

SKRIPSI 50

**UPAYA PENINGKATAN KENYAMANAN TERMAL
MELALUI MODIFIKASI VENTILASI
DENGAN SIMULASI FLOW DESIGN
PADA RUANG KELAS SEKOLAH
AL-IRSYAD SATYA BANDUNG BARAT**



**NAMA : KIRANA ANNISA
NPM : 2017420128**

PEMBIMBING: DR. IR. YASMIN SURIANSYAH, MSP

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN ARSITEKTUR
PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR**

**Akreditasi Institusi Berdasarkan BAN Perguruan Tinggi No: 4339/SK/BAN-
PT/Akred/PT/XI/2017 dan Akreditasi Program Studi Berdasarkan BAN
Perguruan Tinggi No: 4501/SK/BAN-PT/Akred/S/XI/2019**

**BANDUNG
2021**

SKRIPSI 50

**UPAYA PENINGKATAN KENYAMANAN TERMAL
MELALUI MODIFIKASI VENTILASI
DENGAN SIMULASI FLOW DESIGN
PADA RUANG KELAS SEKOLAH
AL-IRSYAD SATYA BANDUNG BARAT**



**NAMA : KIRANA ANNISA
NPM : 2017420128**

PEMBIMBING:



DR. IR. YASMIN SURIANSYAH, MSP

PENGUJI :

**IR. MIMIE PURNAMA, MT.
IR. E.B. HANDOKO SUTANTO, MT.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN ARSITEKTUR
PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR**

**Akreditasi Institusi Berdasarkan BAN Perguruan Tinggi No: 4339/SK/BAN-
PT/Akred/PT/XI/2017 dan Akreditasi Program Studi Berdasarkan BAN
Perguruan Tinggi No: 4501/SK/BAN-PT/Akred/S/XI/2019**

**BANDUNG
2021**

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN SKRIPSI

(Declaration of Authorship)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kirana Annisa
NPM : 2017420128
Alamat : Jl. Pitacandra no. 2, Kota Baru Parahyangan, Bandung Barat
Judul Skripsi : Upaya Peningkatan Kenyamanan Termal Melalui Modifikasi Ventilasi dengan Simulasi Flow Design pada Ruang Kelas Sekolah Al-Irsyad Satya Bandung Barat

Dengan ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa :

1. Skripsi ini sepenuhnya adalah hasil karya saya pribadi dan di dalam proses penyusunannya telah tunduk dan menjunjung Kode Etik Penelitian yang berlaku secara umum maupun yang berlaku di lingkungan Universitas Katolik Parahyangan.
2. Jika dikemudian hari ditemukan dan terbukti bahwa isi di dalam skripsi ini, baik sebagian maupun keseluruhan terdapat penyimpangan-penyimpangan dari Kode Etik Penelitian antara lain seperti tindakan merekayasa atau memalsukan data atau tindakan sejenisnya, tindakan plagiarisme atau autoplagiarisme, maka saya bersedia menerima seluruh konsekuensi hukum sesuai ketentuan yang berlaku.

Bandung, Juli 2021



Kirana Annisa

Abstrak

UPAYA PENINGKATAN KENYAMANAN TERMAL MELALUI MODIFIKASI VENTILASI DENGAN SIMULASI FLOW DESIGN PADA RUANG KELAS SEKOLAH AL IRSYAD SATYA BANDUNG BARAT

Oleh
Kirana Annisa
NPM: 2017420128

Keberlanjutan pada bangunan merupakan suatu aspek yang sangat penting dan mulai dijunjung dewasa ini. Kota Baru Parahyangan merupakan salah satu kota satelit yang mengadopsi konsep hijau dengan diadakannya komunitas ‘*Hayu Hejo*’. Salah satu bangunan yang terdapat pada kawasan Kota Baru Parahyangan ini adalah bangunan sekolah Al Irsyad Satya yang selesai dibangun pada tahun 2013 dan memfasilitasi kegiatan belajar-mengajar untuk level SMP dan SMA. Sekolah Al Irsyad Satya ini mengaplikasikan konsep keberlanjutan dengan desain yang terbuka dan tidak menggunakan AC untuk kegiatan sehari-hari di kelas. Tapi dikarenakan fasad sekolah dirancang dengan abstraksi kaligrafi ayat Al Quran, jendela-jendela bagian luar bangunan terpaksa mengikuti sehingga bentuknya menjadi kecil-kecil dan bervariasi. Akibat desain jendela yang kecil dan tidak teratur tersebut, sirkulasi udara di dalam ruang kelas menjadi terhambat dan seringkali masih perlu menggunakan kipas angin. Tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan alternatif desain bukaan ventilasi yang efektif dalam memperbaiki sirkulasi udara dalam ruang dan meningkatkan kenyamanan termal.

Penelitian ini menggunakan pendekatan gabungan kualitatif-kuantitatif dengan metode observasi dan simulasi. Observasi dilakukan untuk mengetahui keadaan nyata kenyamanan termal di bangunan sekolah Al Irsyad Satya dengan mengukur suhu, kelembaban, dan kecepatan angin. Kemudian simulasi dilaksanakan dua kali, yang pertama menggunakan model 3D bangunan eksisting dan data mawar angin setempat untuk mengetahui pola pergerakan dan kecepatan angin di sekitar bangunan, kemudian yang kedua menggunakan model 3D bangunan yang sudah dimodifikasi bukaan ventilasinya. Hasil simulasi dibandingkan dengan teori kecepatan angin dan inlet-outlet pada ruangan.

Simulasi pertama dilakukan pada model 3D bangunan eksisting, dimana hasilnya menunjukkan bukaan jendela yang menghadap *inner court* lebih sering menjadi bukaan inlet dibandingkan bukaan jendela bagian fasad, dan kecepatan angin dalam ruang masih cenderung 0 m/detik. Kemudian pada modifikasi bukaan ventilasi, bukaan inlet ditambah pada bagian bawah dinding dan pintu, kemudian ditambah sedikit jendela di bagian fasad mengikuti desain kaligrafi untuk memasukkan lebih banyak udara tanpa harus mengubah banyak fasad bangunan.

Hasil simulasi dengan modifikasi menunjukkan udara lebih banyak masuk ke dalam ruang akibat adanya tambahan lubang ventilasi tersebut sehingga di beberapa simulasi terdapat kenaikan kecepatan angin di dalam ruang, tapi tidak begitu banyak. Kecepatan lebih dari 0 m/detik di dalam ruang juga ada yang ekstrem, dapat dikarenakan penggunaan jendela fasad yang malah menjadi lubang inlet.

Peningkatan kenyamanan termal agar jadi optimal masih harus dibantu pengkondisian lebih lanjut dengan strategi lain seperti penambahan vegetasi atau elemen air yang tidak dapat disimulasikan, dengan begitu keberlanjutan bangunan juga dapat ditingkatkan. Tapi secara umum, dengan modifikasi, dapat lebih mudah masuk dan ruang kelas kini memenuhi standar luas bukaan ventilasi.

Kata-kata kunci: ventilasi, kecepatan angin, Bandung Barat

Abstract

EFFORTS TO IMPROVE THERMAL COMFORT THROUGH VENTILATION MODIFICATION WITH FLOW DESIGN SIMULATION IN AL IRSYAD SATYA SCHOOL CLASS ROOM WEST BANDUNG

by

**Kirana Annisa
NPM: 2017420128**

Sustainability is a current global rising issue and one of the very important aspects in buildings and architecture . Kota Baru Parahyangan is one of the satellite cities that adopts a green concept with the holding of the 'Hayu Hejo' community. One of the buildings in the Kota Baru Parahyangan area is the Al Irsyad Satya school building which was completed in 2013 and facilitates teaching and learning activities for junior high and high school levels. This school applies the concept of sustainability with an open design and does not use air conditioning for daily activities in the classroom. But because the school's facade is designed with calligraphic abstractions from Al-Quran verses, the outside windows of the building are forced to comply so that their shapes are small and quite varied. Due to the small and irregular design of the windows, air circulation in the classroom is hampered and it is often necessary to use fans. The purpose of this research is to find an alternative design of ventilation openings that are effective in improving air circulation in the room and increasing thermal comfort.

This study uses a hybrid qualitative-quantitative approach with observation and simulation methods. Observations were made to determine the real state of thermal comfort in the Al Irsyad Satya school building by measuring temperature, humidity, and air velocity. Then the simulation was carried out twice, the first using a 3D model of the existing building and local wind rose data to determine the pattern of movement and air velocity around the building, then the second using a 3D model of the building with modified ventilation openings. The simulation results are compared with the theory of air velocity and inlet-outlet in the room.

The first simulation was carried out on a 3D model of the existing building, where the results showed that the openings facing the inner court were more often used as inlet openings than the facade window openings, and the indoor wind speed still tended to be 0 m/sec. Then in the modification of ventilation openings, inlet openings were added at the bottom of the walls and doors, then added a few windows on the facade following the calligraphic design to allow more air entering the building without having to change the whole facade.

The simulation results with modifications show that more air enters the room due to the additional ventilation holes so that in some simulations there is an increase in wind speed in the room, but really significant. Wind speed that are above 0 m/s in the room are also considered extreme, this can be due to the use of facade windows which have turned into inlet holes.

The increase in thermal comfort still has to be assisted by further conditioning to be improved, with other strategies such as the addition of vegetation or water elements that cannot be simulated, so that the sustainability of the building can also be improved. But in general, with modifications, wind can enter the building easily and the classrooms have fulfilled the standard for ventilation openings.

Keywords: ventilation, wind velocity, West Bandung

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi yang tidak dipublikasikan ini, terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Katolik Parahyangan, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI dan tata cara yang berlaku di lingkungan Universitas Katolik Parahyangan.

Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh skripsi haruslah seijin Rektor Universitas Katolik Parahyangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena penyusun dapat menyelesaikan penelitian ini. Penelitian ini dibuat untuk memenuhi tugas akhir Fakultas Teknik Program Studi Arsitektur, Universitas Katolik Parahyangan. Selama proses penelitian berlangsung, penyusun mendapatkan bimbingan, arahan, dukungan, dan saran. Untuk itu rasa terima kasih sedalam-dalamnya penyusun sampaikan kepada:

1. Orangtua penyusun, atas kasih sayang dan dukungannya kepada penyusun baik secara mental dan finansial selama ini.
2. Dosen pembimbing, Ibu Dr. Ir. Yasmin Suriansyah, MSP. atas saran, pengarahan, dan masukan yang telah diberikan serta berbagai ilmu yang berharga.
3. Dosen penguji, Ibu Ir. Mimie Purnama, MT. dan Bapak Ir. E.B. Handoko Sutanto, M.T. atas masukan dan bimbingan yang diberikan.
4. Ibu Christi Maria Saraswati selaku Laboran Desain dan Bengkel Arsitektur yang telah membantu penyusun dalam hal peminjaman dan penggunaan alat ukur.
5. Ibu Hera dan Bapak Viki Auliya dari pihak Departemen Planning & Design Kota Baru Parahyangan yang telah membantu penyusun dalam memperoleh perizinan dan dokumen-dokumen yang dibutuhkan untuk penelitian ini.
6. Mr Anbarasu Balrasan dan Ms Indri Rini Andriani selaku Senior Principal dan Assistant Senior Principal sekolah Al Irsyad Satya Islamic School, serta Mr Ivan Haris Prayoga selaku Building Manager, yang menyambut penyusun dengan hangat di sekolah, dan mengizinkan penyusun untuk melakukan penelitian terhadap sekolah.
7. Regina, Fazia, dan Fida yang selalu menyemangati dan mendukung dalam pengerjaan penelitian ini.
8. Izza, Fia, Puteri, dan Andin yang selalu menyemangati dan mendukung penyusun dalam pengerjaan Skripsi Arsitektur 50 ini, walaupun bidang yang ditempuh berbeda, teman-teman selalu ada untuk penyusun dan senantiasa membuat kehidupan *work from home* menjadi jauh dari kata jenuh.
9. Teman-teman regu bimbingan Ibu Yasmin, yaitu Reyna, kak Dani, dan terutama Safira yang telah senantiasa menemani, mendukung, mengingatkan, dan mendengarkan keluh kesah penyusun menjalani penelitian skripsi ini.

10. Teman-teman Arsitektur Unpar 2017 terutama teman-teman pejuang Skripsi Arsitektur 50 yang tidak bisa penyusun sebut satu-satu, terima kasih atas kerjasama dan dukungannya selama satu semester ini.

Sebelumnya penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penyusun mohon maaf dan sangat menghargai kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Bandung, 19 Juli 2021

Kirana Annisa

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| Abstrak..... | i |
| Abstract..... | iii |
| PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI | v |
| UCAPAN TERIMA KASIH..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR TABEL..... | xvii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xix |
| | |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Pertanyaan Penelitian | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| 1.5 Ruang Lingkup Penelitian | 5 |
| 1.5.1 Ruang Lingkup Objek | 5 |
| 1.5.2 Ruang Lingkup Penelitian | 5 |
| 1.6 Kerangka Penelitian | 6 |
| | |
| BAB 2 KEBERLANJUTAN DAN KENYAMANAN TERMAL DI RUANG KELAS SEKOLAH | 7 |
| 2.1 Ilmu Arsitektur | 7 |
| 2.2 Green Building | 7 |
| 2.2.1 Prinsip <i>Green Building</i> | 8 |
| 2.2.2 Sertifikat Greenship..... | 9 |
| 2.3 Kenyamanan Termal pada Ruang | 10 |
| 2.3.1 Kecepatan Angin..... | 11 |
| 2.4 Ventilasi Alami..... | 13 |
| 2.4.1 Pergerakan Udara pada Bangunan | 14 |
| 2.4.2 Prinsip Ventilasi | 18 |
| 2.4.3 Jenis-jenis Bukaan Ventilasi | 21 |
| 2.4.4 Strategi Optimalisasi Pergerakan Udara dalam Bangunan..... | 26 |
| 2.5 Computational Fluid Dynamics (CFD) | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5.1 Autodesk Flow Design | 28 |
| BAB 3 METODE PENELITIAN | 31 |
| 3.1 Jenis Penelitian | 31 |
| 3.2 Prosedur Penelitian | 31 |
| 3.3 Tempat dan Waktu Penelitian..... | 32 |
| 3.4 Teknik Pengumpulan Data | 32 |
| 3.4.1 Observasi | 33 |
| 3.4.2 Simulasi | 33 |
| 3.5 Alat Pengukur Data | 34 |
| 3.5.1 Alat Pengukur saat Observasi..... | 34 |
| 3.5.2 Penggunaan <i>Autodesk Flow Design</i> saat Simulasi | 35 |
| 3.6 Teknik Analisa Data | 37 |
| 3.6.1 Analisa Data Observasi..... | 37 |
| 3.6.2 Analisa Data Simulasi..... | 37 |
| BAB 4 BANGUNAN SEKOLAH AL IRSYAD SATYA | 41 |
| 4.1 Data Awal | 41 |
| 4.1.1 Data Gambar Kerja..... | 41 |
| 4.1.2 Data Pengukuran di Bangunan Sekolah Al-Irsyad Satya | 44 |
| 4.2 Persiapan Data Simulasi | 46 |
| 4.2.1 Model 3D Bangunan..... | 46 |
| 4.2.2 Data Angin Setempat..... | 48 |
| 4.3 Simulasi Awal..... | 50 |
| 4.4 Hasil Simulasi Pergerakan Udara pada Bangunan Eksisting..... | 51 |
| 4.4.1 Simulasi Angin dari Timur | 52 |
| 4.4.2 Simulasi Angin dari Timur - Tenggara..... | 54 |
| 4.4.3 Simulasi Angin dari Selatan – Tenggara | 56 |
| 4.4.4 Simulasi Angin dari Barat | 58 |
| 4.4.5 Simulasi Angin dari Barat – Barat Laut | 61 |
| 4.4.6 Simulasi Angin dari Utara – Barat Laut | 63 |
| 4.4.7 Kesimpulan Hasil Simulasi Bangunan Eksisting | 65 |

| | |
|---|--------|
| BAB 5 UPAYA PENINGKATAN KENYAMANAN TERMAL MELALUI MODIFIKASI VENTILASI PADA BANGUNAN SEKOLAH AL IRSYAD SATYA KBP..... | 67 |
| 5.1 Persiapan Data Simulasi..... | 67 |
| 5.2 Simulasi Awal | 71 |
| 5.3 Hasil Simulasi Pergerakan Udara pada Bangunan dengan Modifikasi Rancangan Ventilasi | 73 |
| 5.3.1 Simulasi Angin dari Timur..... | 74 |
| 5.3.2 Simulasi Angin dari Timur – Tenggara..... | 76 |
| 5.3.3 Simulasi Angin dari Selatan – Tenggara..... | 78 |
| 5.3.4 Simulasi Angin dari Barat | 81 |
| 5.3.5 Simulasi Angin dari Barat – Barat Laut..... | 83 |
| 5.3.6 Simulasi Angin dari Utara – Barat Laut..... | 85 |
| 5.3.7 Kesimpulan Hasil Simulasi Bangunan dengan Modifikasi Ventilasi..... | 87 |
| 5.4 Pengaruh Kecepatan Udara terhadap Aspek Keberlanjutan pada Bangunan Sekolah Al-Irsyad Satya..... | 88 |
| BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN | 91 |
| 6.1 Kesimpulan..... | 91 |
| 6.2 Saran..... | 92 |
| 6.2.1 Saran untuk Pihak Sekolah Al-Irsyad Satya..... | 92 |
| 6.2.2 Saran untuk Peneliti Lain | 93 |
| DAFTAR PUSTAKA | 95 |
| LAMPIRAN..... | 97 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 1.1 | Diagram emisi karbon dunia pada tahun 2017. (sumber: UN Environment Global Status Report 2017, EIA International Energy Outlook 2017)..... | 1 |
| Gambar 1.2 | <i>Satellite</i> view sekolah Al Irsyad Satya (sumber: Google Earth)..... | 2 |
| Gambar 1.3 | Perspektif ke arah halaman dari lobby. Gedung SMP di sebelah kanan dan SMA di sebelah kiri..... | 2 |
| Gambar 1.4 | Fasad gedung SMA dengan ukuran jendela yang berbeda-beda. (sumber: Kemendikbud, 7 Maret 2021)..... | 3 |
| Gambar 1.5 | Jendela kelas bagian fasad di lantai Lower Ground..... | 4 |
| Gambar 1.6 | Jendela kelas bagian fasad di lantai dasar..... | 4 |
| Gambar 1.7 | Jendela kelas bagian inner court..... | 4 |
| Gambar 2.1 | Logo Green Building Council Indonesia (sumber: GBC Indonesia website)..... | 9 |
| Gambar 2.2 | Kebutuhan kenaikan kecepatan angin sesuai kenaikan temperatur. (sumber: SNI 03-6572-2001)..... | 13 |
| Gambar 2.3 | Alasan pergerakan udara. (Sumber: Lechner, 2015)..... | 14 |
| Gambar 2.4 | Tipe pergerakan udara. (sumber: Lechner, 2015)..... | 15 |
| Gambar 2.5 | Perbedaan tekanan pada sisi bangunan. (sumber: Lechner, 2015).... | 16 |
| Gambar 2.6 | Pergerakan udara pada daerah bertekanan tinggi dan rendah. (sumber: Lechner, 2015)..... | 16 |
| Gambar 2.7 | Efek Bernoulli. (sumber: Lechner, 2015)..... | 16 |
| Gambar 2.8 | Stack Effect. (sumber: Lechner, 2015)..... | 17 |
| Gambar 2.9 | Grafik gradien angin. (sumber: Koenigsberger, 1973)..... | 18 |
| Gambar 2.10 | Contoh jendela ayun top hung. (sumber: RMEXT.com)..... | 21 |
| Gambar 2.11 | Contoh jendela geser horizontal. (sumber: terra-nova.co.uk)..... | 22 |
| Gambar 2.12 | Contoh jendela bovenlicht dengan celah. (sumber: insinyurbangunan.com)..... | 22 |
| Gambar 2.13 | Contoh jalusi. (sumber: dekoruma.com)..... | 23 |
| Gambar 2.14 | Contoh jendela naco. (sumber: www.99.co)..... | 23 |
| Gambar 2.15 | Jendela Single Hung (sumber: milgard.com)..... | 24 |
| Gambar 2.16 | Jendela Horizontal sliders. (sumber: milgard.com)..... | 24 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.17 | Jendela Casement. (sumber: milgard.com)..... | 24 |
| Gambar 2.18 | Jendela Awning. (sumber: milgard.com)..... | 24 |
| Gambar 2.19 | Jendela Hopper. (sumber: vytexwindows.com)..... | 24 |
| Gambar 2.20 | Jendela Tilt - Turn. (sumber: glowindows.com)..... | 24 |
| Gambar 2.21 | Contoh dinding roster. (sumber: Godean.web.id)..... | 26 |
| Gambar 2.22 | Efek daun jendela pada pergerakan udara. (Sumber: Koenigsberger, 1973)..... | 26 |
| Gambar 2.23 | Efek kanopi pada pergerakan udara. (sumber: Koenigsberger, 1973)..... | 27 |
| Gambar 2.24 | Efek jalusi pada pergerakan udara. (sumber: Koenigsberger, 1973)..... | 27 |
| Gambar 2.25 | Logo Autodesk Flow Design. (sumber: autodesk.com)..... | 28 |
| Gambar 2.26 | Contoh penggunaan Flow Design pada Bangunan. (sumber: autodesk.typepad.com)..... | 28 |
| Gambar 3.1 | Titik pengambilan data pada bangunan. (sumber: Penggambaran ulang berdasarkan gambar kerja dari pihak SMA Al Irsyad Satya).. | 33 |
| Gambar 3.2 | Hot Wire Anemometer (sumber: indiamart.com) | 34 |
| Gambar 3.3 | Wet Bulb Globe Thermometer (sumber: Amazon.com)..... | 34 |
| Gambar 3.4 | Interface Autodesk Flow Design..... | 35 |
| Gambar 3.5 | Pengaturan orientasi dan kecepatan angin di Autodesk Flow Design. | 35 |
| Gambar 3.6 | Pengaturan tampilan aliran angin di Autodesk Flow Design..... | 36 |
| Gambar 3.7 | Penyimpanan file / ekspor file dari Autodesk Flow Design..... | 36 |
| Gambar 3.8 | Contoh hasil simulasi shaded angin dari arah Barat..... | 37 |
| Gambar 3.9 | Perbedaan kecepatan sesuai kontur warna..... | 38 |
| Gambar 3.10 | Contoh hasil simulasi berupa vector..... | 38 |
| Gambar 3.11 | Contoh analisis pergerakan angin untuk menentukan lubang inlet dan outlet..... | 39 |
| Gambar 4.1 | Denah Lantai Lower Ground. (Sumber: Properti Manajemen PT. Belaputera Intiland)..... | 41 |
| Gambar 4.2 | Denah Lantai Ground Floor. (Sumber: Properti Manajemen PT. Belaputera Intiland)..... | 41 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.3 | Denah Lantai 1. (Sumber: Properti Manajemen PT Belaputera Intiland)..... | 42 |
| Gambar 4.4 | Tampak Kiri. (Sumber: Properti Manajemen PT Belaputera Intiland)..... | 42 |
| Gambar 4.5 | Potongan memendek. (Sumber: Properti Manajemen PT Belaputera Intiland)..... | 42 |
| Gambar 4.6 | Zonasi lantai Lower Ground (LG) | 44 |
| Gambar 4.7 | Zonasi lantai dasar (GF) | 44 |
| Gambar 4.8 | Zonasi lantai 1..... | 45 |
| Gambar 4.9 | Pemodelan lantai Lower Ground..... | 47 |
| Gambar 4.10 | Pemodelan lantai dasar..... | 47 |
| Gambar 4.11 | Pemodelan lantai 1..... | 47 |
| Gambar 4.12 | Perspektif model dari sisi belakang..... | 48 |
| Gambar 4.13 | Perspektif model dari sisi depan..... | 48 |
| Gambar 4.14 | Tampilan laman timeanddate tentang data cuaca. (sumber: timeanddate.com)..... | 49 |
| Gambar 4.15 | Diagram Mawar Angin daerah Padalarang, Bandung Barat. (sumber: timeanddate.com, windrose.xyz)..... | 49 |
| Gambar 5.1 | Penambahan bukaan pada fasad sayap gedung SMA..... | 67 |
| Gambar 5.2 | Penambahan bukaan pada fasad sayap gedung SMP..... | 68 |
| Gambar 5.3 | Penambahan bukaan pada dinding bagian inner court..... | 68 |
| Gambar 5.4 | Penambahan bukaan pada dinding bagian fasad di lantai Lower Ground..... | 68 |
| Gambar 5.5 | Grafik perbandingan kenaikan temperatur dengan kenaikan kecepatan angin. (sumber: SNI 03-6572-2001)..... | 88 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Standar kenyamanan termal Greenship (sumber: GBCI)..... | 12 |
| Tabel 2.2 | Tabel kecepatan angin dan kesejukan. (sumber: SNI 03-6572-2001).. | 14 |
| Tabel 2.3 | Pengaruh letak bukaan terhadap sirkulasi udara dalam ruang. (sumber: Mangunwijaya, 1988)..... | 20 |
| Tabel 2.4 | Ventilasi ruang disesuaikan dengan jenis dan peruntukannya. (sumber: Kemenkes RI nomor 1429/MENKES/SK/XII/2006)..... | 21 |
| Tabel 2.5 | Standar ventilasi dari Greenship (sumber: GBCI)..... | 22 |
| Tabel 2.6 | Tabel kelebihan dan kekurangan variasi bukaan jendela. (sumber: Bliss, 2005)..... | 25 |
| Tabel 4.1 | Jenis jendela luar berdasarkan bentuk dan luas..... | 43 |
| Tabel 4.2 | Luas bukaan setiap kelas..... | 43 |
| Tabel 4.3 | Tabel hasil pengukuran sesi pagi. | 45 |
| Tabel 4.4 | Tabel hasil pengukuran sesi siang..... | 45 |
| Tabel 4.5 | Kecepatan angin dari setiap arah angin yang disimulasikan..... | 49 |
| Tabel 4.6 | Hasil simulasi sederhana bangunan eksisting..... | 50 |
| Tabel 4.7 | Keterangan hasil simulasi sederhana bangunan eksisting..... | 50 |
| Tabel 4.8 | Hasil simulasi angin dari Timur..... | 52 |
| Tabel 4.9 | Keterangan hasil simulasi..... | 53 |
| Tabel 4.10 | Hasil simulasi angin dari Timur-Tenggara..... | 54 |
| Tabel 4.11 | Keterangan hasil simulasi..... | 55 |
| Tabel 4.12 | Hasil simulasi angin dari Selatan-Tenggara..... | 56 |
| Tabel 4.13 | Keterangan hasil simulasi..... | 57 |
| Tabel 4.14 | Hasil simulasi angin dari Barat..... | 58 |
| Tabel 4.15 | Keterangan hasil simulasi..... | 60 |
| Tabel 4.16 | Hasil Simulasi angin dari Barat - Barat Laut..... | 61 |
| Tabel 4.17 | Keterangan hasil simulasi..... | 62 |
| Tabel 4.18 | Hasil simulasi angin dari Utara - Barat Laut..... | 63 |
| Tabel 4.19 | Keterangan hasil simulasi..... | 64 |
| Tabel 5.1 | Luas bukaan setiap kelas setelah dimodifikasi..... | 69 |
| Tabel 5.2 | Penjabaran alternatif detail bukaan..... | 70 |
| Tabel 5.3 | Hasil simulasi sederhana alternatif modifikasi ventilasi..... | 71 |

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 5.4 | Keterangan hasil simulasi sederhana alternatif modifikasi ventilasi... | 72 |
| Tabel 5.5 | Hasil simulasi angin dari Timur..... | 74 |
| Tabel 5.6 | Keterangan hasil simulasi..... | 75 |
| Tabel 5.7 | Hasil simulasi angin dari Timur-Tenggara..... | 76 |
| Tabel 5.8 | Keterangan hasil simulasi..... | 77 |
| Tabel 5.9 | Hasil simulasi angin dari Selatan-Tenggara..... | 78 |
| Tabel 5.10 | Keterangan hasil simulasi..... | 80 |
| Tabel 5.11 | Hasil simulasi angin dari Barat..... | 81 |
| Tabel 5.12 | Keterangan hasil simulasi..... | 82 |
| Tabel 5.13 | Hasil Simulasi angin dari Barat - Barat Laut..... | 83 |
| Tabel 5.14 | Keterangan hasil simulasi..... | 84 |
| Tabel 5.15 | Hasil simulasi angin dari Utara - Barat Laut..... | 85 |
| Tabel 5.16 | Keterangan hasil simulasi..... | 87 |
| Tabel 6.1 | Upaya peningkatan kenyamanan termal melalui modifikasi ventilasi. | 91 |

DAFTAR LAMPIRAN

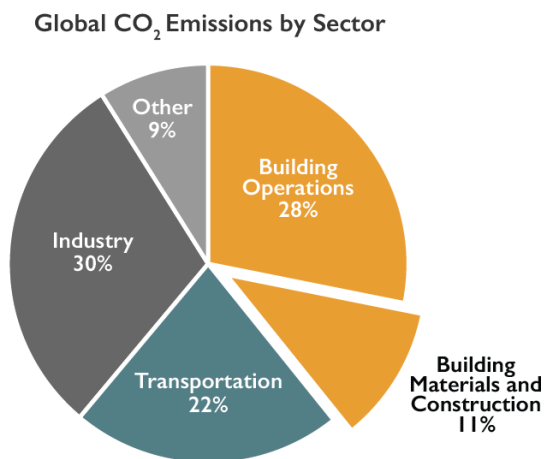
| | | |
|------------|--|-----|
| Lampiran 1 | Tabel hasil pengukuran pada hari Rabu, 2 Juni 2021..... | 91 |
| Lampiran 2 | Tabel hasil pengukuran hari Kamis, 3 Juni 2021..... | 100 |
| Lampiran 3 | Data angin dan kelembaban untuk pembuatan Mawar Angin. (sumber: timeanddate.com)..... | 102 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global merupakan sebuah isu yang sedang marak di tengah masyarakat dewasa ini. Baik bidang pekerjaan, instansi, atau individu di seluruh dunia mulai beralih ke gaya hidup yang lebih berkelanjutan dengan meminimalisir konsumsi sumber daya alam yang tidak terbarukan dan menggantikannya dengan yang terbarukan, serta meminimalisir limbah yang dibuang ke lingkungan.



Gambar 1.1: Diagram emisi karbon dunia pada tahun 2017. (sumber: UN Environment Global Status Report 2017, EIA International Energy Outlook 2017)

Arsitektur pada dasarnya merupakan sebuah bidang yang cukup merusak lingkungan. Dalam proses membangun sebuah karya arsitektur, lahan alami diambil dan diubah menjadi perkerasan atau gedung, merusak ekosistem yang sudah ada di dalamnya. Tahap pembangunan dalam sebuah proyek dapat memakan cukup banyak sumber daya, dan menghasilkan banyak limbah, begitu juga dalam tahap operasi dan manajemen. Sebuah data dari UN pada tahun 2017 menyatakan bahwa 28% emisi karbon di bumi diproduksi dari penggunaan bangunan, dan 11% dari konstruksi dan material bangunan.

Maka dari itu bidang arsitektur membutuhkan cara agar kerusakan yang dibuat terhadap lingkungan diminimalisir, salah satunya adalah dengan menggunakan konsep *green building* pada bangunan. Saat ini, Indonesia memiliki organisasi tersendiri yang mengatur tentang standar dan tolak ukur bangunan hijau yaitu *Green Building Council*

Indonesia (GBCI). GBCI memberikan sertifikasi untuk bangunan-bangunan yang dianggap hijau / berkelanjutan yang dinamai *GreenShip*.

Di wilayah Jawa Barat, Kota Baru Parahyangan merupakan salah satu wilayah kota satelit yang mengadopsi konsep berkelanjutan. Kota Baru Parahyangan (KBP) memiliki komunitas bernama “*Hayu Hejo*” yang mengkampanyekan gaya hidup berkelanjutan di antara penduduk, dan beberapa kompleks di dalam KBP yaitu Tatar Purbasari dan Tatar Tejakencana sudah memiliki sertifikasi *GreenShip* dalam kategori kawasan. Salah satu bangunan yang terdapat di wilayah Kota Baru Parahyangan adalah Al Irsyad Satya Islamic School.



Gambar 1.2: *Satellite view* sekolah Al Irsyad Satya (sumber: Google Earth)

Komplek sekolah Al Irsyad Satya Islamic School merupakan gabungan dari beberapa bangunan yaitu bangunan TK-SD, SMP-SMA, dan bangunan Masjid Al Irsyad. Bangunan yang akan menjadi fokus objek penelitian adalah bangunan SMA yang selesai dibangun dan memulai tahap operasi pada awal tahun 2013 (ditandai dengan *outline* berwarna kuning di gambar atas). Gambar di atas memperlihatkan orientasi bangunan yang miring, menghadap ke arah Barat Laut, dengan bagian kiri dan kanannya tidak ada bangunan lain. Selain itu juga bangunan memiliki posisi yang lebih privat ke dalam tapak sehingga tidak langsung menghadap jalan raya.



Gambar 1.3: Perspektif ke arah halaman dari lobby. Gedung SMP di sebelah kanan dan SMA di sebelah kiri.

Konsep berkelanjutan pada bangunan SMA Al-Irsyad Satya dapat dilihat dari desainnya yang terbuka ke dalam, orientasi bangunan membentuk ‘U’ membentang dari arah timur ke barat dengan halaman di bagian tengah, dan menghadap lembah dan sungai.



Gambar 1.4: Fasad gedung SMA dengan ukuran jendela yang berbeda-beda. (sumber: Kemendikbud, 7 Maret 2021)

Fasad¹ bangunan sekolah Al Irsyad Satya didesain dengan pola di atas yang di repetisi tiga kali. Pola tersebut merupakan abstraksi² dari kaligrafi ayat Al Quran surat Ar-Ra’du ayat 29 yang berarti “*orang-orang yang beriman dan hati mereka menjadi tenteram dengan mengingat Allah. Ingatlah, hanya dengan mengingat Allah hati menjadi tenteram.*” Desain kaligrafi tersebut bukan merupakan *second skin*, sehingga bukaan jendela di dalam ruang mengikuti motifnya dan membuat sirkulasi udara ke dalam ruang kurang optimal.

Menurut observasi awal, rata-rata temperatur di dalam kelas masih terlalu tinggi (27,4°C), dengan standar temperatur yang nyaman adalah 24-26°C. Begitu juga dengan kelembaban (73,9%) yang masih melewati batas kenyamanan. Berbeda dengan kondisi kenyamanan termal³ di luar kelas yaitu di *inner court*⁴, rata-rata temperatur cukup mirip sementara kelembaban cenderung lebih rendah (27,7°C dan 72,5%). Selain suhu dan kelembaban, perbedaan di antara dua ruang ini juga terletak pada kecepatan anginnya, dimana di kelas rata-rata kecepatan angin 0, dan di luar memiliki rata-rata 0,59 m/detik dengan poin maksimal 3,1 m/detik. Penjabaran data lebih lengkap bisa dilihat di Bab IV. Observasi awal menghasilkan kesimpulan bahwa kecepatan angin berkaitan dengan faktor kenyamanan termal lainnya, dan kecepatan angin yang lebih tinggi dapat mengkompensasi temperatur dan kelembaban suatu area yang terlalu tinggi.

¹ Fasad : wajah bangunan atau bagian muka atau depan suatu bangunan. (KBBI)

² Abstraksi : proses atau perbuatan memisahkan; penyusunan abstrak (KBBI)

³ Termal : berkaitan dengan panas. (KBBI)

⁴ *Inner court* : halaman dalam (glosarium.org)



Gambar 1.5: Jendela kelas bagian fasad di lantai Lower Ground.



Gambar 1.6: Jendela kelas bagian fasad di lantai dasar.



Gambar 1.7: jendela kelas bagian *inner court*.

Kenyamanan termal di dalam bangunan SMA Al Irsyad Satya terutama di dalam kelas salah satunya bergantung pada sirkulasi udara yang terbentuk dari desain bangunan. Maka dari itu, penelitian dapat dilakukan untuk mengetahui upaya peningkatan kenyamanan termal melalui penataan ventilasi di gedung sekolah Al Irsyad Satya. Tapi karena adanya konsep desain kaligrafi yang ada di fasad, modifikasi bukaan di sisi fasad jadi sangat terbatas, hanya bisa mengandalkan ruang-ruang kosong yang tidak termasuk kaligrafi atau mengganti detail bukaan yang sudah ada. Modifikasi bukaan yang lebih banyak akan ada di bagian dalam pada dinding yang menghadap ke *inner court*.

Penelitian dilakukan menggunakan dengan bantuan perangkat simulasi Autodesk Flow Design dengan fokus mensimulasikan aliran angin di dalam bangunan. Hasil simulasi dapat digunakan untuk mencari solusi perbaikan desain ventilasi bangunan terutama di bagian kelas agar kenyamanan termal dapat dicapai dengan desain pasif⁵ sepenuhnya, dan membuat bangunan lebih berkelanjutan.

1.2 Pertanyaan Penelitian

Bagaimana desain ventilasi yang optimal agar dapat meningkatkan kecepatan udara di dalam ruang kelas untuk mendapatkan kenyamanan termal yang lebih baik?

⁵ Desain pasif : teknik desain operasional bangunan dengan level teknik pasif, dimana kenyamanan termal dan visual dilakukan melalui desain bangunan, tanpa menggunakan bantuan peralatan mekanis. (Akbarianyah, 2019)

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui upaya peningkatan kenyamanan termal melalui penataan ventilasi di gedung sekolah Al Irsyad Satya dengan metode simulasi menggunakan perangkat Autodesk Flow Design.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat untuk pihak sekolah Al Irsyad Satya adalah mengetahui desain ventilasi yang optimal untuk meningkatkan kecepatan angin sehingga menaikkan kenyamanan termal dalam kelas, jika suatu saat nanti pihak sekolah terbuka untuk melakukan renovasi.
2. Manfaat untuk peneliti lain di bidang sejenis atau arsitektur adalah menambah wawasan tentang sistem ventilasi yang optimal untuk bangunan sekolah, serta memberi masukan untuk peneliti-peneliti lain yang tertarik untuk melakukan riset terhadap sekolah Al Irsyad Satya.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini dibagi menjadi dua jenis yaitu ruang lingkup objek dan ruang lingkup kajian dengan penjabaran sebagai berikut.

1.5.1 Ruang Lingkup Objek

Objek penelitian melingkupi gabungan gedung SMP dan SMA Al Irsyad Satya Islamic School yang terdiri dari dua sayap gedung dengan lobi dan courtyard di antara keduanya. Batas utara objek adalah gedung SMP, batas selatan adalah gedung SMA, batas barat objek adalah ekstensi gedung SMA, dan batas timur objek adalah foyer sekolah.

1.5.2 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian tentang kenyamanan termal dan iklim mikro ini dilakukan berdasarkan teori tentang *green building* dan ventilasi alami yang dikaitkan ke kenyamanan termal, terutama tentang sirkulasi udara di dalam dan sekitarnya. Penelitian dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Autodesk Flow Design untuk mensimulasikan pergerakan udara di bangunan, serta beberapa alternatif ventilasi untuk pergerakan udara di dalam kelas.

1.6 Kerangka Penelitian

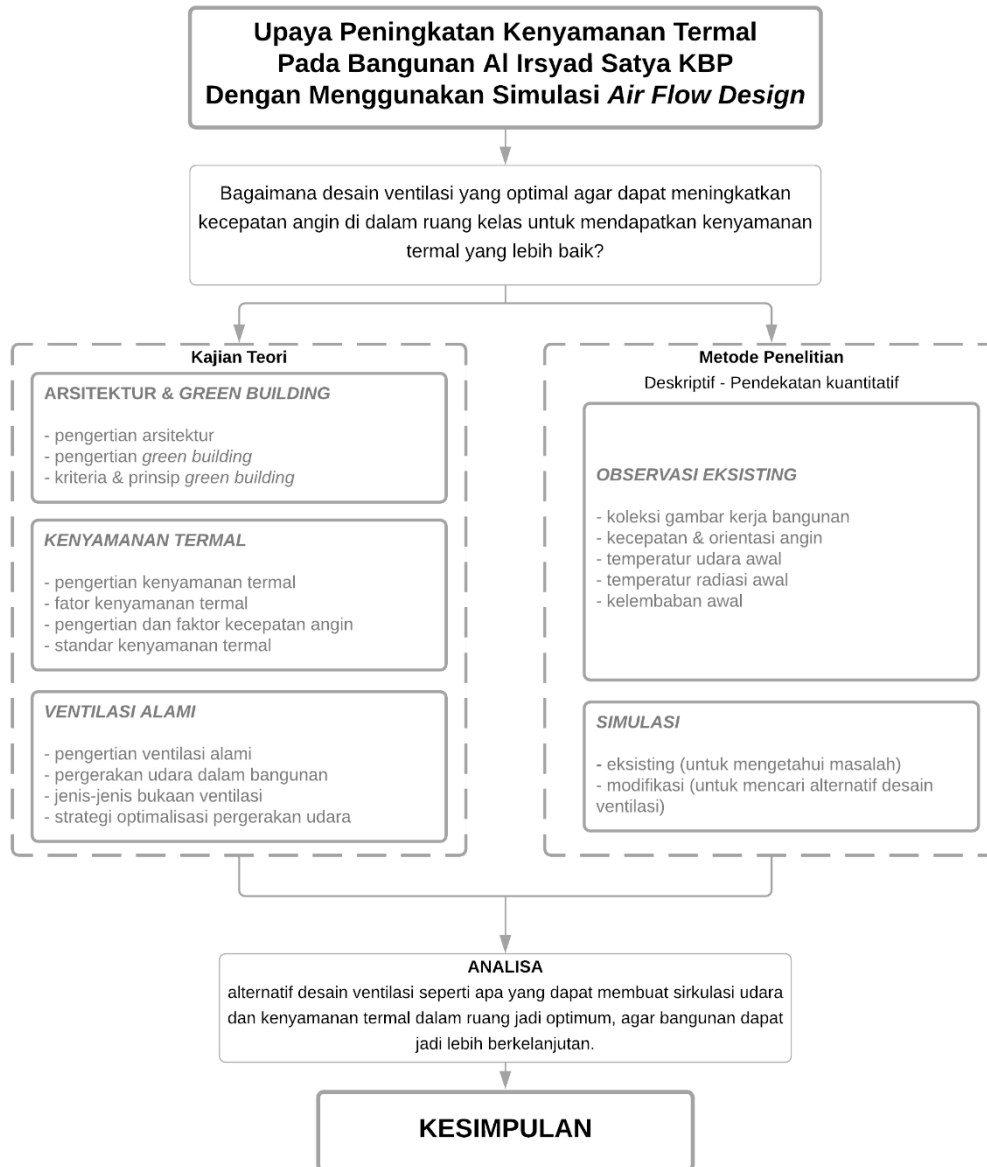


Diagram 1: Kerangka Penelitian (sumber: Lucidchart)