

Analisis Kenyamanan Ruang Menggunakan Simulasi *Software Ecotect Analysis* pada Masjid Kawasan Kecamatan Bogor Tengah Kota Bogor

Fadlli Fauzan Hakim¹ dan Joana Febrita^{1*}

¹ Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jl. Raya 5 Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

* penulis koresponden: joanafebrita@apps.ipb.ac.id

Abstrak: Indonesia berada di iklim tropis lembab, yang menyebabkan suhu cenderung tinggi dan kecepatan angin rendah. Keadaan ini berpengaruh pada tidak tercapainya kenyamanan ruang dalam masjid. Kenyamanan ruangan dapat meningkatkan kondisi kesehatan, kenyamanan, dan produktivitas seseorang. Tujuan penelitian ini adalah menentukan tingkat kenyamanan ruang lima masjid yang berada di Kawasan kecamatan Bogor Tengah Kota Bogor dan melakukan simulasi modifikasi menggunakan *Software Ecotect Analysis*. Penelitian ini dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan yang meliputi pengukuran suhu dan kelembapan, intensitas cahaya, dan kebisingan kemudian dilakukan modifikasi terhadap bahan dan bukaan untuk ventilasi menggunakan *Software Ecotect Analysis*. Terdapat lima masjid yang belum memenuhi kriteria kenyamanan termal dan audial, serta terdapat tiga masjid yang belum memenuhi kenyamanan visual. Modifikasi menggunakan *Timber Clad Masonry* (pasangan batu bata berplaster dengan lapisan kayu) dan *Concrete Block Plaster* (dinding berbahan beton dengan plaster). Hasil modifikasi terbaik terdapat pada Masjid Agung dengan modifikasi 2 terjadi penurunan sebesar MRT 21,9%, penurunan menurunkan PPD sebesar 75%, meredam arah suara sebesar 49,9% dan meningkatkan pencahayaan sebesar 297%.

Kata kunci: Bogor, Kenyamanan ruang, Masjid, *Software Ecotect Analysis*

Diterima: 21 Agustus 2023
Disetujui : 22 Desember 2023

Sitasi:
Hakim, F.F.; Febrita, J. Analisis Kenyamanan Ruang Menggunakan Simulasi *Software Ecotect Analysis* pada Masjid Kawasan Kecamatan Bogor Tengah Kota Bogor. *J. Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2023; 8 [3]: 137-146.,
<https://doi.org/10.29244/jsil.8.3.137-146>

1. Pendahuluan

Indonesia berada di iklim tropis lembab, yang menyebabkan suhu cenderung tinggi dan kecepatan angin rendah. Keadaan ini berpengaruh pada tidak tercapainya kenyamanan ruang dalam masjid [1]. Kenyamanan ruangan dapat meningkatkan kondisi kesehatan, kenyamanan, dan produktivitas seseorang, terutama pada ruangan publik, ruangan kerja, ruangan kesehatan, dan lainnya [2]. Dalam hal ini, suhu tubuh seseorang akan berbeda tergantung pada tingkat aktivitas yang dilakukan. Tingkat kenyamanan yang membuat seseorang puas juga berbeda tergantung pada aktivitas yang dilakukan. Oleh karena itu, tingkat kenyamanan ruangan perlu disesuaikan dengan jenis aktivitas yang akan dilakukan di dalamnya agar sesuai dengan kebutuhan [3]. Kenyamanan termal yang terpenuhi di dalam ruangan pada suatu bangunan akan memberikan efek positif pada peningkatan produktivitas dan kinerja pengguna ruangan [4]. Sebaiknya bangunan memberikan ruang beraktivitas yang nyaman bagi penggunanya, termasuk kenyamanan termal, agar mereka terlindungi dari kondisi iklim yang tidak menguntungkan. Hal ini akan memastikan bahwa aktivitas di dalam bangunan dapat berjalan dengan optimal [5].

Penggunaan kipas angin atau AC telah dicoba sebagai solusi untuk mengatasi ketidaknyamanan ruang di beberapa masjid. Meskipun penggunaan AC memberikan udara sejuk dan membuat jamaah merasa nyaman, namun hal ini memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Sebaliknya, meskipun kipas angin lebih ramah lingkungan, masih terdapat keluhan mengenai rasa panas di dalam masjid meskipun kipas angin telah digunakan. Gangguan yang timbul akibat suhu udara yang tinggi di dalam masjid dapat disebabkan oleh sejumlah faktor, seperti letak jendela dan penataan orientasi masjid [6]. Penelitian telah dilakukan dengan menggunakan masjid Babadan di Yogyakarta sebagai studi kasus. Penyebaran udara di dalam ruangan tidak merata dikarenakan adanya jarak yang cukup jauh antara jendela yang berhadapan. Hal ini menyebabkan udara yang masuk memiliki kebebasan untuk bergerak di dalam ruangan sebelum akhirnya mengalir keluar [1].

Penggunaan bahan material juga dapat memengaruhi perubahan kenyamanan termal dalam suatu bangunan. *Software Ecotect Analysis* merupakan sebuah aplikasi yang dapat mensimulasikan penggantian bahan material. Hasil simulasi digambarkan dengan perubahan warna termal pada kondisi ruangan penelitian. *Software Ecotect Analysis* telah digunakan dalam beberapa penelitian, salah satunya adalah penggunaan *Ecotect Analysis* untuk menentukan bahan material yang sesuai dengan desain ruang batik [7]. Hal ini disebabkan terdapat beberapa bahan material yang sudah direncanakan rumah batik yang dapat mendukung suatu ruangan untuk mencapai kondisi termal. Tidak hanya menentukan kenyamanan termal, aplikasi ini dapat membantu dalam menentukan tingkat kebisingan pada suatu ruangan, dan kegunaan dalam simulasi lainnya. Dalam pembangunan, material yang perlu diperhatikan untuk menunjang kenyamanan termal diantaranya adalah selubung bangunan.

Masjid merupakan fasilitas publik yang penting dan sering digunakan untuk beribadah oleh umat muslim sehingga kenyamanan ruang dalam masjid perlu diperhatikan. Penelitian ini dilakukan terhadap masjid yang terletak di Kota Bogor khususnya Kecamatan Bogor Tengah karena merupakan pusat di salah satu kota besar di Indonesia dengan mayoritas masyarakatnya beragama muslim. Masjid yang diteliti berada dalam radius 5 kilometer dari pusat Kota Bogor, dengan mempertimbangkan kriteria sebagai masjid transit, menggunakan ventilasi dan pencahayaan alami. Ketidaknyamanan ruang dalam masjid disebabkan oleh perencanaan yang kurang matang, termasuk masalah jendela yang tidak mampu memfasilitasi sirkulasi udara yang baik di dalam ruangan, yang pada gilirannya mengakibatkan udara panas tertahan dan mengurangi aliran udara segar [8]. Menurut Fathandeseya [9] penggunaan *Ecotect Analysis* dapat membantu perencanaan material, dimana pengaruh penggantian material tersebut dapat meningkatkan kenyamanan ruang Musala Al-Fath yang disebabkan oleh nilai konduktivitas pada material yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk menganalisis kenyamanan ruang melalui pengukuran suhu, kelembapan, kebisingan, intensitas cahaya di kawasan masjid dan melakukan simulasi modifikasi menggunakan *Software Ecotect Analysis* untuk saran perbaikannya.

2. Metode

Alat yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain Termometer (HTC-2, UNI-T UT333), *Sound level meter* UNI-T UT353, *Lux meter* UNI-T UT383, tripod, Meteran *Roll*, dan *Software Ecotect Analysis*.

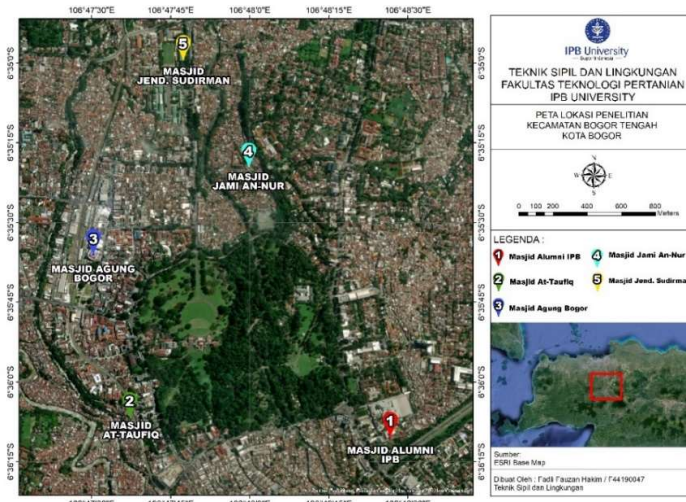
2.2. Prosedur Penelitian

Data penelitian pengukuran suhu, kelembapan udara, kebisingan, intensitas cahaya, dan pengukuran dimensi ruang pada masjid didapatkan melalui pengukuran secara langsung di lapangan. Data tersebut kemudian dimasukkan kedalam *Software Ecotect Analysis* untuk disimulasikan. Hasil dari simulasi dibandingkan untuk dilakukan evaluasi terhadap bahan material yang digunakan pada masjid. Lokasi penelitian direncanakan pada 5 Masjid (Gambar 1), dengan rentang waktu April–Mei 2023.

2.2.1 Pengukuran Temperatur dan Kelembapan Udara

Pengukuran temperatur udara dilakukan dengan menggunakan dua termometer yang berbeda sebagai nilai pembanding. Pengukuran dilakukan pada titik tempat tersebut dilakukan banyak aktivitas, yaitu pada area mimbar dan pada area tengah ruangan salat. Termometer ditempatkan pada ketinggian

1–1,25 m dari lantai tanpa adanya kontak langsung dengan paparan sinar matahari langsung. Pengukuran dilakukan tanpa ada AC yang menyala. Waktu pengukuran dilakukan pada pukul 11.00-13.00 tengah hari selama 7 hari berturut - turut. Data yang didapatkan dibandingkan dengan SNI 03-6572-2001 dimana untuk nilai nyaman optimal berkisar antara temperatur efektif 20,5 – 27,1 °C [9]. Pengukuran kelembapan relatif udara dilakukan dengan menggunakan 2 termometer sebagai pembandingan data. Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan standar yang ditetapkan dalam SNI 03-6572-2001, yang merekomendasikan rentang persentase kelembapan relatif antara 40%-60%.



Gambar 1 Peta Lokasi penelitian

2.2.2 Pengukuran Tingkat Kebisingan

Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan dengan pengukuran sederhana sesuai dengan KEP-48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan. Kebisingan diukur menggunakan alat Sound Level Meter meter dengan waktu pengukuran dilakukan pada pukul 11.00 - 13.00 selama 7 hari. Tiap pengukuran dilakukan selama 10 menit (setiap 5 detik). Pengolahan data dilakukan menggunakan persamaan sesuai dengan KEP-48/MENLH/11/1996 [10].

2.2.3 Pengukuran Intensitas Pencahayaan

Pengukuran intensitas cahaya di dalam suatu ruangan dilakukan sesuai dengan pedoman SNI 03-6575-2001 tentang Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung. Metode pengukuran yang digunakan dapat berupa metode pengukuran umum atau merata, dengan menggunakan alat ukur *Lux Meter*. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan dengan menentukan titik potong pada garis horizontal panjang dan lebar di dalam ruangan pada jarak tertentu yang telah ditetapkan sesuai dengan ukuran ruangan. Waktu pengukuran dilakukan tanpa menyalakan lampu pada pukul 11.00 - 13.00 selama 7 hari berturut-turut. Hasil pembacaan alat tersebut dibandingkan dengan standar minimum yang diatur dalam SNI 03-6575-2001 untuk tempat ibadah sebesar 200 lux.

2.2.4 Simulasi Ecotect Analysis

Proses simulasi Ecotect Analysis diawali dengan pembuatan bangunan masjid menggunakan Software SketchUp. Kemudian bangunan tersebut di export sehingga dapat terbaca pada Software Ecotect Analysis versi 2011. Bangunan yang sudah terbentuk pada Ecotect Analysis kemudian didefinisikan sesuai dengan fungsi dinding, lantai jendela, dan pintu. Setelah itu dilakukan kalkulasi terhadap parameter yang sudah ditentukan. Parameter yang digunakan yaitu *Mean Radian Temperature (MRT)*, *Predicted Mean Vote (PMV)*, *Predicted Percentage Dissatisfaction (PPD)*, Audial dan Visual.

2.2.4 Simulasi Ecotect Analysis Kondisi Aktual dan Modifikasi

Simulasi *Ecotect Analysis* modifikasi bertujuan untuk mendapatkan hasil dari MRT, PMV, dan PPD dengan penentuan parameter yang berbeda dengan kondisi terkini. Simulasi *Ecotect Analysis* modifikasi

dilakukan dengan percobaan mengubah bahan material terkini terhadap beberapa bahan material lainnya. Hasil simulasi terkini dan modifikasi kemudian dibandingkan untuk menentukan kesesuaian dalam menunjang kenyamanan termal ruangan tersebut. Penggunaan material pada setiap kondisi dapat ditemukan di Tabel 1.

Tabel 1. Material selubung bangunan pada masing-masing kondisi

Parameter	Material		
	Aktual	Modifikasi 1	Modifikasi 2
Dinding	Batu bata berplaster	<i>Timber Clad Masonry</i>	<i>Concrete Block Plaster</i>
Audial	Tidak memakai peredam	Busa Peredam Suara	Busa Peredam Suara
Visual	Jendela Eksisting	Penambahan Jumlah Jendela	Penambahan Jumlah Jendela

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengukuran Temperatur dan Kelembaban Relatif Udara

Pengukuran dilakukan dengan pertimbangan pada waktu tersebut merupakan titik puncak suhu Kota Bogor. Hasil rata – rata temperatur dan kelembaban dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil rata – rata temperatur dan kelembaban

Parameter	Masjid Agung	Masjid	Masjid	Masjid	Masjid
		Jend. Sudirman	Alumni IPB	At-Taufiq	An-Nur
Termometer HTC-2 Out°C	34.13	33.50	32.44	33.64	34.00
Termometer HTC-2 In°C	31.65	31.39	30.58	30.91	32.13
Termometer UT333°C	31.73	32.04	30.47	31.80	33.10
Kelembaban (%)	64.58	57.02	58.70	49.70	49.15

Menurut SNI 03-6572-2001 tentang tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung, nilai temperatur efektif yang masih termasuk dalam kategori nyaman secara termal untuk daerah tropis adalah 20.5°C sampai dengan 27.1°C. Hal ini menunjukkan bahwa kelima masjid tersebut belum mencapai kenyamanan termal yang ditetapkan oleh SNI. Batas kategori hangat nyaman berada pada rentang nilai temperatur 25.8°C ~ 27.1°C sedangkan rata – rata suhu yang tercatat pada ketiga masjid tersebut berkisar antara 30.47°C–33.10°C, hal ini dapat diakibatkan panas matahari yang mudah memasuki ruangan dan menunjukkan bahwa kondisi masjid tersebut tidak memenuhi kenyamanan termal yang disyaratkan.

Berdasarkan SNI 03-6572-2001, kelembaban udara relatif yang dianjurkan untuk sebuah ruang berkisar antara 40%-50%, namun untuk ruangan dengan intensitas padat penghuni masih diizinkan berada pada nilai 55%-60%. Hasil pengukuran menandakan bahwa Masjid Jend. Sudirman dan Masjid Alumni IPB masih berada pada baku mutu yang disyaratkan, namun pada Masjid Agung, Masjid At-Taufiq dan Masjid An-Nur berada diluar baku mutu yang diperbolehkan.

3.2 Pengukuran Tingkat Kebisingan

Pengukuran Tingkat Kebisingan dilaksanakan selama 7 hari pada setiap masjid dengan interval waktu 10 menit yang dimulai pada pukul 12.00 WIB menggunakan Sound Level Meter untuk menilai apakah masjid tersebut sudah dalam kondisi nyaman audial. Pengukuran dilakukan dengan pertimbangan pada waktu tersebut merupakan titik puncak intensitas pengunjung terbanyak dan merupakan puncak aktivitas pada hari tersebut. Hasil pengukuran tingkat kebisingan dapat dilihat pada Tabel 3. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup [10] tentang Baku Tingkat Kebisingan menyatakan bahwa baku mutu batas nyaman tingkat kebisingan untuk tempat ibadah adalah 55 dB(A). Rata-rata kebisingan selama 7 hari berturut-turut pada Masjid Agung sebesar 79.39 dB(A), Masjid Jend. Sudirman sebesar 79.62 dB(A), tingkat kebisingan terendah berada pada Masjid Alumni IPB dengan rata-rata sebesar 69.05 dB(A), Masjid At-Taufiq sebesar 71.40 dB(A), Masjid An-Nur sebesar 77.67 dB(A). Mengacu kepada baku mutu yang ditetapkan [10], kelima masjid tersebut belum memenuhi kenyamanan kebisingan yang sudah ditetapkan. Hal ini dapat disebabkan karena banyaknya kendaraan dan aktifitas di luar Masjid.

Tabel 3. Hasil pengukuran tingkat kebisingan

Leq 10 Menit [dB(A)]					
Hari	Masjid Agung	Masjid Jend. Sudirman	Masjid Alumni IPB	Masjid At-Taufiq	Masjid An-Nur
Senin	67.10	78.30	69.35	69.72	74.78
Selasa	82.15	80.23	70.03	69.86	77.90
Rabu	82.28	79.83	68.91	70.51	77.80
Kamis	80.44	79.02	67.22	77.03	79.15
Jumat	81.37	79.48	71.67	70.58	77.63
Sabtu	81.26	78.75	61.18	71.83	78.48
Minggu	81.15	80.25	65.27	70.28	77.74
Rata - Rata	79.39	79.41	67.66	71.40	77.67

3.3 Pengukuran Intensitas Cahaya

Pencahayaan atau penerangan merupakan salah satu faktor untuk memberikan kondisi kenyamanan penglihatan yang baik [11]. Kenyamanan cahaya yang baik di dalam ruangan merupakan suatu kebutuhan yang harus dipenuhi untuk memudahkan kegiatan manusia setiap harinya, karena penyesuaian intensitas cahaya perlu dilakukan untuk menunjang kenyamanan visual [12]. Hasil rata – rata tingkat kebisingan pada ketiga masjid ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil rata – rata tingkat kebisingan

Intensitas Cahaya (Lux)					
Hari	Masjid Agung	Masjid Jend. Sudirman	Masjid Alumni IPB	Masjid At-Taufiq	Masjid An-Nur
Senin	95	509	56	200	29
Selasa	105	504	63	203	32
Rabu	91	530	58	218	28
Kamis	98	522	61	217	28
Jumat	101	482	63	218	29
Sabtu	99	502	54	219	27
Minggu	108	486	65	219	31
Rata - Rata	99	505	60	213	29

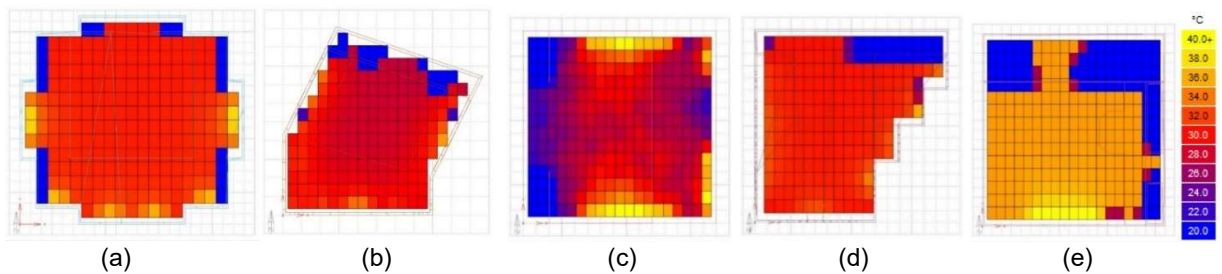
Pengukuran intensitas cahaya mengacu kepada SNI 03-6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung tingkat pencahayaan minimum yang direkomendasikan untuk rumah ibadah masjid adalah sebesar 200 lux. Terdapat 3 masjid yang belum memenuhi baku mutu minimum yaitu pada Masjid Agung, Masjid Alumni IPB, dan Masjid An-Nur dimana rata–rata dalam 7 hari didapatkan hasil sebesar 99, 60, dan 29 lux. Sedangkan pada Masjid Jend. Sudirman dan Masjid At-Taufiq sudah memenuhi baku mutu yang disyaratkan karena memiliki nilai rata – rata pengukuran dalam 7 hari sebesar 505 lux dan 213 lux.

3.4 Simulasi Ecotect Analysis Kondisi Aktual

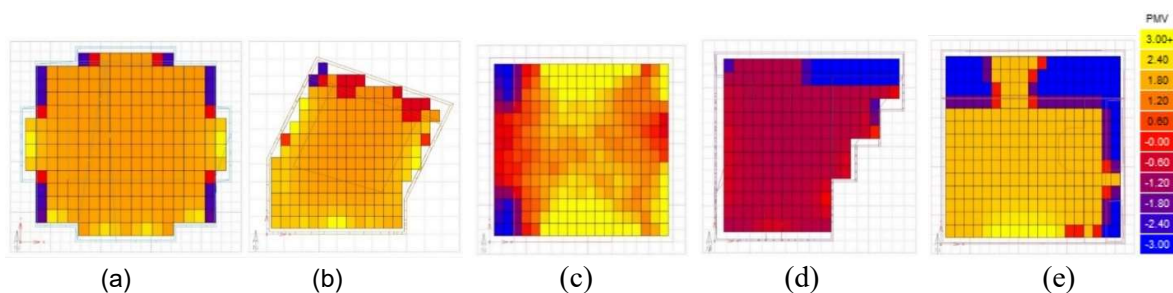
Berdasarkan Gambar 2 (a), (b), (c), (d) dan (e) didapatkan hasil simulasi dari penggunaan *Software Ecotect Analysis*. Hasil MRT pada Masjid Agung, Masjid Jend. Sudirman, Masjid Alumni IPB, Masjid At-Taufiq dan Masjid An-Nur secara berturut-turut sebesar 32.15°C; 31.95°C; 30.92°C; 30.17°C; dan 35.76°C. Menurut SNI 03-6572-2001 tentang Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung dinyatakan bahwa batas temperatur efektif hangat nyaman bernilai 27.1°C. Hal ini menunjukkan bahwa kelima masjid tersebut masih berada diatas ambang batas yang diizinkan. Nilai PMV kelima masjid didapatkan setelah dilakukannya simulasi. Berdasarkan Gambar 3 (a), (b), (c), (d), dan (e) terdapat empat masjid yang belum mendekati kenyamanan optimal (0) yaitu Masjid Agung dengan nilai (1,8), Masjid Jend. Sudirman sebesar (1,7), Masjid Alumni IPB sebesar (1,8), Masjid An-Nur sebesar (2,2) sedangkan pada Masjid At-Taufiq sebesar (-0,3).

Berdasarkan hasil simulasi PMV kondisi terkini yang ditampilkan pada Gambar 4 terdapat 80% orang yang mengindikasikan bahwa Masjid Agung memiliki tingkat kenyamanan yang belum diinginkan. Pada Masjid Jend. Sudirman terdapat 73% orang yang merasa tidak puas terhadap tingkat kenyamanan ruang didalam masjid. Tingkat ketidakpuasan tertinggi terdapat pada Masjid Alumni IPB dengan 92% orang

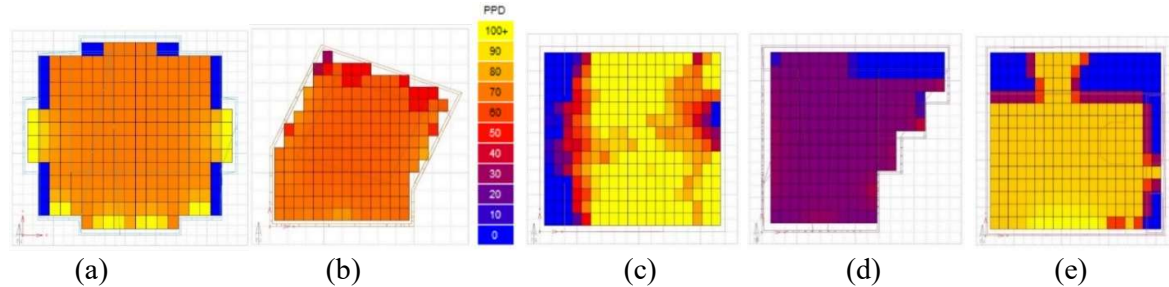
merasa tidak puas terhadap kenyamanan ruang masjid. Sementara pada Masjid At-Taufiq hanya 27% orang yang merasa tidak puas terhadap kenyamanan ruang masjid. Terdapat 86% orang yang merasa tidak puas terhadap tingkat kenyamanan ruang pada Masjid An-Nur.



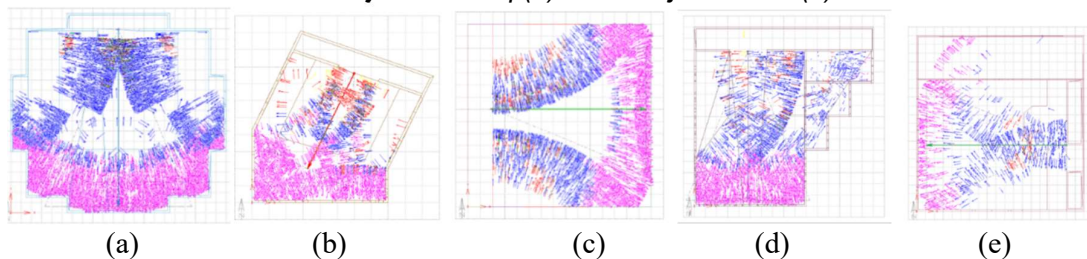
Gambar 2 Simulasi MRT terkini Masjid Agung (a) Masjid Jend. Sudirman (b) Masjid Alumni IPB (c) Masjid At-Taufiq (d) dan Masjid An-Nur (e)



Gambar 3 Simulasi PMV terkini Masjid Agung (a) Masjid Jend. Sudirman (b) Masjid Alumni IPB (c) Masjid At-Taufiq (d) dan Masjid An-Nur (e)



Gambar 4 Simulasi PPD terkini Masjid Agung (a) Masjid Jend. Sudirman (b) Masjid Alumni IPB (c) Masjid At-Taufiq (d) dan Masjid An-Nur (e)



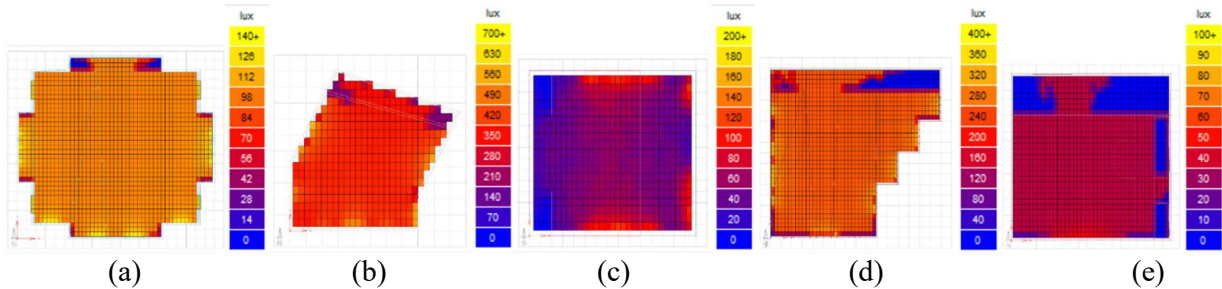
Gambar 5 Simulasi audial terkini Masjid Agung (a) Masjid Jend. Sudirman (b) Masjid Alumni IPB (c) Masjid At-Taufiq (d) dan Masjid An-Nur (e)

Menurut simulasi eksisting yang ditunjukkan pada Gambar 5 Masjid Agung, dihasilkan pantulan suara sebanyak tiga kali dengan arah suara menyebar sebanyak 7709 arah. Hasil simulasi Masjid Jend. Sudirman didapatkan suara memantul sebanyak empat kali dan tersebar ke 3372. Pada Masjid Alumni IPB didapatkan pantulan suara sebanyak tiga kali dengan arah suara menyebar sebanyak 3000 arah. Simulasi Masjid At-Taufiq didapatkan suara memantul sebanyak tiga kali dan tersebar ke 3693 arah.

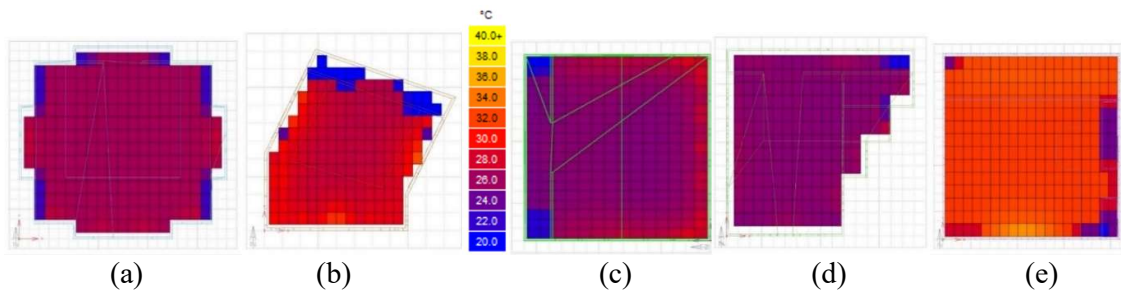
Menurut simulasi kondisi terkini didapatkan hasil pantulan sebanyak lima kali dengan arah suara menyebar sebanyak 1921 arah.

Berdasarkan Gambar 6 hasil simulasi kondisi terkini Masjid Agung didapatkan nilai pencahayaan sebesar 100.4 lux, Masjid Jend. Sudirman sebesar 540.5 lux, Masjid Alumni IPB sebesar 52.17 lux, Masjid At-Taufiq 233.58 lux dan Masjid An-Nur sebesar 28.11 lux. Berdasarkan SNI 03-6575-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung nilai minimum pencahayaan rumah ibadah masjid sebesar 200 lux, terdapat tiga masjid yang belum memenuhi yaitu pada Masjid Agung, Masjid Alumni IPB dan Masjid An-Nur. Terdapat dua masjid yang sudah memenuhi baku tingkat minimum yaitu pada Masjid Jend. Sudirman dan Masjid At-Taufiq sehingga tidak diperlukan modifikasi pada kedua masjid tersebut.

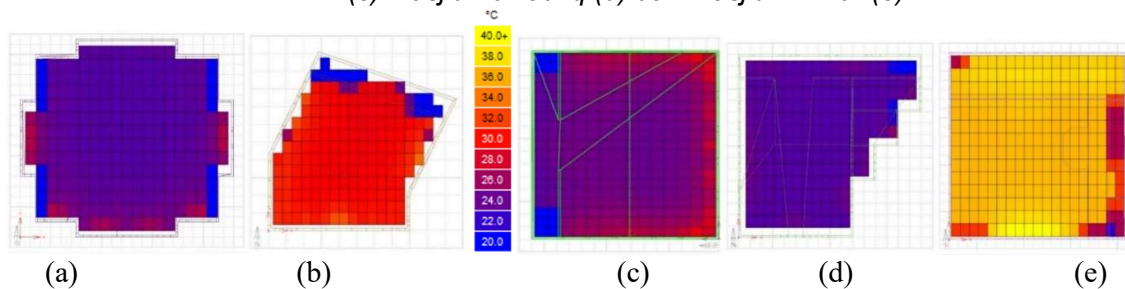
Modifikasi dengan tingkat penurunan MRT terbaik dipilih sebagai bahan substitusi selubung material bangunan masjid. Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8 pada Masjid Agung dipilih bahan modifikasi 2 karena berhasil menurunkan MRT sebesar 21.9% menjadi 25.1°C. Bahan modifikasi 1 dipilih sebagai bahan terbaik Masjid Jend. Sudirman karena menurunkan MRT sebesar 15.2% menjadi 27.1°C. Pada Masjid Alumni IPB penurunan MRT terbaik terjadi pad modifikasi 2 sebesar 20.4% menjadi 24.6°C. Modifikasi 2 terpilih sebagai bahan substitusi material selubung bangunan Masjid At-Taufiq dengan penurunan MRT sebesar 18.5% menjadi 24.6°C. Penurunan MRT terkecil terjadi pada Masjid An-Nur modifikasi 1 karena hanya mampu menurunkan MRT sebesar 7.4% menjadi 33.1.



Gambar 6 Simulasi visual terkini Masjid Agung (a) Masjid Jend. Sudirman (b) Masjid Alumni IPB (c) Masjid At-Taufiq (d) dan Masjid An-Nur (e)



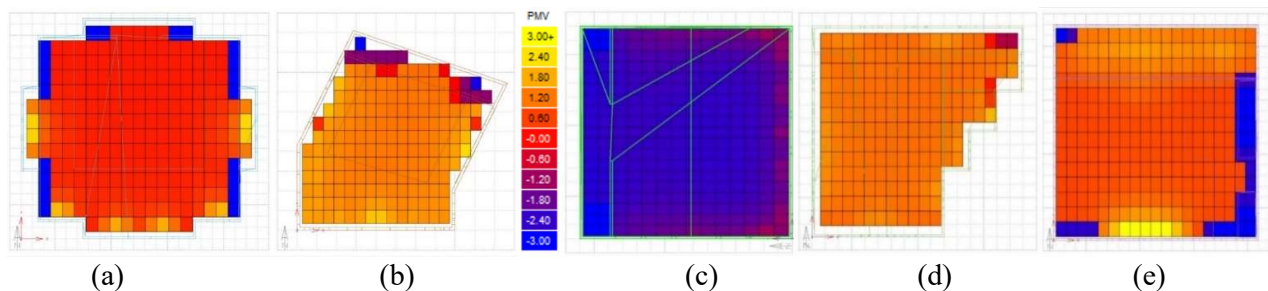
Gambar 7 Simulasi MRT modifikasi 1 Masjid Agung (a) Masjid Jend. Sudirman (b) Masjid Alumni IPB (c) Masjid At-Taufiq (d) dan Masjid An-Nur (e)



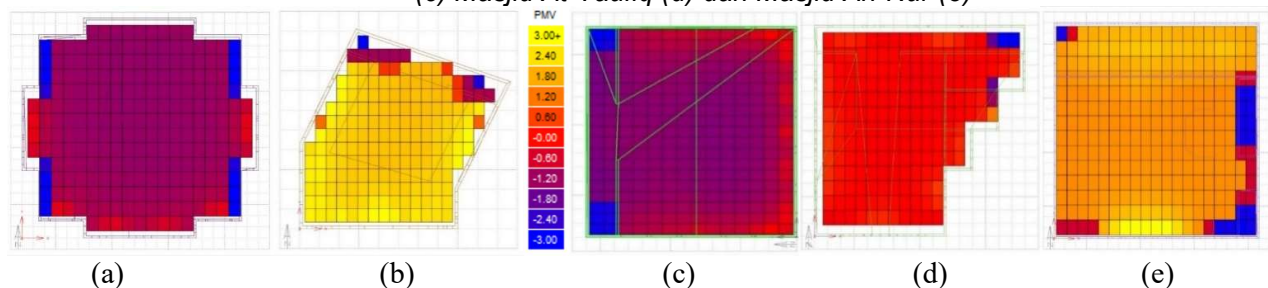
Gambar 8 Simulasi MRT modifikasi 2 Masjid Agung (a) Masjid Jend. Sudirman (b) Masjid Alumni IPB (c) Masjid At-Taufiq (d) dan Masjid An-Nur (e)

3.5 Simulasi Ecotect Analysis Kondisi Modifikasi

Kondisi modifikasi yang dilakukan pada kelima masjid terbukti mampu menurunkan MRT. Sesuai dengan SNI 03-6572-2001 tentang tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung, batas tingkat hangat nyaman ruangan berada pada 27.1°C . Empat masjid yaitu Masjid Agung, Masjid Jend. Sudirman, Masjid Alumni IPB, dan Masjid At-Taufiq sudah berada pada ambang batas kenyamanan ruang. Namun, pada Masjid An-Nur meskipun terjadi penurunan MRT, masjid tersebut belum memenuhi persyaratan kenyamanan ruang yang telah ditentukan. Perlu dilakukannya evaluasi terhadap material bangunan lainnya seperti lantai, atap, bukaan jendela dan yang lainnya.



Gambar 9 Simulasi PMV modifikasi 1 Masjid Agung (a) Masjid Jend. Sudirman (b) Masjid Alumni IPB (c) Masjid At-Taufiq (d) dan Masjid An-Nur (e)



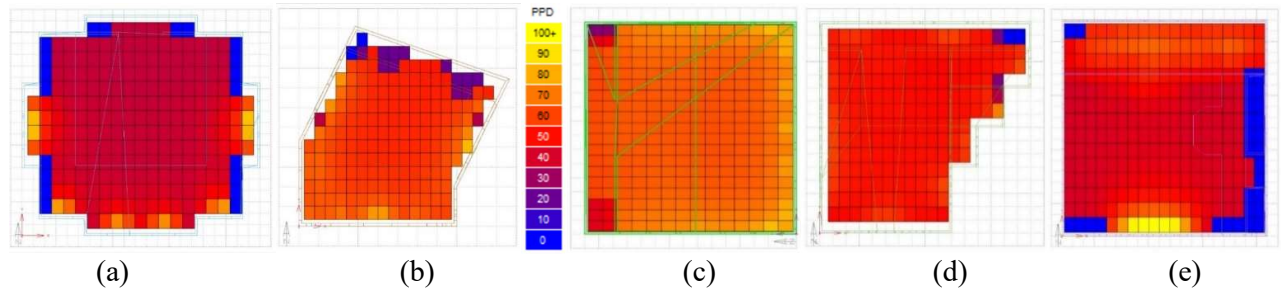
Gambar 10 Simulasi PMV modifikasi 2 Masjid Agung (a) Masjid Jend. Sudirman (b) Masjid Alumni IPB (c) Masjid At-Taufiq (d) dan Masjid An-Nur (e)

Berdasarkan Gambar 9 dan 10 simulasi modifikasi PMV pada Masjid Agung penurunan PMV terbesar terjadi pada modifikasi 2 dengan penurunan sebesar (2.5) satuan menjadi (-0.7) penurunan tersebut membuat PMV Masjid Agung berada pada kategori sedikit dingin. Penurunan PMV terbesar Masjid Jend. Sudirman terjadi pada kondisi modifikasi 1 dengan penurunan sebesar (0.4) satuan menjadi (1.3) hal ini membuat Masjid Jend. Sudirman berada pada kategori hangat. Masjid Alumni IPB dengan modifikasi 1 terjadi penurunan sebesar (3.6) satuan menjadi (-1.8) membuat masjid berada pada kategori dingin, oleh karena modifikasi 2 merupakan penurunan terbaik karena mendekati nilai optimal (0) yaitu dengan nilai (-0.6) berada pada kategori sedikit dingin. Pada Masjid At-Taufiq kondisi modifikasi 2 membuat PMV mengalami kenaikan sebesar (0.8) satuan menjadi (0.5) termasuk kedalam kategori sedikit hangat. Penurunan terbaik Masjid An-Nur terjadi pada kondisi modifikasi 1 dimana terjadi penurunan sebesar (1.1) satuan menjadi (1.1) berada dalam kategori hangat.

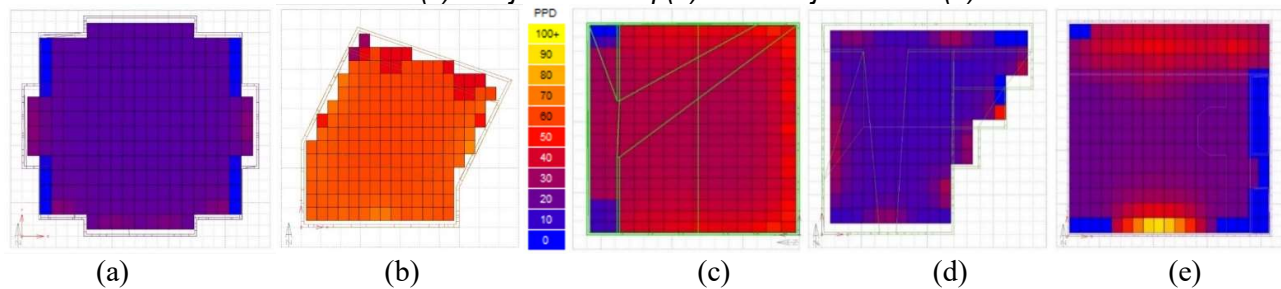
Berdasarkan Gambar 11 dan Gambar 12 penurunan terbaik Masjid Agung terjadi pada modifikasi 2 dengan penurunan dari kondisi terkini sebesar 60% menjadi 20% orang yang merasa tidak puas terhadap kenyamanan ruang masjid. Pada Masjid Jend. Sudirman penurunan terbaik terjadi pada kondisi modifikasi 1 dengan penurunan sebesar 38% menjadi 35% orang yang merasa tidak puas terhadap kenyamanan ruang masjid. Kondisi modifikasi 2 Masjid Alumni IPB menghasilkan penurunan PPD sebesar 80% menjadi 12% orang yang merasa tidak puas terhadap kenyamanan ruang masjid. Penurunan sebesar 17% menjadi 10% orang yang merasa tidak puas dengan kenyamanan ruang masjid terjadi pada kondisi modifikasi 2 Masjid At-Taufiq. Pada kondisi modifikasi 1 Masjid An-Nur terjadi

penurunan sebesar 56% menjadi 30% orang yang merasa tidak puas terhadap kenyamanan ruang Masjid An-Nur.

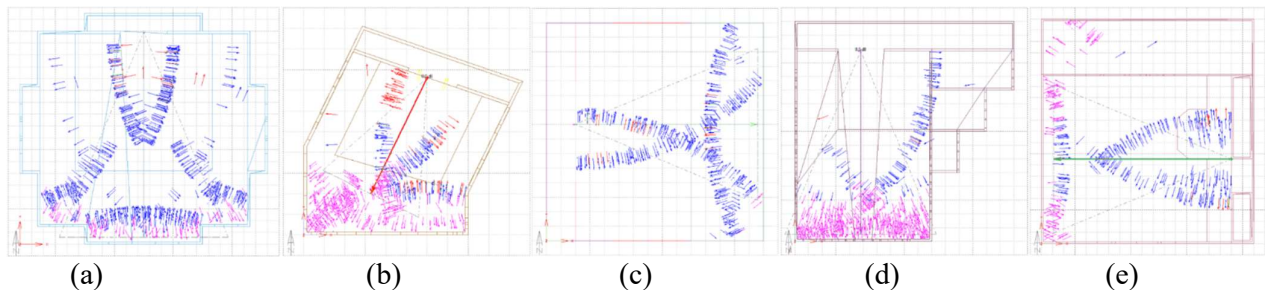
Kondisi modifikasi ditunjukkan pada Gambar 13. Pada Masjid Agung suara memantul dua kali dan penyebaran suara menurun 49.9% menjadi 3860 arah. Terjadi penurunan arah suara sebesar 51.5% menjadi dua kali pantulan suara dan sebaran arah sebanyak 1635 arah pada Masjid Jend. Sudirman. Masjid Alumni IPB mengalami penurunan sebesar 50% menjadi dua kali pantulan dan 1500 arah suara. Hal selaras terjadi pada Masjid At-Taufiq, terjadi penurunan sebesar 50.2% menjadi dua kali pantulan dan 1840 arah suara. Kondisi modifikasi Masjid An-Nur suara memantul dua kali dan penyebaran suara menurun 49.7% menjadi 967 arah.



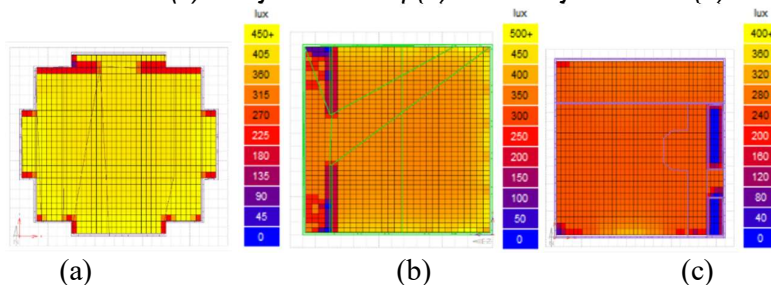
Gambar 11 Simulasi PPD modifikasi 1 Masjid Agung (a) Masjid Jend. Sudirman (b) Masjid Alumni IPB (c) Masjid At-Taufiq (d) dan Masjid An-Nur (e)



Gambar 12 Simulasi PPD modifikasi 2 Masjid Agung (a) Masjid Jend. Sudirman (b) Masjid Alumni IPB (c) Masjid At-Taufiq (d) dan Masjid An-Nur (e)



Gambar 13 Simulasi audial modifikasi Masjid Agung (a) Masjid Jend. Sudirman (b) Masjid Alumni IPB (c) Masjid At-Taufiq (d) dan Masjid An-Nur (e)



Gambar 14 Simulasi visual modifikasi Masjid Agung (a) Masjid Jend. Sudirman (b) Masjid Alumni IPB (c) Masjid At-Taufiq (d) dan Masjid An-Nur (e)

Berdasarkan SNI 03-6575-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung nilai minimum pencahayaan rumah ibadah masjid sebesar 200 lux. Menurut SNI pada Gambar 14 ketiga masjid sudah memenuhi batas minimum kenyamanan visual bangunan, pada Masjid Agung kenyamanan visual kondisi modifikasi terjadi peningkatan sebesar 297% menjadi 398.60 lux, Masjid Alumni IPB terjadi peningkatan sebesar 609% menjadi 369.91 lux, dan Masjid An-Nur terjadi peningkatan sebesar 771.5% menjadi 244.97 lux.

4. Kesimpulan

Berdasarkan SNI 03-6572-2001 kelima masjid belum memenuhi kriteria kenyamanan termal antara temperatur efektif 20.5°C~27.1°C. Sesuai dengan KEP-48/MENLH/11/1996 kelima masjid belum memenuhi baku tingkat kebisingan untuk tempat ibadah 55 dB(A). menurut SNI 03-6575-2001 terdapat tiga masjid yang belum memenuhi tingkat pencahayaan minimum 200 lux, yaitu pada Masjid Agung, Masjid Alumni IPB dan Masjid An-Nur.

Hasil modifikasi menghasilkan perubahan pada Masjid Agung dengan menurunkan MRT sebesar 21.9%, menurunkan PPD sebesar 75%, meredam arah suara sebesar 49.9% dan meningkatkan pencahayaan sebesar 297%. Pada Masjid Jend. Sudirman penurunan MRT sebesar 15.2%, penurunan PPD sebesar 52.1%, dan penyerapan suara sebesar 51.5%. Pada Masjid Alumni IPB terjadi penurunan MRT sebesar 20.4%, penurunan PPD sebesar 87%, meredam arah suara sebesar 50% dan peningkatan pencahayaan sebesar 609%. Pada Masjid An-Nur karena kondisi modifikasi berhasil menurunkan MRT sebesar 7.4%, menurunkan PPD sebesar 65.1%, meredam arah suara sebesar 49.7% dan meningkatkan pencahayaan sebesar 771.5%

Perlu dilakukannya penelitian pengaruh modifikasi material lantai, atap dan langit – langit pada masjid menggunakan *Software Ecotect Analysis*. Dalam pengukuran data, diperlukan waktu pengambilan data yang merepresentasikan dilakukannya waktu sholat sebanyak 5 waktu.

Daftar Pustaka

- [1] Syamsiyah NR dan Izzati HN. 2021. Strategi kenyamanan termal masjid (studi kasus Masjid Al-Kautsar Kertonatan, Sukoharjo, Jawa Tengah). *Langkau Betang: Jurnal Arsitektur*. 8(2): 98-109.
- [2] Krisnawati E. 2019. Elemen ruang terbuka hijau dalam fenomena kebutuhan tata ruang perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*. 6(10): 1 – 8.
- [3] Wang H dan Hu S. 2016. *Experimental study on thermal sensation of people in moderate activities*. *Build Environ*. 100(1): 127 – 134.
- [4] Sahabuddin, Hamzah B, dan Ihsan. 2014. Pengaliran udara untuk kenyamanan termal ruang kelas dengan metode simulasi *computational fluid dynamics*. *Sinektika*. 14(2): 209 – 216.
- [5] Mannan. 2007. Faktor kenyamanan dalam perancangan bangunan (kenyamanan suhu-termal pada bangunan). *Jurnal Ihsan Gorontalo*. 2(1): 466 – 473.
- [6] Indarwati S, Respati SMB, dan Darmanto. 2019. Kebutuhan daya pada air conditioner saat terjadi perbedaan suhu dan kelembapan. *Momentum*. 15(1): 91–95.
- [7] Nurwidyaningrum D, Hidjan AG, dan Farida R. 2015. Pengaruh material ruang pada kenyamanan termal ruang membuat yang menggunakan. *Jurnal Tesa Arsitektur*. 13(2): 81–92.
- [8] Pratama DA dan Budiono IZ. 2021. Perancangan jendela dan partisi pembatas dengan pertimbangan kenyamanan termal. *Jurnal Desain Interior*. 6(2): 55 – 64.
- [9] [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2001a. Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung. SNI 03-6572- 2001.
- [10] [KemenLH] Kementerian Lingkungan Hidup. 1996. Baku Tingkat Kebisingan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. KEP-48/MENLH/11/1996. Volume ke-66. Jakarta.
- [11] Putra BGA, dan Madyono G. 2017. Analisis intensitas cahaya pada area produksi terhadap keselamatan dan kenyamanan kerja sesuai dengan standar 42 pencahayaan (Studi kasus di PT. Lendis Cipta Media Jaya). *Jurnal OPSI*. 10(2): 115 – 124.
- [12] Nabilah QJ, Puspaningrum EY, dan Saputra WSJ. 2020. Otomatisasi pengatur intensitas cahaya ruang menggunakan logika fuzzy. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi (JIFoSI)*. 1(2): 362 – 371.