

ANALISIS SISTEM VENTILASI DAN PENGKONDISIAN UDARA PADA KONSEP *GREEN BUILDING* DI GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PANCASILA UNTUK MENINGKATKAN KENYAMANAN

(*Analysis of Ventilation and Air Conditioning Systems in the Green Building Concept in the Pancasila University Faculty of Engineering Building to Increase Comfort*)

Nur Airunnisa Virginia¹, Ayu Herzanita¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

E-mail: 4219210082@univpancasila.ac.id

Diterima 13 Agustus 2023, Disetujui 27 Oktober 2023

ABSTRAK

Kondisi suhu yang panas membuat ruangan tidak nyaman sehingga memanfaatkan *air conditioner* (AC) namun tentunya hal ini berdampak pada lingkungan antara lain pemanasan global (*Global Warming*) dan penipisan lapisan ozon. Oleh karena itu pengaruh ini dapat dikurangi semaksimal mungkin dengan menggunakan sumber daya alam yang efisien sehingga tercipta bangunan yang sehat, hemat energi dan ramah lingkungan. Pada bangunan dengan konsep *green building*, pengkondisian suhu udara agar nyaman dapat dilakukan dengan membuka ruang terbuka, ventilasi, tanaman hijau dan masih banyak lagi yang akan dianalisis dalam penelitian ini. Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila yang berlokasi di Srengseng Sawah, Jakarta Selatan berdiri sejak 1988. Gedung ini belum termasuk *green building* yang tersertifikasi, sertifikasi untuk *green building* di Indonesia dinamakan *greenship*. Salah satu aspek *green building* adalah kenyamanan dengan kriteria tata suhu ruangan. Sesuai dengan standar nasional Indonesia suhu 25 - 27° C sebagai setting suhu ruangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sistem ventilasi dan pengkondisian udara untuk *retrofitting green building* di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila. Metode kuantitatif eksplanatif yang dilakukan pada penelitian ini berkaitan dengan tata suhu pada gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila. Variabel yang ditinjau pada penelitian ini adalah sistem ventilasi, sistem pengkondisian udara dan kenyamanan, *benchmarking* dilakukan pada Universitas Multimedia Nusantara. Berdasarkan variabel tersebut dilakukan pengamatan kondisi eksisting di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila, diperoleh hasil pada area *lobby* bersuhu 29,8°, koridor bersuhu 30,1°, ruang kelas bersuhu 28,3°, area tangga bersuhu 29,1°. Untuk memaksimalkan peran ventilasi dan pengkondisian udara pada ruangan, direkomendasikan penggunaan roster, penerapan *double skin*, pengukuran aliran udara, penggunaan teknologi untuk pengukuran suhu, kelembaban dan penerapan smart room, Untuk penerapan *green building* di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila maka diperlukan pengubahsuaian (*retrofitting*) yaitu salah satu bidang ilmu konstruksi yang mengacu pada metode atau teknik yang digunakan untuk membawa bangunan ke potensi penuh dengan memodifikasi, memulihkan, atau menambahkan komponen atau peralatan baru yang dianggap penting karena tidak tersedia pada saat pembuatan.

Kata kunci: *Retrofitting*, Metode *Double Skin*, Penerapan Roster, Ventilasi, Kondisi Udara.

ABSTRACT

Hot temperature conditions make the room uncomfortable so use air conditioner (AC) but of course this has an impact on the environment, including global warming and depletion of the ozone layer. Therefore this effect can be reduced as much as possible by using natural resources efficiently so as to create buildings that are healthy, energy efficient and environmentally friendly. In buildings with a green building concept, conditioning of air temperature to make it comfortable can be done by opening open spaces, ventilation, green plants and many more which will be analyzed in this study. The Pancasila University Faculty of Engineering building located in Srengseng Sawah, South Jakarta was established in 1988. This building does not include certified green buildings, certification for green buildings in Indonesia is called greenship. One aspect of green building is comfort with room temperature control criteria. In accordance with the Indonesian national standard, a temperature of 25 - 27° C is the room temperature setting. The purpose of this study was to analyze ventilation and air conditioning systems for retrofitting green buildings in the Pancasila University Faculty of Engineering building. The explanatory quantitative method used in this study is related to the temperature control in the building of the Faculty of Engineering, Pancasila University. The variables reviewed in this study were ventilation systems, air conditioning systems and comfort, benchmarking was carried out at Multimedia Nusantara University. Based on these variables, observations were made on the existing conditions in the building of the Faculty of Engineering, Pancasila University. The results were obtained in the lobby area with a temperature of 29.8°, corridors with a temperature of 30.1°, classrooms with a temperature of 28.3°, 29.1° in the stairwell area. To maximize the role of ventilation and air conditioning in the room, it is recommended to use a roster, apply double skin, measure air flow, use technology for measuring temperature, humidity and implementing smart rooms. namely one of the fields of construction science that refers to the methods or techniques used to bring buildings to their full potential by modifying, restoring, or adding new components or equipment that are deemed essential because they are not available at the time of manufacture.

Keywords: *Retrofitting*, Double Skin Method, Roster Implementation, Ventilation, Air Condition.

PENDAHULUAN

Universitas Pancasila menerapkan *Sustainable Development Goals* (SDG's) yang merupakan sebuah aksi dimana salah satunya untuk melindungi lingkungan yang disepakati oleh pemimpin dunia termasuk Indonesia. Universitas Pancasila sangat mendukung program-program yang memiliki keterkaitan dengan penilaian UI *green metric* seiring dengan kegiatan SDG's [1]. Universitas Pancasila berada di ranking 29 nasional dan 451 internasional pada UI *Green Metric World University Ranking* pada tahun 2019, lalu di tahun 2020 Universitas Pancasila berada di ranking 22 nasional dan 289 internasional pada UI *Green Metric World University Ranking*, kemudian di tahun 2021 Universitas Pancasila berada di ranking 255 internasional pada UI *Green Metric World University Ranking* dan pada tahun 2022 Universitas Pancasila berada di ranking 28 nasional pada UI *Green Metric World University Ranking* [2]. Salah satu aspek *green building* adalah kenyamanan dengan kriteria tata suhu ruangan. Kondisi suhu yang panas membuat ruangan di Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila menjadi tidak nyaman sehingga memanfaatkan alat pengkondisian udara (*Air Conditioner-AC*). Penggunaan *Air Conditioner* di Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila membuat kondisi ventilasi didalam ruangan selalu tertutup. *Air Conditioner* juga berdampak pada lingkungan diantaranya pemanasan global (*Global Warming*) dan penipisan lapisan ozon. Maka dari itu efek ini dapat dikurangi dengan sebanyak-banyaknya menggunakan sumber daya alam yang efisien sehingga terwujudnya bangunan yang sehat, hemat energi dan ramah lingkungan. Konsep *green building* dapat diartikan sebagai sebuah perencanaan dan perancangan bangunan melalui sebuah proses yang memperhatikan lingkungan dan menggunakan sumber daya secara efisien pada seluruh siklus hidup bangunan. Pada penelitian ini akan menganalisis sistem ventilasi dan pengkondisian udara yang cocok untuk dilakukan *retrofitting* sehingga dapat mewujudkan *green building* pada gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila.

Green Building

Green building memiliki artian sebagai konstruksi hijau yang mengacu pada struktur, *green building* menggunakan proses yang dapat menghemat sumber daya sepanjang siklus hidup bangunan mulai dari struktur hingga desain, konstruksi, operasi, pemeliharaan, renovasi, pembongkaran dan tentunya bertanggung jawab terhadap lingkungan. Penerapan *green building* tentunya dapat berjalan dengan kerja sama dari pemangku kepentingan proyek yang akan dilakukan di setiap tahapan proyek [3].

Konsep Green Building

Green building diterapkan untuk meminimalkan pengaruh bangunan dan pembangunan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan dan dianggap mengarah pada keuntungan ekonomi masyarakat. Karena hal - hal tersebut maka "*Green Building*" merupakan solusi yang tepat dari

industri bangunan untuk mempromosikan permintaan air, energi, dan sumber daya alam terbatas lainnya yang berkelanjutan dalam memastikan peningkatan kesejahteraan dan karakteristik ramah lingkungan [4].

Pengkondisian Suhu pada Konsep Green Building

Berdasarkan sistem *green ship*, berikut ini adalah standar *green building*: penggunaan lahan, efektivitas dan perlindungan energi, konservasi air, sumber dan siklus material, kualitas udara dan kenyamanan udara dalam ruangan, dan administrasi ekologi bangunan [5].

Konsep *green building* dapat diterapkan salah satunya dengan sistem ventilasi alami yang merupakan proses *cross ventilation* mengandalkan kekuatan pendorong alami, seperti perbedaan suhu/tekanan udara dalam bangunan dengan lingkungannya, untuk mendorong pergerakan udara segar pada sebuah bangunan karena angin bergerak dari tekanan udara tinggi ke rendah. Tindakan pengondisian lingkungan merupakan pergerakan udara yang sangat berdampak pada kenyamanan termal dan hal tersebut bermanfaat untuk mengganti udara kotor dengan udara bersih [5].

Mengoptimalkan Suhu Udara untuk Kenyamanan

Terdapat beberapa sudut pandang yang membantu kenyamanan pengguna, salah satunya adalah kualitas udara dan kenyamanan udara dalam ruangan. Pengenalan udara luar merupakan syarat untuk lolos penilaian kualitas udara dan aspek kenyamanan dalam ruangan kriteria *green ship* [6]. Menurut *Green Building Council* Indonesia (2013), desain ruang yang membutuhkan potensi masuknya udara luar untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan sesuai dengan persyaratan ventilasi untuk kesehatan pengguna bangunan. Bangunan mendapat manfaat dari ventilasi karena memungkinkan terjadinya pergerakan udara dan produksi udara segar. Jika ada perbedaan antara suhu di dalam dan di luar, ventilasi adalah salah satu cara untuk mengalirkan udara. Ventilasi alami dapat dimaksimalkan, menghasilkan kualitas udara dalam ruangan yang lebih baik, dan orientasi bangunan yang dirancang sesuai dengan arah angin dapat melakukan hal itu. Aktivitas yang dilakukan manusia maupun benda-benda di dalam ruang dapat menghasilkan gas-gas yang berbahaya bagi kesehatan jika tetap terkonsentrasi di ruangan dalam jumlah yang melebihi batas toleransi manusia, oleh karena itu udara kotor harus diganti dengan udara yang lebih bersih [5]. Pengarahan ruangan ke arah bangunan dan penggunaan ventilasi merupakan solusi untuk meningkatkan kualitas udara dan kenyamanan ruangan. Secara keseluruhan, diperlukan agar udara di dalam ruangan tetap sehat dan nyaman [7].

Pengatur Suhu

Di beberapa wilayah dengan kondisi cuaca yang panas selain dengan menggunakan *air conditioner* suhu dapat diatur dengan cara menyediakan banyak tanaman di dalam gedung ataupun diluar gedung itu sendiri, hal ini diperkuat dengan bukaan yang luas sehingga penghawaan

alami dapat berjalan dengan lancar. Untuk penggunaan *air conditioner* digunakan dengan menggunakan sensor sehingga dapat lebih menghemat energi, ada banyak cara yang dilakukan di berbagai wilayah untuk mengatur suhu [3].

Strategi Desain Pasif

Pendekatan lain yang diambil oleh desainer untuk mengurangi penggunaan energi adalah dengan desain bangunan surya pasif. Perolehan sinar matahari dapat ditingkatkan dengan mengarahkan dinding, jendela, dan pepohonan untuk menaungi jendela dan atap. Selain itu, akan lebih mudah untuk menentukan suhu udara alami jika jendela diposisikan sedemikian rupa sehingga memungkinkan adanya sirkulasi udara. Melalui jendela, denah ruang terbuka, kolam dapat membantu mengubah udara panas yang datang menjadi dingin, pada area tertentu terdapat banyak lahan hijau dan tanaman agar udara lebih sejuk dan segar, atap yang tinggi sehingga ventilasi normal digunakan secara maksimal dan aliran udara luar biasa [3].

Retrofitting

Salah satu bidang ilmu konstruksi adalah "*retrofitting*" yang mengacu pada metode atau teknik yang digunakan untuk membawa bangunan ke potensi penuh dengan memodifikasi, memulihkan, atau menambahkan komponen atau peralatan baru yang dianggap penting karena tidak tersedia pada saat pembuatan. Dengan kata lain, penguatan bukanlah metode baru untuk mengubah struktur bangunan, membuatnya berfungsi kembali, atau bahkan memperkuatnya.

Tujuan dari metode *retrofitting* adalah menyesuaikan bangunan dengan kondisi baru atau yang sudah ada memanfaatkan contoh seperti memperkuat bangunan yang rusak, menambah ruang, dan sebagainya. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode *retrofitting* yang akan diterapkan untuk mewujudkan green building pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila terutama mengenai sistem ventilasi serta pengkondisian udara dan semua ini tanpa harus membongkar total bangunan yang sudah ada [8].

Benchmarking Green Building pada Kampus

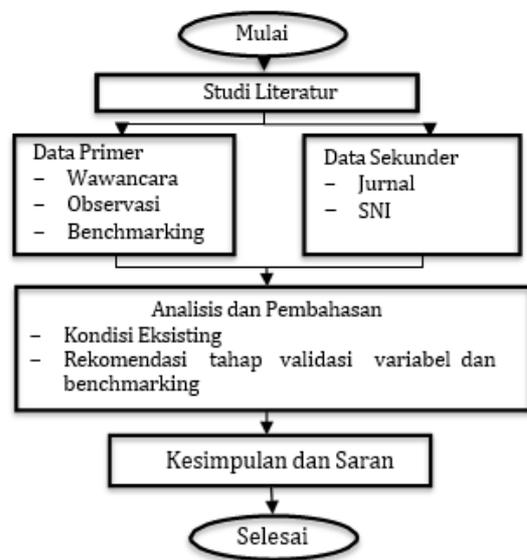
Benchmarking dilakukan pada Universitas Multimedia Nusantara karena memiliki gedung yang ramah lingkungan. Gedung di Universitas Multimedia Nusantara dibangun dengan desain hemat energi dan dengan kawasan hijau. Gedung *New Media Tower* Universitas Multimedia Nusantara berhasil meraih juara pertama pada *Asean Energy Efficient Building Awards 2014* dan Gedung *PK - Ojong Jacob Oetama Tower* meraih penghargaan *1 st Runner Up Asean Energy Efficient Building Awards 2017*. Universitas Multimedia Nusantara juga berhasil meraih *146 th Sustainable Campus World University Ranking* pada *UI Green Metric 2021*. Universitas Multimedia Nusantara menerapkan pasif desain yang pertama ialah orientasi bangunan pada gedung *New Media Tower* dan gedung *PK - Ojong Jacob Oetama Tower* membujur dari timur ke barat untuk meminimalisir perolehan panas cahaya matahari langsung dan pasif desain yang ke dua adalah penerapan *double skin* dan menjadi fitur yang paling menonjol,

penerapan *double skin* didesain dengan fitur ventilasi yang membuat udara panas dapat dikeluarkan melalui rongga. Kedua bangunan tersebut juga memaksimalkan penggunaan ventilasi alami untuk mengurangi penggunaan *air conditioner* selain itu banyak bagian gedung yang memiliki desain terbuka atau *open space* sehingga udara akan bersirkulasi pada seluruh area seperti pada lantai pertama yang memiliki aliran udara rata-rata 2,8 m/s. Lapisan tengah dinding menggunakan *styrofoam* yang bertujuan untuk membuat udara dingin lebih bertahan di dalam gedung sehingga meminimalisir udara yang panas di siang hari. Karena Universitas Multimedia Nusantara memiliki gedung ramah lingkungan dan hemat energi yang mengadopsi konsep *green building* tersebut maka *benchmarking green building* dilakukan pada Universitas Multimedia Nusantara.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif eksplanatif. Metode kuantitatif eksplanatif yang dilakukan pada penelitian ini berkaitan dengan tata suhu pada gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila. Metode kuantitatif eksplanatif adalah penelitian yang bertujuan untuk menjelaskan hubungan suatu variabel dengan variabel yang lain untuk menguji suatu hipotesis. Penelitian ini berlokasi di Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila, Jl. Lenteng Agung Raya, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta. Sedangkan untuk waktu penelitian dimulai dari bulan Maret 2023. Teknik pengumpulan data yang digunakan ialah sebagai berikut

- Studi Kepustakaan
 Dalam studi ini dikumpulkan referensi tentang hal-hal yang berhubungan dengan *green building* dari berbagai sumber, antara lain : literatur, baik buku ataupun jurnal.
- Studi Lapangan
 Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data lapangan, mengambil data-data yang diperlukan dalam penulisan tugas akhir, pengamatan di lapangan, wawancara.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Benchmarking di Universitas Multimedia Nusantara

Benchmarking di Universitas Multimedia Nusantara dilakukan pada 17 Mei 2023, benchmarking dilakukan pada 4 gedung dimana ke 2 gedung yang ada merupakan gedung ramah lingkungan, gedung yang dimaksud ialah gedung rektorat, gedung multimedia, gedung *new media tower*, gedung PK Ojong – Jacob Oetama Tower. Dari hasil benchmarking diketahui bahwa terdapat beberapa hal yang diterapkan pada sebuah gedung untuk menuju *green building* khususnya pada desain dan material gedung tersebut, seperti menggunakan *styrofoam* di lapisan tengah dinding yang sudah diterapkan di Universitas Multimedia Nusantara agar mengunci kondisi udara yang sejuk tetap didalam gedung, penggunaan *double skin* dengan material alumunium berpori yang berfungsi agar membuat sirkulasi udara di gedung tetap lancar dan juga membuat gedung tetap sejuk meskipun di siang hari, penerapan *green roof*, desain *open space* yang diterapkan di berbagai ruangan, adanya lubang di basement untuk sirkulasi udara yang dibuat vertical maupun horizontal dan sebagainya dimana hal hal tersebut dapat direkomendasikan untuk gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila karena telah berhasil diterapkan di Universitas Multimedia Nusantara.



Gambar 2. Penerapan *Double Skin* dan *Green Roof*.



Gambar 3. Lapisan Tengah Dinding Menggunakan Styrofoam.



Gambar 4. Desain *Open Space*.



Gambar 5. Cerobong untuk Sirkulasi Udara.

Validasi Pakar

Pada penelitian ini dibutuhkan validasi pakar mengenai variabel dan indikator yang telah didapat dari studi kepustakaan. Validasi pakar bertujuan untuk menganalisis kelayakan dari variabel dan indikator yang telah didapat dari studi kepustakaan untuk dijadikan rekomendasi di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila dengan cara *retrofitting* atau pengubahsuaian. Variabel dan indikator yang didapat dari studi kepustakaan merupakan hasil penelitian terdahulu yang sudah diterapkan pada bangunan atau ruangan pada penelitian terdahulu. Pakar pada penelitian ini merupakan orang yang ahli di bidang *green building* dan bergabung dalam GBCI (*Green Building Council Indonesia*).

Tabel 1. Variabel dan Indikator yang telah tervalidasi.

No	Indikator
Variabel Sistem Ventilasi	
Sub Variabel Ventilasi	
X1	X1.1. Memprediksi pola arah gerak udara dalam ruangan
Sub Variabel Ventilasi	
X1.2.	Desain <i>open space</i> , bukaan jendela, material marmer dan terdapat banyak tanaman hijau.
Variabel Pengkondisian Udara	
Sub Variabel Suhu	
X2	X2.1. Pengaplikasian <i>green roof</i> pada atap menjadi penjaga suhu ambien dimana vegetasi pada <i>green roof</i> mampu mengurani panas dengan menyimpan energi panas tersebut pada siang hari yang akan dikeluarkan pada malam hari.
Sub Variabel Suhu	
X2.2.	Mengatur orientasi bangunan terhadap cahaya matahari.
Sub Variabel Suhu	
X2.3.	Lokasi yang berada di dataran tinggi.
Sub Variabel Suhu	
X2.4.	Memanfaatkan tumbuhan sebagai pengendali suhu ruang, penggunaan kaca jendela sistem <i>double glazed air flow</i> yang bertujuan untuk menyerap panas.
Sub Variabel Suhu	

X2.5.	Struktur terbuka pada bangunan mengakomodir sistem penghawaan alami yang dibantu oleh kipas pada langit langit dan penyejuk udara dengan sistem gelembung inovatif, terdapat banyak tanaman, pendingin udara alami berupa kincir angin melalui terowongan bawah tanah.
Sub Variabel Tata Udara	
X2.6.	Dilakukan perhitungan <i>Air Flow</i> dan ACH yaitu laju udara dan jumlah pergantian udara dalam waktu 1 jam di 1 ruang.
Sub Variabel Tata Udara	
X2.7.	Pemantauan kadar CO ₂ , kendali asap rokok, polutan kimia.
Sub Variabel Energi	
X2.8.	Sistem AC yang menyala pada saat mendeteksi tubuh manusia pada ruang kantor sehingga mengurangi penggunaan energi yang berlebihan.
Sub Variabel Energi	
X2.9.	Memanfaatkan ventilasi untuk penghematan energi
Variabel Kenyamanan	
Sub Variabel Suhu Ruang	
X3 X3.1.	Untuk ruang kerja, temperatur bola kering minimum 25°C dan untuk ruang transit (lobi, koridor) temperatur bola kering minimum 27°C
Sub Variabel Suhu Ruang	
X3.2.	Suhu ruangan paling rendah 25°C ± 1°C
Sub Variabel Kelembaban	
X3.3.	Untuk ruang kerja, kelembaban relatif 55% dan untuk ruang transit (lobi, koridor) tanpa nilai standar kelembaban relative.
Sub Variabel Kelembaban	
X3.4.	kelembaban relatif ruangan 60% ± 10%.
Sub Variabel Perhitungan Udara	
X3.5.	Perhitungan udara menggunakan Standar Nasional Indonesia 6390:2020 Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung.

Kondisi Eksisting Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila

Pada penelitian ini dilakukan tahap observasi kondisi eksisting di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila dengan kondisi kepadatan populasi yang rendah dikarenakan ruangan yang sudah dalam keadaan kosong, observasi kondisi eksisting di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila dilaksanakan pada :

Hari dan Tanggal : 12 Juni 2023

Waktu : 09.00 WIB

Berikut ini adalah Kondisi eksisting suhu di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila :

- Lantai 1
Laboratorium Sipil bersuhu 29,4°, ruang kerja Laboratorium Sipil bersuhu 20,3°, koridor bersuhu 29,6°, loby bersuhu 29,8°, tangga bersuhu 30,7°.

- Lantai 2
Area balkon bersuhu 30,6°, koridor bersuhu 30,1°, ruang kelas bersuhu 30,1°, ruang kelas dengan air conditioner sedang aktif bersuhu 26,9°, ruang kantor bersuhu 26,0°, tangga bersuhu 30,6°.
- Lantai 3
Area balkon bersuhu 30,3°, koridor bersuhu 30,1°, ruang kelas bersuhu 28,3°, area Perpustakaan Teknik bersuhu 30,3°, tangga bersuhu 30,4°.
- Lantai 4
Area balkon bersuhu 30,1°, koridor bersuhu 30,8°, ruang kelas bersuhu 27,6°, musholla bersuhu 30,2°.
- Area Tangga Pada Sisi Bangunan
Diambil rata rata dari lantai 1 - 4 pada area tangga bersuhu 29,1°



Gambar 6. Pengukuran Suhu Area Lobby.



Gambar 7. Pengukuran Suhu Area Koridor.



Gambar 8. Pengukuran Suhu Area Kelas.



Gambar 9. Pengukuran Suhu Area Musholla.



Gambar 10. Pengukuran Area Tangga.



Gambar 11. Pengukuran Suhu Area Tangga pada Sisi Gedung.

Analisis Desain dan Material

Untuk variabel dengan indikator memprediksi pola arah gerak udara dalam ruangan di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila pada penelitian ini tidak dilakukan simulasi pola arah gerak udara dalam ruangan, untuk variabel dengan indikator desain *open space*, bukaan jendela, material marmer dan terdapat banyak tanaman hijau di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila menggunakan *air conditioner* sehingga ruangan didesain tertutup namun banyak tanaman hijau, untuk variabel dengan indikator pengaplikasian *green roof* pada atap menjadi penjaga suhu ambien dimana vegetasi pada *green roof* mampu mengurani panas dengan menyimpan energi panas tersebut pada siang hari yang akan dikeluarkan pada malam hari di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila menggunakan atap yang tidak menerapkan *green roof* namun cukup banyak tanaman hijau, untuk variabel dengan indikator mengatur orientasi bangunan terhadap cahaya matahari gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila sudah didirikan sejak awal dengan tidak mengatur orientasi terhadap cahaya matahari, untuk variabel dengan indikator lokasi yang berada di dataran tinggi gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila sejak awal tidak didirikan di dataran tinggi, untuk variabel dengan indikator memanfaatkan tumbuhan sebagai pengendali suhu ruang, penggunaan kaca jendela sistem *double glazed air flow* yang bertujuan untuk menyerap panas di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila terdapat banyak tanaman hijau dan tidak menerapkan *double glazed air flow*, untuk variabel dengan indikator struktur terbuka pada bangunan mengakomodir sistem penghawaan alami yang dibantu oleh kipas pada langit langit dan penyejuk udara dengan sistem gelembung inovatif, terdapat banyak tanaman, pendingin udara alami berupa kincir angin melalui terowongan bawah tanah di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila menggunakan *air conditioner* untuk pendingin ruangan sehingga ruangan dikondisikan dalam keadaan tertutup, untuk variabel dengan indikator dilakukan perhitungan *Air Flow* dan ACH yaitu laju udara dan jumlah pergantian udara dalam waktu 1 jam di 1 ruang gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila Tidak dilakukan perhitungan *Air Flow* dan ACH, untuk variabel dengan indikator pemantauan kadar CO2, kendali asap rokok, polutan kimia di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila terdapat larangan merokok didalam gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila, untuk variabel dengan indikator sistem AC yang menyala pada saat mendeteksi tubuh manusia pada ruang kantor sehingga mengurangi penggunaan energi yang berlebihan di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila tidak digunakan sensor pada *air conditioner*, untuk variabel dengan indikator memanfaatkan ventilasi untuk penghematan energy di gedung Fakultas Teknik Universitas

Pancasila menggunakan *air conditioner* sehingga ruangan didesain tertutup, untuk variabel dengan indikator untuk ruang kerja, temperatur bola kering minimum 25°C dan untuk ruang transit (lobi, koridor) temperatur bola kering minimum 27°C di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila Terdapat ruangan yang bersuhu 28,3°C dan koridor bersuhu 30,3°C dalam artian tidak memenuhi standar, untuk variabel dengan indikator perhitungan udara menggunakan Standar Nasional Indonesia 6390:2020 Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila dilakukan perhitungan suhu pada tahap observasi dengan tingkat kepadatan yang rendah.

Variabel dan indikator tersebut di sesuaikan kembali dengan kondisi eksisting di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila dimana pada observasi yang dilakukan dengan kondisi kepadatan populasi yang rendah dikarenakan ruangan yang sudah dalam keadaan kosong diketahui ada beberapa suhu diruangan yang dijadikan sampel penelitian tidak memenuhi SNI (Standar Nasional Indonesia 6390:2020 Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung) yaitu temperatur bola kering minimum 25°C, ruangan yang dimaksud diantaranya ruang kelas lantai 2 yang bersuhu 26,9°C, ruang kelas lantai 3 bersuhu 28,3°C, ruang kelas lantai 4 bersuhu 27,6°C. Selain itu terdapat beberapa koridor yang dijadikan sampel penelitian tidak memenuhi SNI (Standar Nasional Indonesia 6390:2020) [9] yaitu temperatur bola kering minimum 27°C, koridor yang dimaksud diantaranya ialah koridor lantai 1 yang bersuhu 29,6°C, koridor lantai 2 yang bersuhu 30,1°C, koridor lantai 3 yang bersuhu 30,1°C, koridor lantai 4 yang bersuhu 30,8°C.

Tabel 2. Variabel dan Indikator Untuk *Retrofitting*.

Indikator	Rekomendasi Desain dan Material
<u>Variabel Sistem Ventilasi</u>	
<u>Sub Variabel Ventilasi</u>	
Memprediksi pola arah gerak udara	Penerapan Roster pada koridor lantai 2, lantai 3 dan lantai 4.
<u>Variabel Pengkondisian Udara</u>	
<u>Sub Variabel Energi</u>	
Sistem AC yang menyala pada saat mendeteksi tubuh manusia pada ruang kantor sehingga mengurangi penggunaan energi yang berlebihan.	Penggunaan Sensor <i>Air Conditioner</i> untuk ruangan yang menggunakan <i>Air Conditioner</i>
<u>Sub Variabel Energi</u>	
Memanfaatkan ventilasi untuk penghematan energi	Penggunaan Double Skin yang diterapkan berdasarkan orientasi matahari terhadap bangunan untuk penghematan anggaran biaya.
<u>Variabel Kenyamanan</u>	
<u>Sub Variabel Perhitungan Udara</u>	
Perhitungan udara menggunakan Standar	di ruangan Gedung Fakultas Teknik

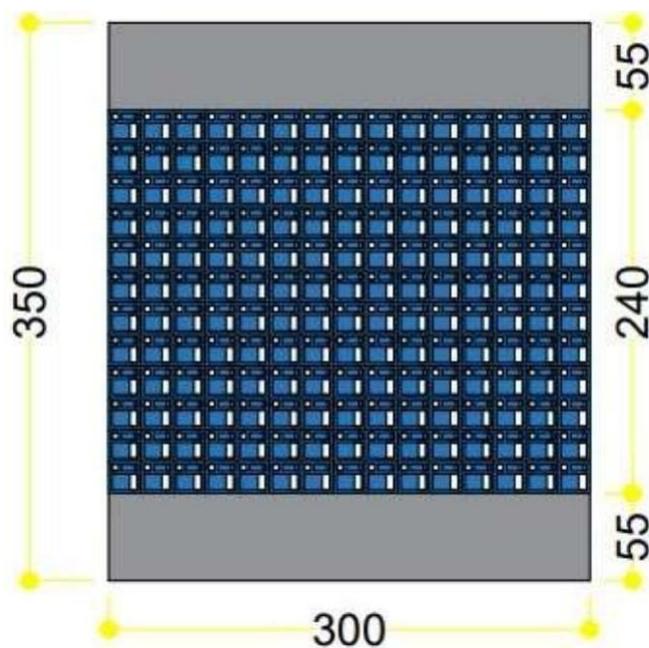
Nasional Indonesia 6390:2020 Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung	Universitas Pancasila yang menggunakan <i>Air Conditioner</i> .
--	--

Dari hasil validasi variabel dan indikator, benchmarking dan observasi kondisi eksisting di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila maka direkomendasikan desain dan material untuk retrofitting sebagai berikut :

1. Penggunaan Roster

Roster dapat dijadikan rekomendasi untuk menjadi sebuah ventilasi udara pada gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila karena dengan bentuk yang berongga membuat sirkulasi udara dapat terjadi dengan lancar sehingga akan membuat udara didalam gedung menjadi lebih sejuk. Namun pada saat turun hujan suhu udara akan menjadi lebih dingin dan air dapat masuk melalui rongga roster, untuk meminimalisir hal tersebut maka roster yang akan direkomendasikan ialah roster yang tidak terlalu banyak memiliki rongga. Roster yang direkomendasikan memiliki motif dengan tingkat penghalang visual sekitar 70%-80% [10].

Pada gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila direkomendasikan menggunakan roster beton. Hal ini dikarenakan roster beton lebih tahan lama dibandingkan roster lainnya, memiliki tampilan yang cantik, dan dapat memberikan tampilan pedesaan pada bangunan.

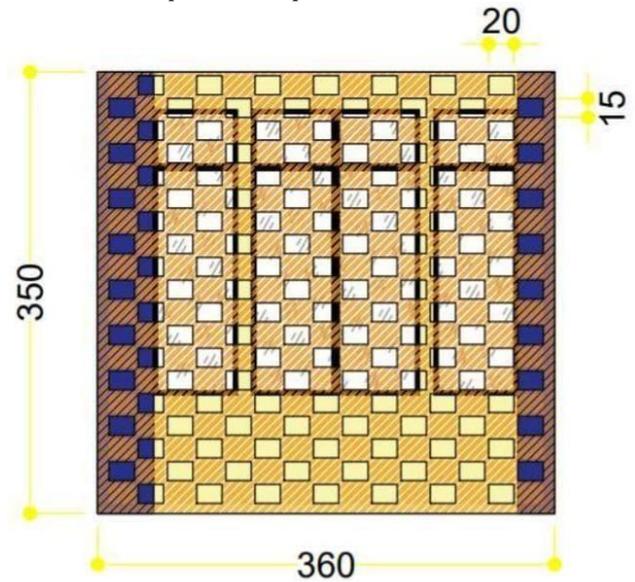


Gambar 12. Rekomendasi Penerapan Roster Pada Dinding di Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila.

2. Penerapan *Double Skin*

Penerapan *double skin* dapat direkomendasikan untuk gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila namun hanya di bagian kaca saja tidak untuk keseluruhan gedung. Penerapan *double skin* pada kaca juga direkomendasikan berdasarkan orientasi terhadap matahari dalam artian hanya untuk ruangan yang mendapatkan sinar matahari langsung, hal ini tentunya

dapat membuat biaya menjadi lebih ringan dibandingkan dengan seluruh fasad bangunan dan efek dari penerapan *double skin* tetap bisa didapatkan.



Gambar 13. Rekomendasi Penerapan *Double Skin* di Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila.

3. Pengukuran Aliran Udara, Penggunaan Teknologi untuk Pengukuran Suhu, Kelembaban dan Penerapan *Smart Room*.

Pada gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila untuk seluruh ruang kelas dan juga ruang kantor menggunakan *air conditioner* untuk pengkondisian udara. Hal yang dapat dilakukan agar konsep penerapan *green building* dapat berjalan maka untuk ruang kantor dan ruang kelas yang memang sudah menggunakan *air conditioner* dapat digunakan sistem sensor agar *air conditioner* akan berhenti otomatis jika sudah mencapai suhu yang diinginkan. Sesuai Standar Nasional Indonesia 6390:2020 Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung untuk ruang kerja, temperatur bola kering minimum 25°C.

Ruangan ber-AC dapat dijaga pada suhu minimal 25°C untuk menerapkan penghematan energi. Karena prinsip kerja AC adalah mengangkut panas dari dalam ruangan ke luar ruangan, maka suatu gedung atau ruangan yang akan dikondisikan dengan pemasangan peralatan AC harus mengetahui terlebih dahulu beban pendinginan (panas) yang ada agar kapasitas AC dapat digunakan sesuai kebutuhan. Untuk mencapai suhu ruangan yang diinginkan. Salah satu cara untuk mengurangi kerja AC adalah dengan memastikan bahwa penambahan panas pada ruangan harus sekecil mungkin [11].

Jika setiap gedung bertingkat menggunakan sistem pendingin, maka pada sistem tersebut penggunaan energi paling banyak adalah *blower*, setara dengan 90% dari total penggunaan daya pada sistem pendingin. Peningkatan efisiensi kompresor, memvariasikan putaran kompresor, menemukan refrigeran alternatif, memvariasikan putaran kipas, sistem kontrol refrigeran, dan metode lainnya semuanya digunakan untuk mengurangi konsumsi energi sistem pendingin. Dari hasil penelitian tersebut dapat ditarik beberapa tujuan untuk mengatasi darurat energi di Indonesia, yaitu: memanfaatkan teknologi *inverter*, yang

memiliki kemampuan untuk mengubah putaran motor kompresor, sehingga penggunaan sistem pendingin dapat disesuaikan dengan kebutuhan, keadaan dan kegiatan tertentu. Inovasi ini tidak memiliki kendala dalam hal pendirian dan dapat diakses di pasar Indonesia. Memanfaatkan pengaturan sistem, meskipun meningkatkan biaya awal serangan, adalah upaya kedua yang dapat dilakukan untuk menghemat energi dalam sistem pendingin ruangan. Sistem ini tidak lagi membutuhkan operator karena sudah terintegrasi dan terkoneksi. Jika dibandingkan dengan sistem konvensional, ini akan lebih unggul dan secara signifikan lebih hemat energi. Sistem pendingin yang menggunakan sistem kontrol ini akan bekerja sesuai jumlah aktivitas yang ada di dalam ruangan. Karena dipengaruhi oleh temperatur ruangan, perubahan motor kompresor juga berbanding lurus dengan perubahan aktivitas[12].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu variabel yang pertama ialah sistem ventilasi dengan indikator memprediksi pola arah gerak udara dalam ruangan, ventilasi alami, desain *open space*, material marmer. Variabel yang kedua ialah sistem pengkondisian udara dengan indikator berupa pengaplikasian *green roof*, mengantur orientasi bangunan terhadap matahari, lokasi berada di dataran tinggi, memanfaatkan tumbuhan, sistem kaca *double glazed*, penghawaan dan pendinginan alami, perhitungan *Air Flow* dan ACH, Pemantauan polutan kimia, sistem *air conditioner* dengan sensor suhu. Variabel yang ketiga ialah kenyamanan dengan indikator ruang kerja, temperatur bola kering minimum 25°C dan untuk ruang transit (lobi, koridor) temperatur bola kering minimum 27°C, kelembaban relatif 55% dan untuk ruang transit (lobi, koridor) tanpa nilai standar kelembaban relative, perhitungan udara, hal-hal tersebut sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 6390:2020 Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung.

Dari hasil observasi kondisi eksisting diketahui pada lantai 1, laboratorium sipil bersuhu 29,4°, ruang kerja laboratorium Sipil bersuhu 20,3°, koridor bersuhu 29,6°, lobi bersuhu 29,8°, tangga bersuhu 30,7°. Pada lantai 2 area balkon bersuhu 30,6°, koridor bersuhu 30,1°, ruang kelas bersuhu 30,1°, ruang kelas dengan air conditioner sedang aktif bersuhu 26,9°, ruang kantor bersuhu 26,0°, tangga bersuhu 30,6°. Pada lantai 3 Area balkon bersuhu 30,3°, koridor bersuhu 30,1°, ruang kelas bersuhu 28,3°, area Perpustakaan Teknik bersuhu 30,3°, tangga bersuhu 30,4°. Pada lantai 4 area balkon bersuhu 30,1°, koridor bersuhu 30,8°, ruang kelas bersuhu 27,6°, musholla bersuhu 30,2°. Pada area tangga pada sisi bangunan diambil rata rata dari lantai 1 – 4 pada area tangga bersuhu 29,1°.

Rekomendasi sistem ventilasi dan pengkondisian udara yang memenuhi aspek kenyamanan yang cocok dilakukan *retrofitting* untuk mewujudkan *green building* di gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila yaitu penggunaan roster, penerapan *double skin*, pengukuran aliran udara, penggunaan teknologi untuk pengukuran suhu, kelembaban dan penerapan *smart room*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Universitas Pancasila, "*SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS*," <https://teknik.univpancasila.ac.id/sdgcen/> (accessed, March 2023).
- [2] Universitas Pancasila, "*GREEN CAMPUS UNIVERSITAS PANCASILA*," <https://greencampus.univpancasila.ac.id/> (accessed, March 2023).
- [3] M. Y. Laeeq, Dr. S. K. Ahmad dan K. Altamash, "*GREEN BUILDING: CONCEPTS AND AWARENESS*," India, 2017.
- [4] Oluwunmi, Adedamola. O, Oladayo, O. P, Role, B. A and Afolabi, T. O, "Benefits and Barriers to the Implementation of Green Building Standards in Universities: What are Students' Views?," Nigeria, 2019.
- [5] A. Heryuntia, B. Brigitta, F. Faiz, G. A. Putra, T. Y. Iswati dan W. Setyaningsih, "VENTILASI ALAMI SEBAGAI STRATEGI ARSITEKTUR HIJAU PADA BANGUNAN TINGGI Studi Kasus pada Desain Apartemen Umum di Kota Madiun," Surakarta, 2020.
- [6] J. Rilatupa, "ASPEK KENYAMANAN TERMAL PADA PENGKONDISIAN RUANG DALAM," Jakarta, 2008.
- [7] B. Hamzah dan Asniawaty. "DESAIN RUANG KULIAH YANG NYAMAN DAN HEMAT ENERGI," Sulawesi Selatan, 2017.
- [8] Fauzan, "ANALISIS METODE PELAKSANAAN RETROFITTING PADA BANGUNAN SEDERHANA (STUDI KASUS : SD NEGERI 43 KARAWANG TIMUR , PADANG)," Padang, 2012.
- [9] Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung, SNI 6390:2020, 2020.
- [10] A. Muhsin, A. Nabila, A. Purnama, "Pengaruh Desain dan Pola Roster terhadap Simulasi Penghawaan Alami pada Fasad Bangunan," Bandung, 2022.
- [11] I. Syahrizal, S. Panjaitan dan Yandri, "Analisis Konsumsi Energi Listrik Pada Sistem Pengkondisian Udara Berdasarkan Variasi Kondisi Ruangan (Studi Kasus Di Politeknik Terpikat Sambas)," Kalimantan Barat, 2013.
- [12] H. Nasution, "Hemat Energi pada Sistem *Air Conditioning* Sebagai Upaya Mengatasi Krisis Energi di Indonesia," Padang, 2007.