °C	34.6 °C	0.01
	11.00	38.2 °C	36.7 °C	40.2 °C	37.1 °C	↑ 50 °C	40.5 °C	35.0 °C	0.82
	12.00	38.4 °C	37.2 °C	43.4 °C	43.2 °C	↑ 50 °C	45.5 °C	37.6 °C	0.81
	13.00	39.5 °C	38.3 °C	43.7 °C	43.4 °C	↑ 50 °C	46.6 °C	37.8 °C	0.34
	14.00	37.8 °C	37.0 °C	39.1 °C	37.8 °C	↑ 50 °C	41.5 °C	35.2 °C	0.42
	15.00	36.7 °C	36.6 °C	37.2 °C	36.9 °C	↑ 50 °C	36.3 °C	34.1 °C	0.12
16.00	36.6 °C	36.5 °C	36.4 °C	36.5 °C	↑ 50 °C	34.5 °C	33.7 °C	0.01	
B	10.00	35.3 °C	35.2 °C			41.3 °C	34.2 °C	31.8 °C	1.02
	11.00	36.3 °C	36.2 °C			42.9 °C	37.6 °C	32.5 °C	1.42
	12.00	36.3 °C	36.2 °C			38.2 °C	36.4 °C	33.1 °C	1.20
	13.00	36.3 °C	36.2 °C			38.7 °C	36.3 °C	33.4 °C	1.35
	14.00	36.2 °C	36.2 °C			38.1 °C	36.1 °C	32.3 °C	0.42
	15.00	36.1 °C	36.0 °C			36.8.3 °C	34.6 °C	32.1 °C	1.1
16.00	35.7 °C	35.1 °C			34.4 °C	33.1 °C	31.8 °C	1.42	

Berdasarkan hasil perbandingan temperatur dan kecepatan angin pada ruang luar bangunan sangat jelas terlihat pada sampel A dan sampel B dapat dengan Jelas terlihat bahwa iklim mikro yang terbentuk dari penerapan Strategi Pendinginan Pasif berupa Metode pendinginan ruang luar dengan menerapkan minimal 40% softscape vegetasi pohon dan rerumputan sangat efektif menurunkan suhu ruang luar secara langsung dengan pembayangan pada material penutup tanah dan secara tidak langsung melalui proses evapotranspirasi (pohon melepaskan uap air).

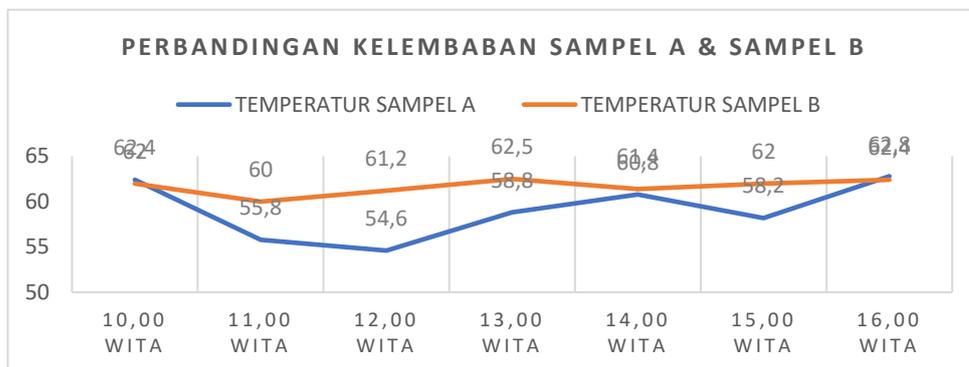
#### Analisis perbandingan hasil pengukuran



Grafik 1 Hasil Perbandingan Suhu Sampel A dan Sampel B

Berdasarkan hasil perbandingan pengukuran pada sampel A yang berlokasi di Kantor Perumahan dan Permukiman Daerah Minahasa Selatan yang belum mengoptimalkan Strategi pendinginan pasif diketahui diperoleh suhu terendah pada jam 16.00 wita yaitu berada pada suhu 33.7 °C, sedangkan Suhu tertinggi berada pada pukul 13.00 wita yaitu suhu berada pada titik tertinggi 35.6 °C dengan sensasi angin yang masuk ke bangunan cenderung hangat bahkan agak panas . Pada sampel B yang sudah mengoptimalkan strategi pendinginan pasif di peroleh data bahwa suhu terendah berada pada jam 10.00 wita yaitu 31.4 °C, sedangkan suhu tertinggi berada pada pukul 13.00 wita yaitu

mencapai 32.8 °C. Walaupun belum memenuhi standar suhu nyaman SNI 1993 yaitu pada 25.8 °C – 27.1 °C , namun suhu pada Sampel B dinilai mendekati standard hangat nyaman ambang atas yaitu pada suhu 31 °C. Untuk suhu rata rata pengukuran pada Sampel A yang berada di Kantor Perumahan dan Permukiman Kabupaten Minahasa Selatan yaitu 34,78 °C . Sedangkan suhu rata rata dari Sampel B yang berlokasi di Rumah Makan samping Kantor Bupati Minahasa Selatan dan telah mengoptimalkan Strategi Pendinginan Pasif adalah sebesar 32.14 °C . Diketahui melalui kedua pengukuran Terdapat selisih temperatur suhu rata rata yang cukup tinggi yaitu 3.64 °C.

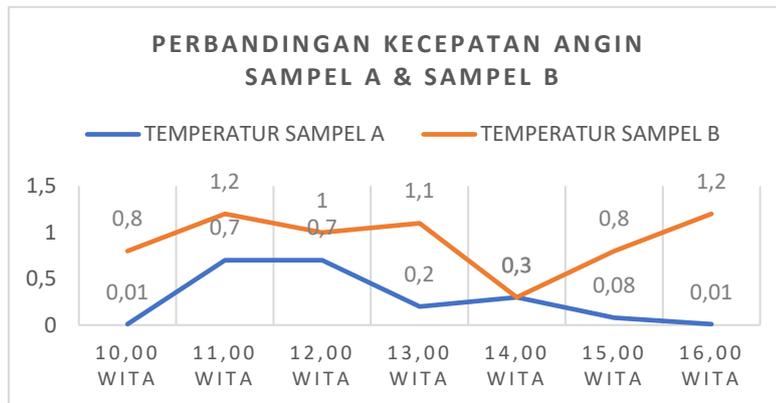


Grafik 2 Hasil Perbandingan Kelembaban Sampel A dan Sampel B

Berdasarkan Hasil pengukuran perbandingan kelembaban sampel A dan B, dapat dilihat kelembaban dalam ruangan dengan keadaan ruangan terbuka, pada jam 10.00 wita di sampel A berada di 62.4 % dan relatif sama dengan yang berada di sampel B pada jam 10 pagi yang berada di 62.%. Sedangkan kelembaban tertinggi pada sampel A berada pada jam 16.00 sore yang berada di 62.8 % dan juga relatif sama dengan kelembaban tertinggi pada sampel B berada di jam 13.00 wita yaitu berada pada 62.5 % . pada pukul 12.00 wita dimana pada sampel A kelembaban berada pada 55.8 % , sedangkan kelembaban pada sampel B berada pada 62.2 % sehingga terdapat perbedaan 6.6 %.

Untuk kelembaban rata- rata pada Sampel A berada pada 59.05 % . Berdasarkan standard kenyamanan dalam SNI 03-6572-2001

merekomendasikan kelembaban udara yang diperbolehkan berkisar pada 40 % - 60%, sehingga pada sampel A memenuhi standar kenyamanan untuk kelembaban. Untuk kelembaban rata rata pada sampel B berada pada 61.6% Berdasarkan standard kenyamanan dalam SNI 03-6572-2001 merekomendasikan kelembaban udara yang diperbolehkan berkisar pada 40 % - 60%, sehingga pada sampel B kurang memenuhi standar kenyamanan untuk kelembaban tetapi masih masuk dalam kondisi nyaman optimal sebab hanya mengalami kenaikan sebesar 1.6 % .

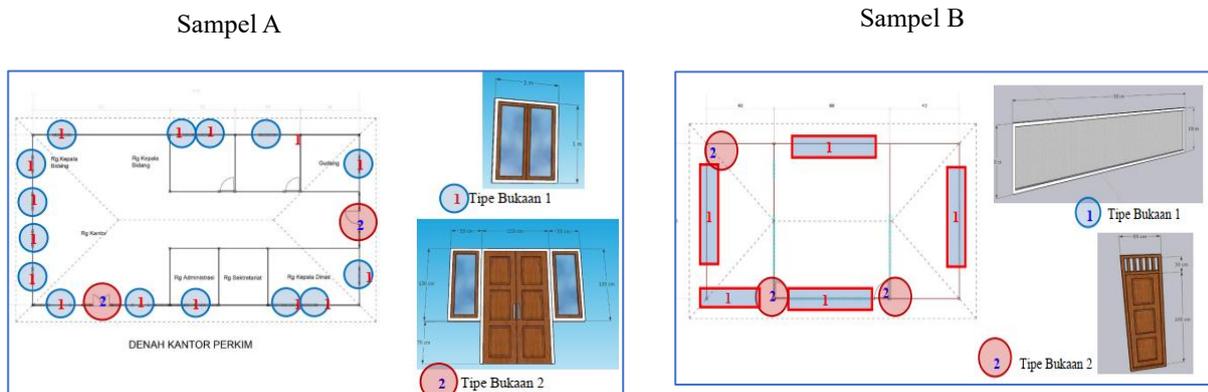


Grafik 3 Hasil Perbandingan Kecepatan Angin Sampel A dan Sampel B

Dari hasil Perbandingan pengukuran Kecepatan Angin pada sampel A dan Sampel B dapat dilihat Kecepatan angin dalam ruangan dengan keadaan jendela terbuka , kecepatan angin pada sampel A awal pengukuran pukul 10.00 Wita, ditemukan udara tidak bergerak atau berada pada 0.01 m/s , sedangkan pergerakan udara pada sampel A tertinggi berada pada pukul 11.00 dan 12.00 wita yaitu sebesar 0.7 m/s secara umum, fenomena yang terdapat pada sampel A diketahui udara yang masuk ke dalam ruangan cukup kecil sebab bangunan terhalang dengan bangunan lainnya Sedangkan pada sampel B dapat dilihat udara bergerak dengan statis dan tanpa terhalang dan justru

terdapat fenomena angin yang berhembus terasa dingin/sejuk disebabkan oleh iklim mikro di sekitar sampel B terasa sejuk disebabkan lahan / ruang luar dipenuhi oleh softscape rerumputan dan hardscape pepohonan yang banyak. Untuk kecepatan udara rata-rata pada Sampel A berada pada 0.28 m/s . dinyatakan memenuhi standard kenyamanan dalam SNI 03-6572-2001. Sedangkan untuk kecepatan udara rata-rata pada Sampel B berada pada 1.04 m/s Berdasarkan standard masih di atas standar kenyamanan (0.15 sampai 0.25 m/s).

**Hasil Perhitungan Luasan Bukaannya Ventilasi Kenyamanan Pada Sampel A**



Gambar 3 Tipe Bukaannya Ventilasi pada Sampel A dan Sampel B  
Sumber : Visualisasi Peneliti

Dari hasil observasi pada sampel A diketahui terdapat 2 jenis bukaan dengan total luas bukaan untuk penghawaan alami pada sampel A adalah :

Tipe Bukaannya 1 berukuran 1 x 1 m = 1 m<sup>2</sup> x 15 buah Jendela = 15m<sup>2</sup>

Tipe Bukaannya 2 Berukuran (0.55 x 1m) x 4 unit + (2.3 x 2 ) x 2 Unit = 2.2 + 9,2 = 11,4m<sup>2</sup>

Maka diketahui Total Bukaannya ventilasi alami pada sampel 1 = 15 m<sup>2</sup> + 11.4 m<sup>2</sup> = 26,4 m<sup>2</sup>

- Kebutuhan Bukaannya Ventilasi Alami = 20% x Total Luas Ruang 20% x 210m<sup>2</sup> = 42 m<sup>2</sup>

dari hasil perhitungan hanya didapatkan luas bukaan sebesar 26m<sup>2</sup>, maka di ketahui Sampel A tidak memenuhi persyaratan kebutuhan bukaan ventilasi



alami / kenyamanan sebesar 20% dari luas ruangan bukaan yang ada pada sampel B dari hasil observasi diketahui terdapat 2 jenis bukaan dengan total luas bukaan untuk penghawaan alami adalah :

Tipe Bukaan 1 berukuran  $0.9 \times 5 \text{ m} = 4.5 \text{ m}^2 \times 5$  buah Jendela = 22.5 m<sup>2</sup>

Tipe Bukaan 2 Berukuran  $(0.85 \times 2 \text{ m}) \times 3 \text{ unit} = 1.7 \times 3 = 5.1 \text{ m}^2$

Maka diketahui Total Bukaan ventilasi alami pada sampel 1 = 22.5 m<sup>2</sup> + 5.1 m<sup>2</sup> = 27,6 m<sup>2</sup>

- Kebutuhan Bukaan Ventilasi Alami = 20% x Total Luas Ruang 20% x 120 m<sup>2</sup> = 24 m<sup>2</sup>

Dari perhitungan kebutuhan Bukaan Ventilasi Alami, maka di ketahui Sampel B memenuhi persyaratan kebutuhan bukaan ventilasi alami / kenyamanan sebesar 20% dari luas ruangan.

**Perbandingan Hasil Perhitungan Luasan Bukaan Ventilasi Kenyamanan**

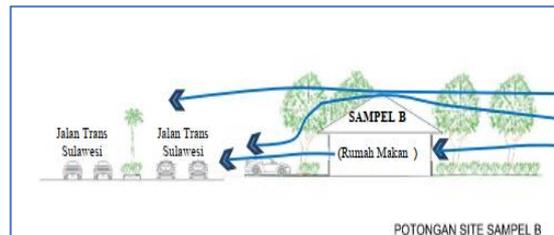
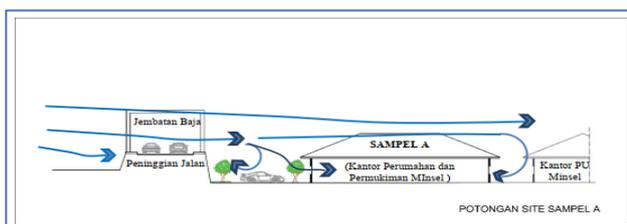
Tabel 3 Hasil Perhitungan luas bukaan ventilasi kenyamanan

Sampel	Material Ventilasi	Luas Bukaan	Total Luas	Tipe Bukaan	Kebutuhan Bukaan Ventilasi (Kontrol)
A	Kayu	1 m x 1 m (x 15 bh)	15 m <sup>2</sup>	Tipe Gantung atas ( <i>casement top hung</i> )	Kebutuhan Bukaan Ventilasi Alami = 20% X Total Luas Ruang 20% X 210 m <sup>2</sup> = <b>42 m<sup>2</sup></b>  Luas Total Bukaan Sampel A = 26.4m <sup>2</sup> Kebutuhan Bukaan 20% = 42 m <sup>2</sup> Dari perhitungan kebutuhan Bukaan Diketahui Sampel A Tidak Memenuhi Kebutuhan bukaan ventilasi Kenyamanan
		0.55 x 1m (x 4 bh)	2.2 m <sup>2</sup>		
		2.3 x 2 m (x 2 Bh)	9.2 m <sup>2</sup>		
	Jumlah		26.4 m		
B	Kayu	0.9 m x 4.5 m (x 5 bh)	22.5 m <sup>2</sup>	Bukaan langsung menggunakan ram besi tanpa Kaca / kayu	Kebutuhan Bukaan Ventilasi Alami = 20% X Total Luas Ruang 20% X 120 m <sup>2</sup> = 24 m <sup>2</sup> Luas Total Bukaan Sampel A = 27.6 m <sup>2</sup> Kebutuhan Bukaan 20% = 24 m <sup>2</sup>  Dari perhitungan kebutuhan Bukaan Diketahui Sampel B Memenuhi Kebutuhan bukaan ventilasi Kenyamanan
		0.85 x 2m (x 3bh)	5.1 m <sup>2</sup>		
	Jumlah		27.6 m		

Dari perbandingan hasil perhitungan luasan bukaan ventilasi sesuai yang dibutuhkan (20% dari Luas Ruangan) diketahui Sampel B mencapai bahkan melebihi kebutuhan bukaan ventilasi kenyamanan , sesuai analisa pengaruh bukaan ventilasi kenyamanan diketahui pada sampel B tidak ditemukan penghalang sehingga aliran udara yang masuk kebangunan,

maksimal. Sedangkan pada sampel A terdapat penghalang (Hal 84) yang menyebabkan aliran /debit air menjadi kecil sehingga mempengaruhi iklim mikro di ruang luar menjadi panas yang otomatis menyebabkan udara yang masuk kedalam bangunan sampel A ikut menjadi panas.

**Faktor yang mempengaruhi Ventilasi Kenyamanan**



Gambar 4 Tipe Bukaan Ventilasi pada Sampel A dan Sampel B  
Sumber : Visualisasi Peneliti

Pada sampel A diketahui terdapat beberapa penghalang langsung berupa Peninggian Jalan setinggi 3.5 m pada Jembatan yang berada pada depan Sampel A yang menyebabkan kecepatan angin menuju objek

menjadi kecil atau kurang lancar. Hal ini mempengaruhi pergantian udara dari luar kedalam dan dari dalam keluar bangunan menjadi sangat rendah di sebabkan tidak terjadinya proses Ventilasi Silang ( Cross



*Ventilation*) yang seharusnya sangat efektif dalam membantu menurunkan temperatur dalam bangunan sehingga tercapai kondisi yang nyaman, selain itu juga terdapat penghalang di bagian belakang yaitu kantor Pekerjaan Umum Kabupaten Minahasa Selatan yang hanya berjarak 4 meter dari belakang objek penelitian sehingga ikut memperburuk kondisi klimatis sebab menghalangi angin / udara segar yang masuk.

Sampel B memiliki kondisi klimatis yang lebih dimana angin dari arah laut bergerak dengan leluasa dan tanpa penghalang dari bangunan lain yang ada disekitar sehingga menyebabkan kecepatan dan debit angin

menuju bangunan tetap stabil dan lancar. Selain itu proses Ventilasi Silang (*Cross Ventilation*) berlangsung dengan sangat baik. Hal ini tentu saja sangat membantu untuk tercapai kondisi yang nyaman, juga terjadi pendinginan ruang luar oleh vegetasi rerumputan dan vegetasi pepohonan yang sangat besar, berfungsi secara langsung sebagai peneduh yang efektif untuk meredam radiasi matahari langsung pada material penutup tanah pada luar bangunan sehingga dapat membantu menurunkan suhu di luar bangunan.

### Perhitungan luasan area landsekap

Tabel 4 Hasil Perhitungan luasan area landsekap

KANTOR PERKIM (SAMPEL A)	
Luas Halaman Depan	= 408 m <sup>2</sup>
Aspal	= 378.5 m <sup>2</sup>
Vegetasi	= 29.5m <sup>2</sup>
Luas Halaman Samping	= 223 m <sup>2</sup>
Aspal	= 193m <sup>2</sup>
Vegetasi	= 30 m <sup>2</sup>
Luas Halaman belakang	= 520 m <sup>2</sup>
Atap Parkir Seng	= 220 m <sup>2</sup>
Atap Plat Beton	= 108 m <sup>2</sup>
Aspal	= 77.6m <sup>2</sup>
Vegetasi	= 114 m <sup>2</sup>
<b>Total luas halaman</b>	<b>= 1.151</b>
Luas Gedung (20x10.5)	= 210 m <sup>2</sup>
Total Luasan	= 1.361 m <sup>2</sup>
Total Luas Lahan Terbuka (halaman depan & belakang)	adalah = 1.151m <sup>2</sup>
yang terdiri dari	173 m <sup>2</sup> softscape dan hardscape 978m <sup>2</sup>
Presentasi Softscape terhadap total lahan terbuka	= $\frac{173}{1.151} \times 100\% = 15\%$
Presentasi Hardscape terhadap total lahan terbuka	= $\frac{978}{1.151} \times 100\% = 85\%$
Grafik Perbandingan Luasan Softscape dan Hardscape Sampel A	
Softscape	= 15 %
Hardscape	= 85 %



Berdasarkan tabel perbandingan area landsekap, dapat dilihat pada Sampel A kantor Perkim luas lahan terbuka adalah = 1.151 m<sup>2</sup>, yang terdiri dari 173 m<sup>2</sup> softscape dan hardscape 978m<sup>2</sup> dimana perbandingan luasan perkerasan adalah 85% sedangkan softscape hanya 15 %, sehingga tidak mencapai nilai 40% dimana sesuai hasil pengukuran ditemukan bahwa nilai softscape 40% sangat mempengaruhi iklim mikro pada ruang luar yang nantinya akan mempengaruhi temperatur dalam bangunan. Diketahui di sampel B Luas lahan terbuka adalah = 1.084m<sup>2</sup> yang terdiri dari 1.055 m<sup>2</sup> softscape dan hardscape 28.5 m<sup>2</sup> Dimana

RUMAH MAKAN (SAMPEL B)	
Luas Halaman Depan	= 313.5 m <sup>2</sup>
Aspal	= 28.5 m <sup>2</sup>
Vegetasi	= 285 m <sup>2</sup>
Luas Halaman Samping	= 160 m <sup>2</sup>
Aspal	= 0 m <sup>2</sup>
Vegetasi	= 160m <sup>2</sup>
Luas Halaman Belakang	= 610 m <sup>2</sup>
Aspal	= 0 m <sup>2</sup>
Vegetasi	= 610 m <sup>2</sup>
<b>Total luas halaman</b>	<b>= 1.084</b>
Luas Gedung (17x10)	= 170 m <sup>2</sup>
Total Luasan	= 1.254 m <sup>2</sup>
Total Luas Lahan Terbuka (halaman depan & belakang)	adl = 1.084m <sup>2</sup>
yang terdiri dari	966 m <sup>2</sup> softscape dan hardscape 118 m <sup>2</sup>
Presentasi Softscape thd total lahan terbuka	= $\frac{782}{1.084} \times 100\% = 72.14\%$
Presentasi Hardscape terhadap total lahan terbuka	= $\frac{302}{1.084} \times 100\% = 27.85\%$
Grafik Perbandingan Luasan Softscape dan Hardscape Sampel B	
Softscape	= 72.14 %
Hardscape	= 27.85 %



perbandingan luasan material perkerasan adalah 28% sedangkan softscape mencapai 72 %, sehingga memenuhi bahkan melampaui nilai 40% dimana sesuai hasil pengukuran ditemukan bahwa nilai softscape 40% sangat mempengaruhi iklim mikro pada ruang luar yang nantinya akan mempengaruhi temperatur dalam bangunan . hal ini sesuai dengan yang sesuai *appropriate site development (ASD)-5 : 1A Greenship GBCI* untuk meningkatkan kualitas iklim mikro yang juga berdampak langsung pada terjadinya proses pendinginan udara yang berada ruang luar.



**Perbandingan Perhitungan Nilai Albedo Material Atap**

Tabel. 5 Hasil Perhitungan luasan area landsekap

Sampel	Material Atap	Luas Area (L)	Warna	$\alpha$	Jumlah
A	Seng Gedung Kantor	22 m x 12.5m = 275	Metalik	0.26 $\sum \alpha \times L$	71.5
	Jumlah	275			71.5
B	Seng Gedung R. Makan	17 m x 10 m = 170	Metalik	0.26 $\sum \alpha \times L$	44.2
	Jumlah	170			44.2

$$\text{Albedo Total} = \frac{\sum(A_n \times L_n)}{\sum L_n} = \frac{71.5}{275} = 0.26$$

$$\text{Albedo Total} = \frac{\sum(A_n \times L_n)}{\sum L_n} = \frac{44.2}{170} = 0.26$$

**Perbandingan Perhitungan Nilai albedo material Atap**

Sampel	Material NonAtap	Luas Area (L)	Warna	$\alpha$	Jumlah
A	Aspal	791.5	Abu abu gelap	0.04 $\sum \alpha \times L$	31.66
	Vegetasi	173.5	Hijau	0.25 $\sum \alpha \times L$	43.37
	Jumlah	965			75.03
B	Aspal	302	Abu abu gelap	0.25 $\sum \alpha \times L$	12.08
	Vegetasi	782	Hijau	0.25 $\sum \alpha \times L$	195.5
	Jumlah	1.084			207.58

$$\text{Albedo Total} = \frac{\sum(A_n \times L_n)}{\sum L_n} = \frac{207.5}{1.084} = 0.07$$

$$\text{Albedo Total} = \frac{\sum(A_n \times L_n)}{\sum L_n} = \frac{207.5}{1.084} = 0.40$$

Dari hasil perhitungan nilai albedo material atap maupun non atap diketahui sampel B yang memiliki nilai 0.40 dimana setelah di analisis diketahui bahwa benar pada area landscape ditemukan bahwa terdapat area vegetasi pepohonan dan rumput diatas 40% , melalui data pengukuran benar ditemukan bahwa nilai albedo tinggi (lebih dari 0.3) secara factual berpengaruh terhadap penurunan suhu pada ruang luar yang cukup signifikan yaitu sebesar 3.6°C, temuan ini sesuai yang di syaratkan / sesuai tolok ukur Greship Appropriate Site Development (ASD ) 6 Point 2 bahwa ketentuannya adalah menggunakan berbagai material

untuk menghindari efek heat island pada area perkerasan non atap sehingga nilai albedo minimum 0,3 sesuai perhitungan, maka diketahui nilai albedo material non atap, tercapai bahkan melebihi dari nilai yang disarankan.



**Perbandingan Nilai Transmitan Material**

Tabel 6 Hasil Perbandingan Nilai Transmitan Material

Sampel A Belum Menerapkan Teknik Pendinginan Pasif	Material	Nilai Transmitan U (W/m <sup>2</sup> ° C)
	Dinding : Kayu	2.14 W/m <sup>2</sup> .K
Atap : Seng Gelombang	3.8 W/m <sup>2</sup> .K	
Plafond : papan tripleks 10 mm pada rangka kayu	5.91 W/m <sup>2</sup> .K	
Lantai : Keramik	2.00 W/m <sup>2</sup> .K	

Sampel B Menerapkan Teknik Pendinginan Pasif	Material	Nilai Transmitan U (W/m <sup>2</sup> ° C)
	Dinding :Kayu	2.14 W/m <sup>2</sup> .K
Plafond : papan tripleks 10 mm	3.8 W/m <sup>2</sup> .K	
Atap : Seng Gelombang pada rangka kayu	5.91 W/m <sup>2</sup> .K	
Lantai Keramik	2.00 W/m <sup>2</sup> .K	

Dari data perbandingan nilai transmitan pada kedua Sampel , seng gelombang memiliki nilai transmitan yang tertinggi yaitu 5.91 W/m<sup>2</sup>.K , selain itu juga diketahui bahwa material yang digunakan

pada sampel A dan sampel b adalah sama atau similar sehingga dapat dikatakan bahwa tingkat penyerapan panas (transmitan) material terhadap radiasi matahari adalah sama.

**Rekapitulasi Hasil Penerapan Teknik Pendinginan Pasif**

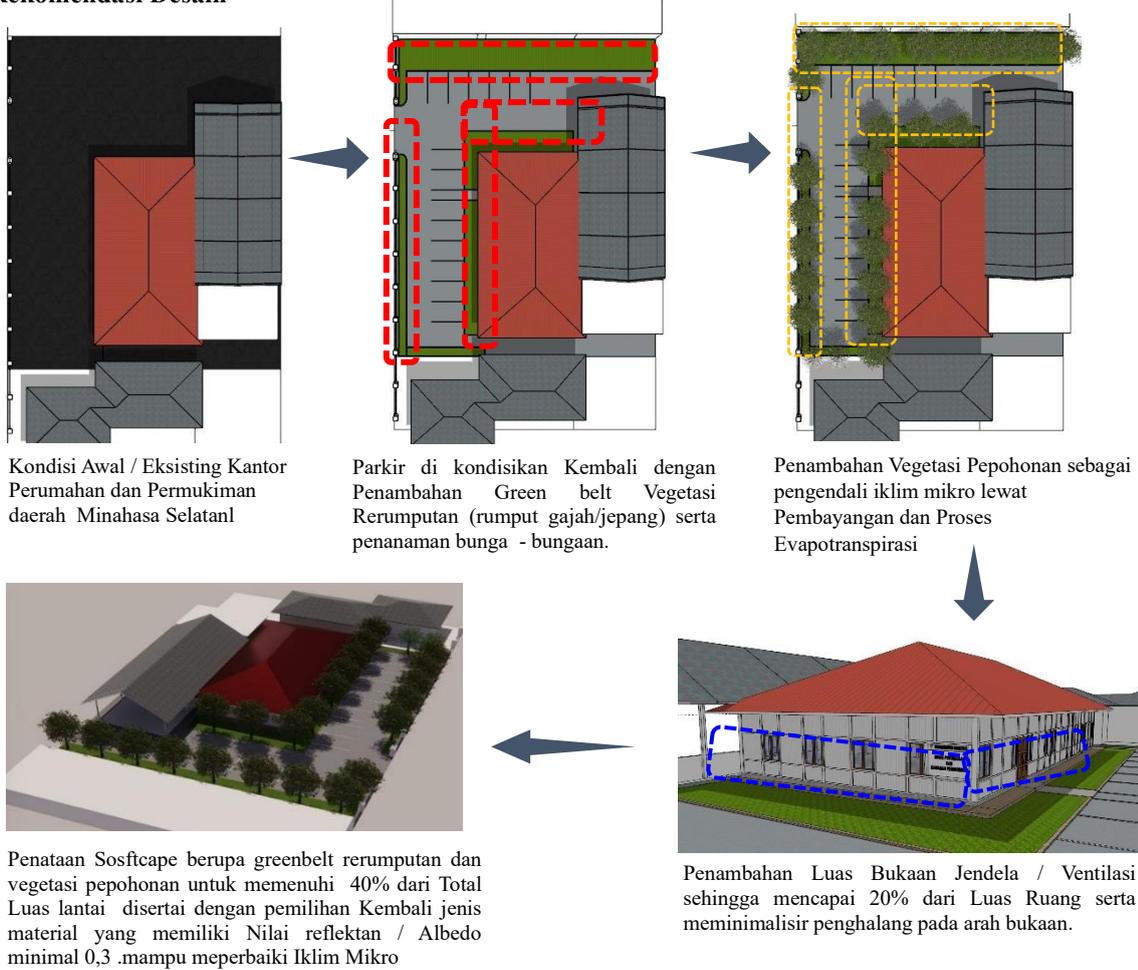
Tabel 7 Hasil Rekapitulasi Penerapan Teknik Pendinginan Pasif

Sampel	Pendinginan Dengan Ruang Luar (Cooling of outdoor spaces)			Ventilasi Kenyamanan ( Comfort ventilation)			Skor Total
	Softscape ≥ 40% dari Total Luas Site	Pemanfaatan Pohon sbg Pembayangan & Evapotranspirasi	Albedo Material atap & Non atap ≥ 0.3	Daerah Bukaannya searah dgn arah angin	Luas Bukaannya 20% dari Luas ruang	Ventilasi Silang berfungsi optimal	
<b>A</b>	Tidak terpenuhi	Tidak Terpenuhi	Tidak Terpenuhi	Tidak Terpenuhi	Tidak Terpenuhi	Tidak Terpenuhi (terdapat penghalang)	Terpenuhi (casement side hung)
Skor	0	0	0	0	0	0	1 (1)
<b>B</b>	Terpenuhi	Terpenuhi	Terpenuhi	Terpenuhi	Terpenuhi	Terpenuhi	Terpenuhi (casement side hung)
Skor	1	1	1	1	1	1	7 (7)

Berdasarkan Skor hasil rekapitulasi penerapan teknik pendinginan pasif untuk peningkatan kenyamanan ruang maka diperoleh hasil skor , Sampel A hanya memiliki 1 point yaitu pada tipe bukaan Pada strategi Pendinginan Pasif Ventilasi Kenyamanan, sedangkan Sampel B memenuhi seluruh kriteria dalam penerapan teknik pendinginan pasif ,sehingga memiliki poin yang jauh lebih baik dari sampel A yaitu memiliki 7 point



**Rekomendasi Desain**





#### IV.KESIMPULAN

Dari hasil penelitian terkait dengan analisis pengaruh pendinginan pasif terhadap optimasi kenyamanan dalam meningkatkan kenyamanan dalam ruang, diketahui bahwa bangunan yang menerapkan Strategi Pendinginan Pasif melalui Pendinginan Ruang Luar dengan penerapan vegetasi hardscape dan soft scape sebesar  $\geq 40\%$  dari luas tapak dan penggunaan material yang memiliki nilai koefisien refleksi matahari / albedo minimal 0,3 serta di kombinasikan dengan penerapan strategi pendinginan pasif dengan penggunaan ventilasi natural dengan bukaan minimal 20% dari luas bangunan dengan kondisi tanpa terhalang, benar menunjukkan bahwa nilai kualitatif iklimnya lebih baik. Aspek - aspek yang mempengaruhi kenyamanan termal pada yaitu; material aspal yang memiliki nilai albedo rendah (0,05), juga tidak tercapainya area landscape yang memiliki luas diatas 40% yang terdiri dari vegetasi pepohonan dan rerumputan yang dapat membantu memperbaiki iklim mikro pada tapak, menyebabkan suhu ruang luar menjadi tinggi yang menyebabkan suhu dalam ruangan menjadi panas sehingga menciptakan kondisi yang tidak nyaman.

Dari hasil penelitian, yang menjadi rekomendasi dalam upaya untuk meningkatkan kenyamanan ruang pada yaitu dengan menata atau mengkondisikan kembali ruang luar dan parkir pada tapak dengan penambahan green belt berupa vegetasi rerumputan dan tanaman perdu, kemudian melalui penambahan vegetasi pepohonan pada bagian depan bangunan dan pada depan tapak sebagai pengendali iklim mikro melalui pembayangan dan proses evapotranspirasi, penambahan luas bukaan jendela / ventilasi sehingga mencapai 20% dari luas ruang serta merekomendasikan material penutup tanah yang memiliki nilai albedo minimal 0.3 sehingga membantu memperbaiki iklim mikro pada tapak.

#### v.DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ashrae Standard 55-2013, (2013) Thermal Environmental Condition For Human Occupancy, ISSN 1041 – 2336 Atlanta.
- [2] Baju Arie Wibawa, (2019) Optimalisasi Bukaan dan Kenyamanan Ruang melalui Analisis OTTV dan SunShading, MODUL Vol.19 No 2 issues period 2019, Universitas PGRI Semarang.
- [3] Cynthia Permata Dewi, (2021) Analisis pengaruh tipe internal shading sebagai strategi pendinginan pasif pada bangunan, Jurnal Bangunan, Vol 26, No 1 Maret 2021 :1-6, Universitas Negeri Malang.
- [4] Creswell, John W, (2010). Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. 4 Edition 342 hal.
- [5] Dewi Pramasari (2015) Konsep desain pasif menggunakan pendinginan pasif, pencahayaan alami dan energi matahari.
- [6] Green Building Council Indonesia, (2013) Greenship rating tools versi 1.2 ringkasan kriteria dan tolok ukur.
- [7] Jeffrey Cook , (2000) maria santos Passive cooling – solar heat technologies
- [8] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2012) Buku Pedoman Energi Efisiensi untuk desain bangunan Gedung di Indonesia, Edisi pertama, Jakarta.
- [9] Kindangen, J.I (2019), Ventilasi Atap , Deepublish Cetakan pertama, Sleman
- [10] Kindangen, J.I (2017), Pendinginan Pasif untuk Arsitektur Tropis Lembab, Deepublish Cetakan Pertama, Sleman
- [11] Kindangen, J. I (1996) Artificial Neural Networks and Naturally Ventilation Building , Building Research and Information, Vol, 24, No 4, p 203-208
- [12] Kindangen, J. I (1997) Window and roof Configurations for Confort Ventilation, Building Research and Information, Vol, 25, No 4, p 215-225
- [13] Maulidina, Thifal Indri Agus Budi Purnomo , (2020) Presentasi Window to wall ratio (WWR) kantor Bank di Jakarta, Vitruvian Jurnal Arsitektur Bangunan & Lingkungan Vol 10. No 1. Oktober 2020, Universitas Trisakti.
- [14] Prasetyo Lilik (2018) Rumah susun di pengok yogyakarta dengan pendekatan pendinginan pasif.
- [15] Prianto Eddy (2002) , Alternatif disain arsitektur daerah tropis lembab dengan pendekatan kenyamanan thermal, Dimensi Teknik arsitektur Vol.30, No 1, Universitas Kristen Petra.
- [16] Remon Lapisa, ( 2017 ) Pemanfaatan Teknik Pendinginan Pasif Untuk Peningkatan Performa Termal Bangunan Resedensial di Indonesia, Seminar Nasional Vokasi dan Teknologi (SEMNASVOTEK), Bali.
- [17] SNI 03-6572-2001 (2001) Tata cara perancangan system ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan Gedung.
- [18] Syarifah Khairunnisa (2014) Studi Pendinginan Pasif dalam Bangunan Pendidikan Bahasa di Kawasan Kampung Inggris, Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Brawij
- [19] Szokolay; 1973; Manual of Tropical Housing and Building; India; Orient Longman