



Kajian Sistem Penghawaan terhadap Kenyamanan Termal pada Rumah Produksi Tenun Bukan Mesin

The Study of Ventilation System for Thermal Comfort in Non-machine Weaving Production House

Astrihasna Shafa*, Gagoek Hardiman, Wahyu Setia Budi

Master Program of Architecture, Faculty of Engineering, Diponegoro University, Semarang

*Corresponding author astrihasnashafa@outlook.com

Article history

Received: 11 July 2022

Accepted: 05 November 2022

Published: 30 April 2023

Abstract

Thermal comfort is essential when designing a building that will serve as a work activities place. A comfortable work environment will increase worker productivity. This study is a form of correction to non-machine weaving production house to obtain an optimal ventilation system for achieving thermal comfort. This research uses quantitative in non-machine weaving production house in Pekalongan. The data collected are thermal measurement data and air intensity in the workspace directly from morning to evening for two days. Measurements using a thermometer, hygrometer, and hot wire anemometer. Measurements were carried out in two conditions to compare the air intensity in the workspace. The measurement results will be analyzed using the recommended standards. The observations show that natural ventilation is not optimal in a horizontal building and an open space with an inner court. The fan's type and shape affect the airflow arrangement in the room.

Keywords: ventilation system; thermal comfort; non-machine weaving production house; Pekalongan.

Abstrak bahasa Indonesia

Kenyamanan termal sangat penting dalam merancang sebuah bangunan yang akan berfungsi sebagai tempat aktivitas kerja. Lingkungan yang nyaman akan meningkatkan produktivitas pekerja. Kajian ini merupakan bentuk koreksi terhadap rumah produksi tenun bukan mesin untuk mendapatkan sistem ventilasi yang optimal dalam mencapai kenyamanan termal. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, berlokasi di Pekalongan. Data yang dikumpulkan adalah data pengukuran termal dan intensitas udara di ruang kerja secara langsung dari pagi hingga sore hari selama dua hari. Pengukuran menggunakan alat ukur termometer, hygrometer dan hot wire anemometer. Pengukuran dilakukan pada dua kondisi untuk membandingkan intensitas udara di ruang kerja. Hasil pengukuran dianalisis menggunakan standar yang rekomendasikan. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa ventilasi alami kurang optimal pada bangunan horizontal yang memiliki ruang terbuka atau *innercourt*. Pengaturan aliran udara dalam ruang dapat dipengaruhi oleh jenis dan bentuk kipas angin.

Kata kunci: sistem ventilasi; kenyamanan termal; rumah produksi tenun bukan mesin; Pekalongan.

1. PENDAHULUAN

Rumah produksi merupakan salah satu bangunan tempat tinggal yang digunakan sebagai tempat usaha yang menghasilkan suatu produk untuk dijual, khususnya adalah kerajinan tangan tenun. Tenun yang dibuat menggunakan ATBM (alat tenun bukan mesin) sehingga membutuhkan tenaga manusia yang besar. Sebagai salah satu bangunan industri kerajinan yang mewadahi seluruh aktivitas pekerja di dalamnya, maka dibutuhkan ruang kerja yang nyaman. Menurut Karyono (2013), manusia cenderung akan lebih produktif dan efisien menyelesaikan pekerjaannya jika berada pada kondisi termal dalam ruang yang nyaman dan kondisi udara yang cukup memenuhi kebutuhan termal ruang.

Makin tinggi aktivitas yang dilakukan, maka makin banyak juga pelepasan kalor yang dihasilkan oleh tubuh melalui proses penguapan yang berasal dari keringat. Untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal dalam ruang kerja, perlu memperhatikan kondisi udaranya karena hal tersebut saling berhubungan dalam menciptakan kenyamanan termal. Menurut Pamungkas, dkk. (2020) dari beberapa penelitian diketahui bahwa nilai kenyamanan termal bersifat subjektif karena bergantung pada standar kenyamanan yang digunakan pada penelitian. Berdasarkan standar SNI dan Kementerian Kesehatan RI, suhu bangunan 18 °C – 26 °C sudah tidak nyaman secara termal.

Beberapa kasus rumah produksi atau usaha rumahan sering mengandalkan ruangan dengan banyak bukaan atau dengan menambahkan kipas angin untuk mengatasi masalah termal dalam ruang. Hal inilah yang terjadi pada rumah produksi tenun ATBM Ridaka. Terdapat tiga bangunan terpisah di ATBM Ridaka yaitu rumah tinggal, ruang produksi (*workshop*) dan toko (*showroom*). Bangunan tempat produksi letaknya di belakang bangunan toko yang dipisahkan oleh *innercourt* dengan pohon besar yang rindang, ruang produksi tenun di ATBM Ridaka berbentuk *open space* atau ruang terbuka yang menghadap ke Selatan atau tamanseling sehingga diharapkan banyak angin yang masuk ke dalam ruang dan mengalir merata. Menurut penelitian yang dilakukan Azizah

(2014) diketahui bahwa suhu ruang yang berhubungan langsung dengan *innercourt* mengalami penurunan mencapai 4° C. Unsur ruang terbuka atau *innercourt* yang memiliki pohon disebutkan dalam penelitian Binarti, dkk. (2018) dapat memberikan pengaruh dalam penurunan suhu lingkungan. Namun, kondisi tersebut dirasa tidak optimal karena pada saat jam kerja berlangsung, ruang produksi selalu menggunakan kipas angin. Disebutkan dalam penelitian Razak, dkk. (2015) bahwa rasio angin terhambat masuk terjadi pada siang hari ketika suhu dalam ruang lebih rendah dibandingkan suhu luar ruang sehingga ventilasi lebih besar dan lingkungan dibutuhkan untuk mencapai kenyamanan termal dalam ruang. Diketahui dalam penelitian Rahmayanti (2020) bahwa memperbesar ventilasi 40% lebih baik dalam meningkatkan kecepatan angin dalam ruang. Bukaan vertikal yang mengarah ke atap dalam penelitian Rahimi, dkk. (2021) diketahui dapat memaksimalkan pergerakan udara dalam ruang, kecepatan angin rata-rata pada siang hari lebih besar dibandingkan pada pagi hari. Tidak hanya bukaan di bagian atap, angin dari luar bangunan juga dapat mengalir ke dalam ruang melalui lubang di permukaan fasad bangunan (Rusmiatmoko, dkk., 2018).

Kenyamanan termal di daerah tropis lembap khususnya Indonesia tidak cukup dicapai hanya menyediakan ruang terbuka dan kipas angin untuk menurunkan temperatur udara yang tinggi di dalam ruang. Pada penelitian Dewandaru, dkk. (2019) didapatkan bukaan 9 – 47% dengan bantuan kipas angin, belum mampu membuat nilai temperatur efektif sesuai dengan standar kenyamanan. Hal ini juga didukung oleh 50% pekerja yang mengatakan bahwa ruang kerja mereka sedikit hangat dan sedikit berangin sehingga menginginkan ruang kerja menjadi sedikit lebih sejuk. Data tersebut diperoleh dari wawancara langsung dengan 22 pekerja pada 7 November 2021.

Dari pemahaman tersebut, penelitian ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi sistem penghawaan dalam ruang kerja terhadap kenyamanan termal pada rumah produksi tenun ATBM. Selain itu, belum banyak penelitian mengenai kenyamanan termal yang terdapat pada bangunan yang memiliki sistem penghawaan alami dan mekanik pada rumah

produksi tenun dengan alat bukan mesin (yang digerakkan oleh tenaga manusia), salah satunya ATBM Ridaka di Kota Pekalongan.

2. METODE

2.1 Metode pengumpulan data

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, data yang berupa angka hasil dari pengukuran dijabarkan secara deskriptif dan visual. Pengukuran langsung yang dilakukan di lapangan menggunakan alat ukur thermometer, hygrometer dan hot wire anemometer dari pagi hingga sore hari yaitu pukul 09.00 – 15.00 WIB.

Pengukuran dilakukan pada 10 titik ukur. Studi kasus pada penelitian ini yaitu rumah produksi tenun ATBM CV. Ridaka di Kota Pekalongan. ATBM Ridaka memiliki tiga bangunan terpisah yang terdiri dari rumah hunian pemilik, kantor sekaligus toko, dan bangunan sebagai tempat produksi (lihat gambar 1 dan 2) yang terletak di belakang toko.



Gambar 1. *Layout* Area Kerja Lantai 1 ATBM Ridaka



Gambar 2. *Layout* Area Kerja Lantai 2 ATBM Ridaka

Kondisi eksisting ruang yang terpetakan pada *layout* area kerja di atas terbagi menjadi empat area (gambar 1 dan 2), dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

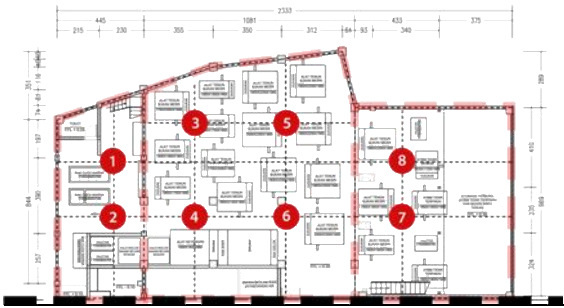
Tabel 1. Kondisi eksisting ATBM Ridaka

Kondisi Eksisting ATBM Ridaka	
Area Kerja 1	
	
Area Kerja 2	
	
Area Kerja 3	
	
Area Kerja 4	
	

2.2 Penentuan titik ukur

Letak titik pengukuran Berdasarkan SNI 16-7061-2004 ditentukan pada lokasi tempat tenaga kerja melakukan pekerjaan. Titik ukur pada rumah produksi Tenun ATBM Ridaka dibagi dalam tiga area dapat dilihat pada tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Titik ukur ruang 1 (Lantai 1)



Keterangan		
Area Kerja	Titik Ukur	Letak Pengukuran
1	1	Di antara pekerja melakukan pencucian/ pewarnaan dan memasak air minum karyawan. (area pencucian/pewarnaan dan area dapur kecil karyawan).
	2	Di antara pekerja melakukan pencucian/ pewarnaan dan pemaletan. (area kerja pencucian/pewarnaan dan pemaletan)
2	3 & 5	Di antara pekerja yang melakukan penenunan. (area kerja tenun ATBM)
	4 & 6	Di antara pekerja yang melakukan penenunan dan <i>ngeteng</i> . (area kerja tenun ATBM dan <i>pengetengan</i>)
3	7	Di antara pekerja yang melakukan penenunan. (Area kerja tenun ATBM dan penyimpanan alat tenun yang tidak terpakai)

Tabel 3. Titik ukur ruang 2 (Lantai 2)



Keterangan		
Area Kerja	Titik Ukur	Letak Pengukuran
4	9	Di antara pekerja melakukan pengecekan hasil tenun.
	10	(area kerja <i>quality control</i> dan penyimpanan bahan/ hasil tenun)

2.3 Metode analisis data

Dalam penelitian ini untuk menganalisis data pengukuran dilakukan melalui tiga tahapan. Tahap pertama, mengetahui eksisting bangunan ATBM Ridaka, pada tahap ini dilakukan analisis sistem penghawaan. Tahap kedua yaitu analisis hasil pengukuran temperatur efektif ruang untuk mengetahui kondisi termal pada ruang kerja, apakah kondisi tersebut sudah sesuai dengan standar kenyamanan untuk lingkungan kerja. Tahap ketiga merupakan tahap analisis kecepatan dan pergerakan udara yang akan dibandingkan dengan kondisi temperatur efektif ruang sehingga dapat diketahui pengaruhnya. Pada tahap ini, data pengukuran diperoleh melalui dua kondisi pengukuran yaitu kondisi 1 saat kipas angin menyala dan kondisi 2 saat kipas angin mati.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan data pengukuran dilakukan dengan menganalisis data pengukuran termal yang terdiri dari temperatur udara kering, temperatur udara basah, kelembapan relatif dan aliran udara untuk mendapatkan nilai temperatur efektif yang kemudian dikategorikan melalui perbandingan antara standar rekomendasi kenyamanan termal, kebutuhan kecepatan udara, dan standar rekomendasi kenyamanan lingkungan kerja berikut.

3.1 Kajian pustaka

Persyaratan kenyamanan termal

Dalam penelitian ini, penulis mengacu pada kriteria kenyamanan termal Mom & Wiesebron (1940) dalam Soegijanto (1998).

Tabel 4. Kriteria kenyamanan termal Mom & Wiesebron (1940)

Kriteria	Temperatur Efektif °C	Kategori
Sejuk - nyaman	20,5 °C – 22,8 °C	
Ambang batas	> 22,8 °C – 24 °C	
Nyaman - optimal	22,8 °C – 25,8 °C	
Ambang batas	> 24 °C - < 28 °C	
Panas - nyaman	25,8 °C – 27,1 °C	
Ambang batas	> 28 °C - < 31 °C	

Sumber: Soegijanto, 1998.

Persyaratan kebutuhan kecepatan udara

Dalam penelitian ini, penulis mengacu pada kriteria kebutuhan kecepatan udara Lippsmeier (1994) dan standar rekomendasi SNI 03-6572-2001 dalam menentukan batasan kecepatan udara yang sesuai dengan kondisi temperatur udara dalam ruang.

Tabel 5. Kebutuhan kecepatan udara terhadap temperatur udara

Kriteria	Kecepatan Udara Bergerak (m/s)	Kategori
Pengap	0,0 – 0,05 m/s	
Pengap	0,05 – 0,10 m/s	
Pengap	0,10 – 0,25 m/s	
Pengap - nyaman	0,25 – 1,0 m/s	
Nyaman-tidak nyaman	1,0 – 1,5 m/s	
Tidak nyaman	> 1,5 m/s	

Sumber: Lippsmeier, 1994

Menurut SNI, kecepatan udara memiliki kriteria bahwa kecepatan udara yang dibutuhkan temperatur udara kering sebagai berikut :

Tabel 6. Batasan kecepatan udara

Batasan Kecepatan Udara					
Kecepatan Udara (m/s)	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35
Temperatur Udara (°C)	25	26,8	26,9	27,1	27,2

Sumber: SNI 03-6572-2001 dalam Betariah, 2017

Persyaratan kenyamanan lingkungan kerja

Untuk menunjang kenyamanan pekerja dalam bekerja, lingkungan yang menjadi tempat untuk bekerja memiliki beberapa standar yang harus dipenuhi tercantum dalam Permenkes No. 1405/SK/XI/2002.

Tabel 7. Kenyamanan lingkungan kerja

Suhu	Laju Ventilasi (m/s)	Kelembapan
18 – 28 °C	0,15 – 0,25	40% - 60%
Upaya		
1.	Tinggi langit-langit dari lantai maksimal 2,5 m.	
2.	Bila suhu > 28 °C perlu menggunakan alat penata udara seperti AC, kipas angin, dsb.	
3.	Bila suhu < 18 °C perlu menggunakan pemanas ruang.	
4.	Bila kelembapan udara ruang kerja > 60% perlu menggunakan humidifier.	
5.	Untuk ruang kerja yang tidak menggunakan pendingin udara harus memiliki lubang ventilasi	

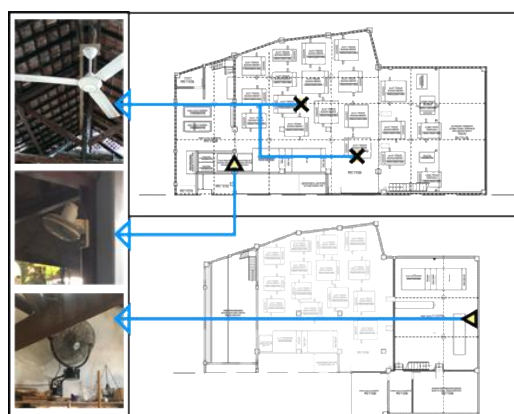
minimal 15% dari luas lantai dengan menerapkan sistem ventilasi silang.

Sumber: Permenkes No. 1405/SK/XI/2002

3.2 Tahap Pertama

Sistem penghawaan mekanik

Merupakan tahapan untuk mengetahui kondisi eksisting bangunan produksi di ATBM Ridaka. ATBM Ridaka memiliki dua lantai, lantai 1 sebagai area kerja penununan, lantai 2 terdapat ruang *quality control* dan penjemuran indoor. Pada penelitian ini, objek yang diteliti yaitu ruang 1 dan ruang 2 hanya pada ruang *quality control*. Terdapat dua sistem penghawaan di ATBM Ridaka, yaitu penghawaan mekanik dan alami. Penghawaan mekanik pada lantai 1 dengan luas ruang 279,8 m² menggunakan penghawaan 2 kipas angin gantung Panasonic dan kipas dinding Cosmos kecil. Sedangkan pada lantai 2 dengan luas ruang 96,5 m² menggunakan kipas angin dinding Regency (Gambar 3).



Gambar 3. Kondisi Eksisting Penghawaan Mekanik ATBM CV. Ridaka

Sistem penghawaan alami lantai 1

Berikut adalah perhitungan luas dan gambar-gambar titik dan kondisi bukaan pada ruang 1 lantai 1 (lihat tabel 8).

Tabel 8. Luas bukaan ruang 1 (lantai 1)

Posisi	Tipe	P (m)	L (m)	Jml	Tot (m ²)
Potongan B-B' – Sisi Selatan					
1	Bukaan dinding	3	2,19	1	6,6
2	Bukaan dinding	3	2,19	1	6,6

3	Bukaan dinding	2,8	2,19	1	6,16
4	Bukaan dinding	1,45	3,12	1	4,52
5	Lubang dinding	1,2	2,15	1	2,56
6	Pintu	1,05	2,15	1	2,26
					28,7
Potongan D-D' – Sisi Barat					
7	Bukaan dinding	3,5	2,5	1	8,75
8	Bukaan dinding	3	3	1	9
					17,75
Total (m²)					46,45

Persentase bukaan sisi Selatan lantai 1
 $\% = \text{Luas bukaan} / \text{Luas lantai} \times 100\%$
 $\% = 28,7 / 279,8 \times 100\%$
 $\% = 10,3\%$

Persentase bukaan sisi Barat lantai 1
 $\% = \text{Luas bukaan} / \text{Luas lantai} \times 100\%$
 $\% = 17,75 / 279,8 \times 100\%$
 $\% = 6,3\%$

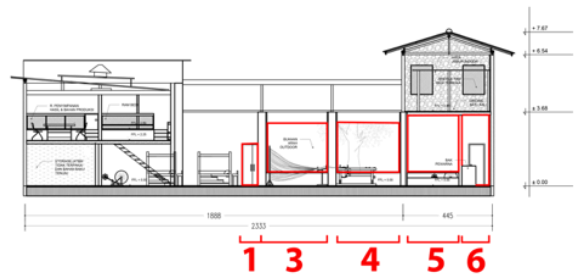
Total bukaan pada lantai 1 yaitu 16,6%

Persentase bukaan sisi Selatan dan Barat lantai 1 sebanyak 10,3% dan 6,3% belum memenuhi standar lubang ventilasi dalam Permenkes No. 1405/SK/XI/2002 yaitu minimal 15% dari luas lantai. Namun untuk keseluruhan bukaan pada lantai 1 yaitu 16,6% telah memenuhi standar lubang ventilasi (lihat gambar 5 dan 6).

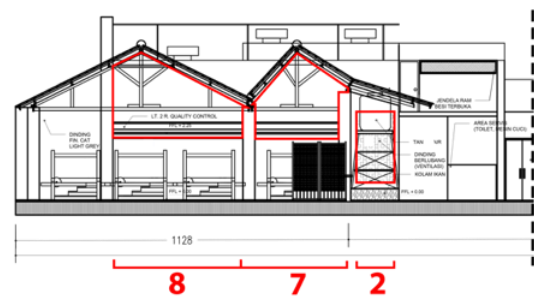
Sistem penghawaan dengan lubang ventilasi pada lantai 1 ATBM Ridaka terletak pada sisi Selatan dan Barat terpetakan dalam *layout* potongan B dan D (lihat gambar 4). Posisi bukaan eksisting dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.



Gambar 4. *Layout* Potongan Ruang 1 Lantai 1



Gambar 5. Bukaan Selatan Lantai 1 (Potongan B-B')



Gambar 6. Bukaan Barat Lantai 1 (Potongan D-D')



Gambar 7. Kondisi Bukaan Selatan Lantai 1



Gambar 8. Kondisi Bukaan Barat Lantai 1

Sistem penghawaan alami lantai 2

Berikut adalah perhitungan luas dan gambar-gambar titik dan kondisi bukaan pada ruang 2 lantai 2 (lihat tabel 9).

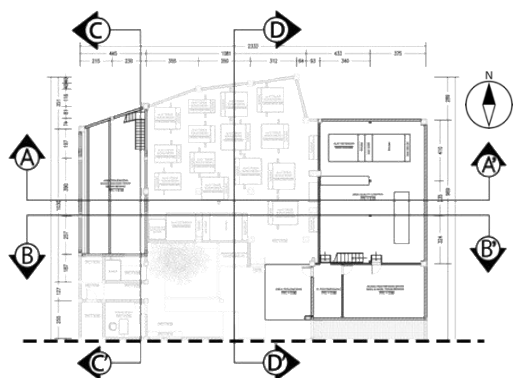
Tabel 9. Luas bukaan pada ruang 2 (lantai 2)

Posisi	Tipe	P (m)	L (m)	Jml	Tot (m ²)
Potongan D-D'					
1	Bukaan dinding	3,5	2,5	1	8,75
2	Bukaan dinding	3	3	1	9
3	Pintu	0,7	1,8	1	1,4
4	Jendela ram	2,5	0,4	1	1,01
Total (m²)					20,2

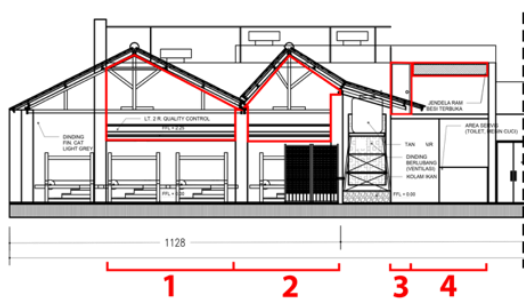
Persentase bukaan Timur pada lantai 2
 % = Luas bukaan / Luas lantai x 100%
 % = 20,2 / 96,5 x 100%
 % = 20,9 %

Persentase bukaan Timur pada lantai 2 (lihat gambar 10) sebanyak 20,9 % telah memenuhi standar lubang ventilasi dalam Permenkes No. 1405/SK/XI/2002 yaitu minimal 15% dari luas lantai.

Sistem penghawaan dengan lubang ventilasi pada lantai 2 ATBM Ridaka terletak pada sisi Timur terpetakan dalam *layout* potongan D (lihat gambar 9). Posisi bukaan eksisting dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 9. Layout Ruang 2 Lantai 2



Gambar 10. Titik Bukaan Timur Lantai 2 (Potongan D-D')



Gambar 11. Kondisi Bukaan Timur Lantai 2

3.3 Tahap Kedua

Merupakan tahap analisis pengaruh kecepatan udara terhadap kondisi temperatur efektif dalam ruang. Pada dua pengukuran yang dilaksanakan dua percobaan yaitu dengan menyalakan kipas angin (kondisi 1) pada 7 November 2021 dan mematikan kipas angin (kondisi 2) pada 16 April 2022 untuk mengetahui perbedaan temperatur ketika ada dan tidaknya aliran udara dari penghawaan mekanik. Hasil temperatur efektif didapatkan sebagai berikut (lihat tabel 10) :

Tabel 10. Data temperatur efektif kondisi 1

Temperatur Efektif Kondisi 1 (°C)						
Ruang 1						
TU	09.00	10.00	11.00	13.00	14.00	15.00
1	28,1	29,9	29	29	29	28,8
2	28,1	29,4	28,8	28,9	28,9	28,9
3	29,1	28,7	29,1	29	29,9	28,2
4	28,4	28,7	30,4	28,8	29,7	28,1
5	28,6	30	29,8	28	28,9	28,2
6	28,1	29,8	29	29,6	28,7	28
7	28,8	29	29,4	28,7	29	27,8
8	28,8	28,9	29,3	29	28,9	28,2
̄x	28,5	29,3	29,4	28,9	29,1	28,3
Ruang 2						
9	28,4	28,4	29,1	28,4	28,1	29,1
10	28,1	28,8	28,9	28,3	28,5	27,9
̄x	28,3	28,6	29	28,4	28,3	28,5

Tabel 11. Data temperatur efektif kondisi 2

Temperatur Efektif Kondisi 2 (°C)						
Ruang 1						
TU	09.00	10.00	11.00	13.00	14.00	15.00
1	28	28,2	28,2	29,7	28,4	28,9
2	28,6	29,2	28,3	28,6	29,7	28,9

3	29,1	28,4	28,5	28,7	28,7	28,8
4	28,2	28,5	29,8	28,8	28,9	28,7
5	28,2	28,6	28,6	28,9	29	28,8
6	28,2	28,5	28,4	29,1	28,8	28,6
7	28,1	28,4	28,4	28,9	28,9	28,7
8	28	28,5	28,5	28,9	28,9	28,7
\bar{x}	28,2	28,5	28,6	29	28,9	28,8
Ruang 2						
9	27,9	28,6	28,8	30,5	28,8	28,5
10	28,2	28,7	28,7	30,2	30	28,3
\bar{x}	28,1	28,6	28,7	30,4	29,4	28,4

Dari data tabel 10 dan 11 dapat dilihat bahwa kedua ruang dikategorikan berdasarkan standar rekomendasi kenyamanan termal Mom & Wiesebron (1940) dalam kondisi ambang batas panas-nyaman ($> 28\text{ }^{\circ}\text{C} - < 31\text{ }^{\circ}\text{C}$). Kondisi temperatur efektif tertinggi terjadi pada pukul 11.00 hingga 13.00 WIB. Titik yang memiliki temperatur efektif tertinggi yaitu titik 4 pada kondisi 1 dan titik 10 pada kondisi 2. Hasil setiap titik ukur dan setiap waktu diperoleh nilai temperatur efektif melebihi $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ sehingga dapat dikatakan bahwa kondisi temperatur efektif pada rumah produksi ATBM Ridaka belum memenuhi standar kenyamanan lingkungan kerja yang diatur dalam PERMENKES Nomor 1405/Menkes/SK/XI/2002 dikarenakan temperatur udara telah melebihi batas nyaman yaitu $28\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ruang 1 saat kipas angin menyala, temperatur efektifnya lebih tinggi dibandingkan saat kipas angin mati. Sedangkan ruang 2 saat kipas angin menyala, temperatur efektifnya lebih rendah dibandingkan saat kipas angin mati. Dari kondisi tersebut dapat diketahui bahwa saat kipas angin menyala, aliran udara pada ruang 2 lebih tinggi sehingga dapat menurunkan temperatur efektif dan pada ruang 1 aliran udara lebih rendah sehingga temperatur efektifnya lebih tinggi. Namun, pada kondisi 2 ketika kipas angin mati, temperatur efektif pada ruang 2 menjadi lebih tinggi dikarenakan aliran udaranya lebih rendah. Sebaliknya pada ruang 1 walaupun aliran udaranya rendah temperatur efektifnya tidak menjadi lebih tinggi seperti saat kondisi 1. Pola hubungan aliran udara dengan temperatur efektif dibahas pada tahap ketiga.

3.4 Tahap Ketiga

Tahap analisis kecepatan dan pergerakan udara yang akan dibandingkan dengan kondisi temperatur efektif ruang sehingga dapat

diketahui pengaruhnya. Pada tahap ini, data pengukuran diperoleh melalui dua kondisi pengukuran yaitu saat kipas angin menyala (kondisi 1) yang dilakukan pada 7 November 2021 dapat dilihat tabel 12 dan saat kipas angin mati (kondisi 2) yang dilakukan pada 16 April 2022 dapat dilihat lihat tabel 13.

Tabel 12. Data pergerakan udara mekanik

Kondisi 1 (m/s)						
Ruang 1						
TU	09.00	10.00	11.00	13.00	14.00	15.00
1	0	0,031	0	0	0	0,119
2	0	0,066	0,247	0	0	0
3	0,046	0	0	0	0,109	0,940
4	0,112	0	0,011	0	0,065	0,101
5	0,107	0,033	0,099	0,067	0	0,510
6	0,161	0,079	0,107	0,050	0,097	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
\bar{x}	0,053	0,026	0,058	0,014	0,034	0,209
Ruang 2						
9	0,356	0,435	0,107	0,142	0,275	0,050
10	0,463	0,245	0,335	0,157	0,218	0,339
\bar{x}	0,409	0,340	0,221	0,149	0,246	0,194

Tabel 13. Data pergerakan udara alami

Kondisi 2 (m/s)						
Ruang 1						
TU	09.00	10.00	11.00	13.00	14.00	15.00
1	0	0	0,233	0,055	0,207	0
2	0,076	0,057	0,110	0	0,005	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0,027	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0,142	0,166
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
\bar{x}	0,009	0,007	0,046	0,007	0,044	0,020
Ruang 2						
9	0,232	0	0,093	0,015	0	0
10	0	0	0,126	0,016	0,030	0,501
\bar{x}	0,116	0	0,109	0,015	0,015	0,250

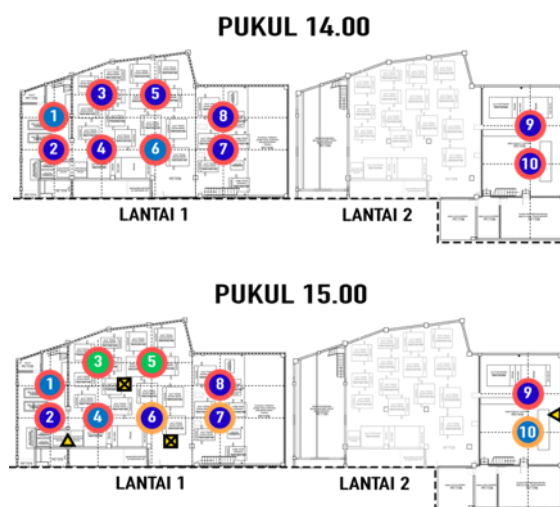
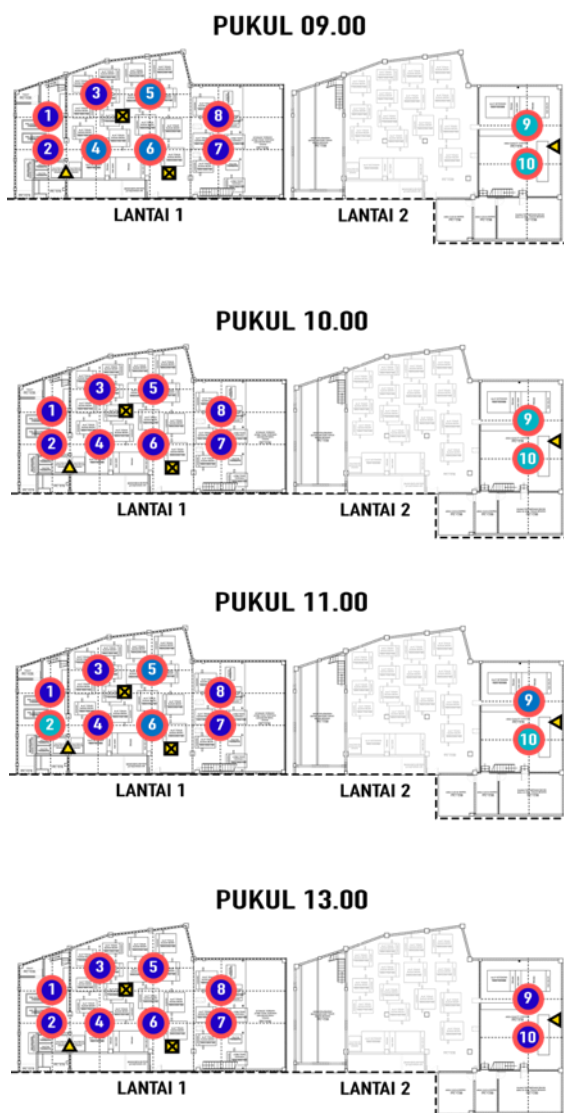
Kondisi udara pada saat kipas angin menyala tertinggi pada pukul 09.00 dikategorikan berdasarkan standar rekomendasi Lippmeier (1994) dengan pergerakan udara 0,409 m/s dalam kondisi pengap-nyaman dan 15.00 WIB dengan pergerakan udara 0,209 m/s dalam kondisi pengap. Titik 3 dan titik 10 memiliki rata-rata pergerakan udara tertinggi yaitu 0,18 m/s dalam kondisi pengap ($< 0,25\text{ m/s}$) dan 0,29 m/s dalam kondisi pengap-nyaman ($0,25 - 1,0\text{ m/s}$). Rata-rata pergerakan udara pada kondisi 1 di ruang 1 yaitu 0,06 m/s dikategorikan kondisi

pengap dan di ruang 2 yaitu 0,26 m/s dikategorikan pengap-nyaman.

Sedangkan, kondisi udara pada saat kipas angin mati tertinggi pada pukul 11.00 dan 15.00 WIB dan titik 1 dengan aliran udara 0,08 dalam kondisi pengap menjadi titik aliran udara tertinggi. Pada kedua kondisi, titik 10 menjadi titik dengan aliran tertinggi dibanding ruang titik lainnya, namun pada kondisi kedua aliran udaranya mengalami penurunan. Rata-rata aliran udara pada kondisi 2 di ruang 1 yaitu 0,02 m/s dikategorikan kondisi pengap dan di ruang 2 yaitu 0,08 m/s dikategorikan pengap-nyaman.

Dua data pengukuran pergerakan udara dan temperatur efektif di atas terpetakan pada penjelasan berikut ini (tabel 14).

Tabel 14. Pergerakan udara mekanik (kondisi 1)



Keterangan

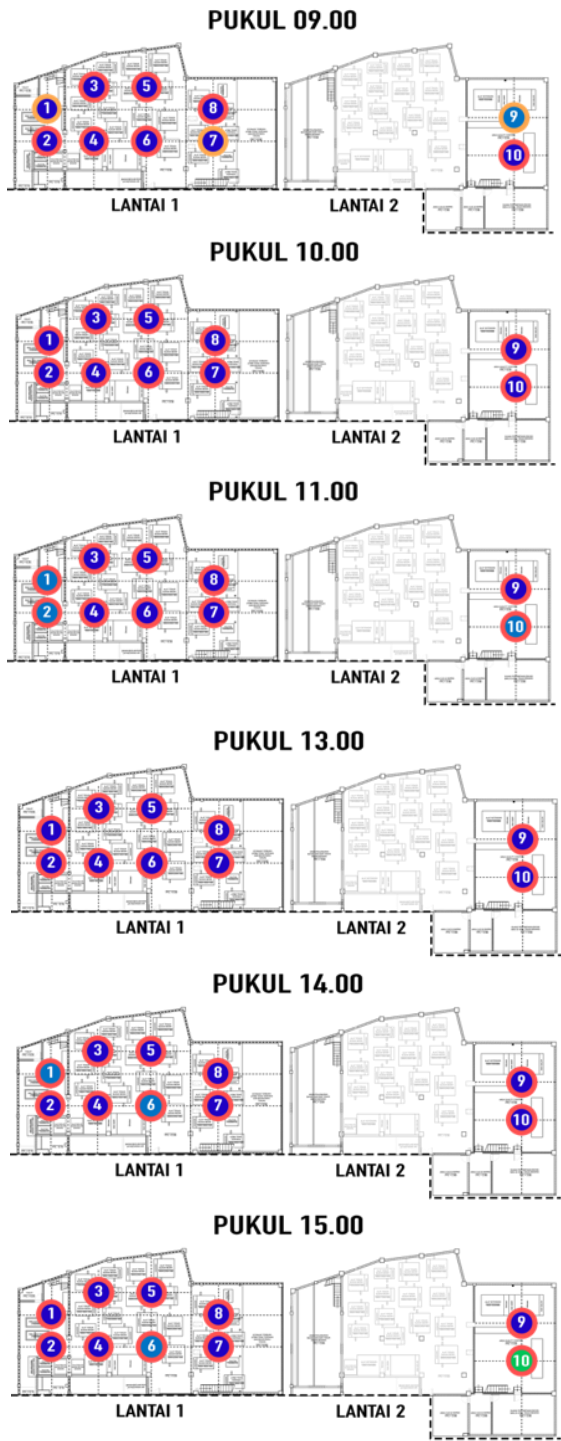
Kriteria	Kecepatan Udara Bergerak (m/s)	Kategori
Pengap	0,0 – 0,05 m/s	Dark Blue
Pengap	0,05 – 0,10 m/s	Blue
Pengap	0,10 – 0,25 m/s	Cyan
Pengap - nyaman	0,25 – 1,0 m/s	Green
Ambang batas panas - nyaman	> 28 °C - < 31 °C	Red
Ambang batas nyaman - optimal	> 24 - < 28 °C	Orange

Pada tabel 14 dapat dilihat bahwa udara dari kipas angin gantung di tengah dari pukul 09.00 hingga 14.00 berpengaruh di sekitarnya yaitu titik 3 hingga titik 6 dengan rata-rata pergerakan udara 0 – 0,35 m/s dikategorikan berdasarkan standar rekomendasi Lippsmeier (1994) dalam kondisi pengap, dengan pergerakan udara tersebut tidak dapat merubah atau menurunkan nilai temperatur efektif. Sedangkan di ruang 2 penurunan aliran udara terjadi pada pukul 13.00 dan kembali naik pada pukul 14.00 hingga 15.00 di titik 10 dan dapat menurunkan temperatur efektif, titik 9 tetap pada aliran udara kurang dari 0,25 m/s.

Pada pukul 15.00 terjadi kenaikan pergerakan udara menjadi 0,5 – 1,0 m/s sehingga mampu menurunkan nilai temperatur efektif menjadi ambang batas nyaman – optimal di ruang 1.

Dari tabel 13 di atas dapat diketahui bahwa pergerakan udara dari kipas angin belum merata mengalirkan udara ke seluruh ruang dari pukul 09.00 hingga 15.00 WIB.

Tabel 15. Pergerakan udara alami (kondisi 2)



Keterangan

Kriteria	Kecepatan Udara Bergerak (m/s)	Kategori
Pengap	0,0 – 0,05 m/s	Blue
Pengap	0,05 – 0,10 m/s	Light Blue
Pengap	0,10 – 0,25 m/s	Light Green
Pengap - nyaman	0,25 – 1,0 m/s	Green

Ambang batas panas - nyaman	> 28 °C - < 31 °C	Red
Ambang batas nyaman - optimal	> 24 - < 28 °C	Orange

Pada kondisi 2 (tabel 15) tanpa kipas angin menyala dari pukul 09.00 hingga 15.00 WIB dikategorikan berdasarkan standar rekomendasi Lippsmeier (1994) dalam kondisi pengap yaitu dengan aliran udara 0 – 0,25 m/s. Pada pagi hari pukul 09.00 WIB temperatur efektif pada titik 1 dan titik 7 dalam kategori ambang batas nyaman optimal dengan aliran udara 0 – 0,05 m/s, dan kemudian mengalami kenaikan pada pukul 10.00 WIB. Dari gambar 16 kondisi 2 dapat diketahui bahwa aliran udara 0,05 – 0,1 m/s sering terjadi pada titik 1, titik 2, dan titik 6 dimana posisi titik 1 terletak di dekat tangga lantai 2 penjemuran indoor. Posisi titik 2 berada di dekat bukaan yang mengarah ke sumur dan dekat dengan lorong sisi Barat, sedangkan posisi titik 6 berada di dekat bukaan pintu yang mengarah ke lorong pintu masuk karyawan sisi Timur. Sehingga dapat dikatakan bahwa angin yang masuk dari lorong membawa angin lebih besar namun hanya dapat terasa pada beberapa titik saja. Tabel 15 menunjukkan bahwa aliran udara 0,05 – 0,1 m/s tidak dapat mempengaruhi nilai temperatur efektif.

Pada ruang 2 titik 9 pukul 09.00 WIB memiliki temperatur efektif dalam kondisi ambang batas nyaman optimal, kemudian mengalami kenaikan disertai penurunan aliran udara. Titik 10 yang posisinya dekat dengan bukaan pintu dan jendela menuju ruang penjemuran luar ruang mendapatkan aliran udara 0,05 – 0,1 m/s dan 0,25 – 1,0 m/s pada pukul 11.00 dan 15.00 WIB.

4. KESIMPULAN

ATBM Ridaka memiliki dua sistem penghawaan, yang pertama yaitu sistem penghawaan alami dengan 16,6% luas bukaan di lantai 1 yang terletak di sisi Selatan dan Barat diketahui rata-rata pergerakan udaranya yaitu 0,02 m/s. Sedangkan di ruang 2 dengan 20,9% luas bukaan yang terletak di sisi Timur diketahui rata-rata pergerakan udaranya yaitu 0,08 m/s. Pada kedua ruang menunjukkan pergerakan udara di bawah 0,15 m/s yang dapat dikatakan belum memenuhi standar kenyamanan laju ventilasi lingkungan kerja (0,15 – 0,25 m/s) berdasarkan Permenkes No.

1405/SK/XI/2002. Luas bukaan pada ruang 1 dan 2 telah memenuhi standar lubang ventilasi yaitu lebih dari 15% dari luas lantai berdasarkan Permenkes No. 1405/SK/XI/2002. Pergerakan udara pada penghawaan alami menunjukkan nilai temperatur efektif lebih dari 28 °C, di mana nilai tersebut telah melebihi standar kenyamanan suhu lingkungan kerja. Dalam Permenkes No. 1405/SK/XI/2002 dijelaskan bahwa ketika suhu ruang melebihi 28 °C maka diperlukan alat penata udara seperti kipas angin. ATBM Ridaka telah melakukan upaya tersebut yaitu melengkapi ruang kerja dengan penghawaan mekanik, seperti kipas angin. Namun rata-rata pergerakan udara pada saat kipas angin menyala di ruang 1 yaitu 0,06 m/s dan ruang 2 yaitu 0,26 m/s, hal ini menunjukkan bahwa hanya ruang 2 yang telah sesuai dengan standar kenyamanan laju ventilasi lingkungan kerja (0,15 – 0,25 m/s). Pergerakan udara pada penghawaan mekanik juga menunjukkan nilai temperatur efektif lebih dari 28 °C, di mana nilai tersebut telah melebihi standar kenyamanan suhu lingkungan kerja.

Permasalahan pada sistem penghawaan ruang kerja tenun ATBM menghasilkan temperatur udara dan kinerja penghawaan yang tidak memenuhi standar kenyamanan. Angin dari arah Selatan terhalang bangunan toko sehingga angin tidak optimal masuk ke dalam bangunan horizontal. Hal ini dikarenakan angin dari Selatan menuju ruang kerja melalui lorong sisi Timur dan Barat yang mengalir satu arah saja, angin yang masuk ke dalam ruang tidak dapat mengalir secara merata ke seluruh ruang.

Usulan peningkatan kenyamanan termal dan sistem penghawaan bertujuan untuk memecahkan masalah di atas, maka penyelesaian permasalahan dan saran bagi pemilik usaha tenun ATBM Ridaka Kota Pekalongan secara singkat adalah :

Kondisi rata-rata temperatur efektif di lantai 1 dan lantai 2 yaitu 28,58 °C – 29 °C, maka akan membutuhkan pergerakan udara kurang lebih 0,7 - 0,9 m/s (menurut SNI 03-6572-2001). Merancang ulang sistem penghawaan dengan kondisi udara yang kurang maka perlu meninggikan plafon lantai 1 dan memperkecil *sun shading* bangunan toko (bangunan di depan area kerja) sehingga menciptakan ventilasi yang lebar dan angin yang terhalang pohon

rindang dapat lebih banyak masuk ke dalam ruang kerja

Atap dan bukaan lantai 1



Sun shading bangunan toko



Gambar 12. Solusi Penghawaan Alami

Untuk mengatasi pergerakan udara dalam ruang yang tidak maksimal dan tidak merata maka dapat menggunakan alat penata udara seperti kipas angin dengan tipe tornado *wall fan*, kipas angin gantung atau plafon kurang maksimal dalam menyebarkan angin dalam ruang.

KONTRIBUSI PENULIS

Dalam penyusunan penelitian ini melibatkan beberapa orang sebagai tim. AS berperan sebagai penyusun ide dan gagasan utama, GH berperan dalam pengembangan sistematika metodologi penelitian dan penarikan kesimpulan, WSB berperan dalam mensinkronkan data dengan referensi dan analisis penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Ibu Thuraya A. Kadir dan Bapak Nazie A. selaku pemilik usaha Tenun ATBM Ridaka Kota Pekalongan yang telah memberikan ijin untuk mengumpulkan data dalam penyusunan penelitian ini beserta arahannya tentang kerajinan tangan tenun ATBM.

REFERENSI

Azizah, Ronim. (2014). *Kajian Kenyamanan Termal pada Rumah Tinggal dengan Model Innercourt*. Nalars : Vol 13 No 2. Hlm 73-88.

- Badan Standardisasi Nasional. (2001). *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. SNI 03-6572-2001.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *Pengukuran Iklim Kerja (Panas) dengan Parameter Indeks Suhu Basah dan Bola*. SNI 16-7061-2004.
- Binarti, F., Kusuma, H. E., Wonorahardjo, S., & Triyadi, S. (2018). *Peranan Unsur-unsur Ruang Terbuka pada Tingkat Kenyamanan Termal Outdoor: Antara Persepsi dan Pengetahuan*. Komposisi : Vol 12 No 1. Hlm 41-52.
- Dewandaru, A., Budi W. S., & Hardiman, G. (2019). *Pengaruh Desain Penghawaan terhadap Kondisi Termal di Gereja Santo Petrus Sambiroto Semarang*. *Arsitektura*: Vol 17 No 2. hlm 231-248.
- Hardiman, G. (2012). *Pertimbangan Iklim Tropis Lembap dalam Konsep Arsitektur Bangunan Modern*. *Jurnal Arsitektur*, 77-82.
- Karyono, T. H. (2013). *Arsitektur dan Kota Tropis Dunia Ketiga : Suatu Bahasan tentang Indonesia*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Lippsmeier, G. (1994). *Bangunan Tropis*. Jakarta: Erlangga.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2002). *Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri*. Permenkes No. 1405/Menkes/SK/XI/2002.
- Pamungkas, L. S., & Ikaputra. (2020). *Local Wisdom Arsitektur Tradisional dan Kenyamanan Termal Tropis*. *Arcade*: Vol 4 No 2. Hlm 160-167.
- Razak, H., Gandarum, D. N., Juwana, J. S. (2015). *Pengaruh Karakteristik Ventilasi dan Lingkungan terhadap Tingkat Kenyamanan Termal Ruang Kelas SMP di Jakarta Selatan*. *Agora* : Vol 15 No 2. Hlm 1-18.
- Rahmayanti. (2020). *Pengaruh Window to Wall Ratio terhadap Kenyamanan Fisiologis dengan Menggunakan CFD Ansys 14*. *Gorontalo* : Vol 3 No 1. Hlm 37-43.
- Rmiatmoko, D., Setyowati, E., & Hardiman G. (2018). *Kontribusi Lubang Angin dan Ventilasi Udara pada Bangunan Sobokarti Semarang dalam Mewujudkan Kenyamanan Termal*. *Modul* : Vol 18 No 2. Hlm 90-96.
- Rusyda, H. F. S., Setyowati, E., & Hardiman G. (2018). *Kondisi Termal pada Penghawaan Alami di Ruang Tunggu Utama Stasiun Semarang Tawang*. *Arcade* : Vol 2 No 3. Hlm 144-148.
- Sari, A. M., Prajnawrdhi, T. A., & Muktiwibowo, A. K. (2020). *Tipologi Rumah Sebagai Usaha Berbasis Rumah Tangga (UBR) di Banjar Panti Gede, Kelurahan Pemogan, Denpasar Selatan*. *SPACE*, 221-238.
- Soegijanto (1998). *Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis Lembap Ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Sukma, B. (2017). *Pergerakan Udara dan Kenyamanan Termal di Gedung Anggar Samarinda*. Universitas Diponegoro: Tesis.
- Syamsiyah, N. R., & Izzati, H. N. (2021). *Strategi Kenyamanan Termal Masjid (Studi Kasus Masjid Al-Kautsar Kertonatan, Sukoharjo, Jawa Tengah)*. *Langkau Betang: Jurnal Arsitektur*. Vol 8 No 2. hlm 98-108.