

PENINGKATAN EFISIENSI ENERGI BANGUNAN MELALUI MODIFIKASI FASAD MENGGUNAKAN *SOFTWARE ECOTECT* GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA: SEBUAH PENDEKATAN EKSPERIMENTAL

**Increasing Building Energy Efficiency Through Facade Modification Using
Ecotect at The Faculty of Engineering Building, Krisnadwipayana University:
An Experimental Approach**

Diterima: 04 Januari 2024

Disetujui: 12 Mei 2024

Zulkarnain Marzuki¹, L.M.F. Purwanto¹

¹Program Studi Doktor Arsitektur Konsentrasi Arsitektur Digital Unika Soegijapranata

Email: zulkarna3471@gmail.com

Abstrak

Saat ini, Kesadaran akan isu perubahan iklim dan keberlanjutan sudah semakin tinggi, Global Warming yang terjadi sebagai akibat dari konsumsi energi yang tinggi harus menjadi perhatian semua pihak, efisiensi energi menjadi prioritas utama dalam segala aspek tak terkecuali aspek bangunan. Bangunan menyumbang 39% dari emisi CO₂ per tahun, lebih dari transportasi (33%) atau bidang industri (29%). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana bentuk fasad bangunan dapat mempengaruhi efisiensi penggunaan energi pada bangunan Fakultas Teknik Unkris. Penelitian ini merupakan pendekatan eksperimental dengan metode *pretest* dan *posttest*, menggunakan simulasi computer dengan Ecotect. Hasil dari penelitian ini menunjukkan tercapainya kenyamanan termal dan visual setelah melakukan modifikasi fasad bangunan sehingga penggunaan energi lebih efisien, kesimpulannya adalah desain fasad dapat mempengaruhi tinggi rendahnya penggunaan energi.

Kata kunci : Efisiensi Energi, Fasad Bangunan, Ecotect

PENDAHULUAN

Saat ini, Kesadaran akan isu perubahan iklim dan keberlanjutan sudah semakin tinggi, Global Warming yang terjadi sebagai akibat dari konsumsi energi yang tinggi harus menjadi perhatian semua pihak, efisiensi energi menjadi prioritas utama dalam segala aspek tak terkecuali aspek bangunan. Bangunan menyumbang 39% dari emisi CO₂ per tahun, lebih dari transportasi (33%) atau bidang industri (29%). Dengan bangunan menyumbang hampir setengah dari penggunaan energi dan penggunaan energi

menjadi contributor nomor satu untuk pemanasan global, cara yang jelas untuk mengurangi perubahan iklim adalah dengan merancang *low energi building* atau *Zero Energy Building* (ZEB). (Dikutip dari Seminar "*Sustainability in Architecture*") sehingga desain pasif pada bangunan harus dioptimalkan untuk menekan penggunaan energi.

Desain pasif pada bangunan salah satunya bisa dilakukan dengan pengelolaan selimut bangunan yang berhubungan langsung

dengan iklim luar, pengelolaan selimut bangunan yang dimaksud adalah dengan memodifikasi fasad bangunan melalui bukaan dan *shading* untuk mencapai kenyamanan termal dan kenyamanan visual, sehingga mengurangi penggunaan energi khususnya penggunaan tata udara buatan dan pencahayaan buatan. Kenyamanan termal didalam gedung juga dipengaruhi oleh radiasi matahari yang masuk kedalam bangunan melalui selimut bangunan sehingga modifikasi fasade harus mempertimbangkan semua variable tersebut. Modifikasi fasad dapat menjadi Solusi yang potensial untuk meningkatkan efisiensi energi pada bangunan.

Gedung Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana (Unkris), yang mempunyai warna putih, terdiri dari empat lantai dengan bentuk persegi panjang dan jarak antar bangunan paling sedikit 15 meter, Orientasi menghadap utara dan Selatan dengan bukaan jendela pada setiap ruang kelasnya, menggunakan SPSM (Sirip Penangkal Sinar Matahari) pada fasad bangunannya, dan dikelilingi oleh pohon peneduh setinggi 8-12 meter. Waktu proses belajar dari pukul 08.00 – 17.00 WIB, dan pada hari tertentu digunakan perkuliahan pada waktu malam hari, di dalam proses belajar mengajar yang dilakukan dari pagi sampai sore selalu menggunakan pencahayaan buatan dan tata udara buatan untuk mencapai kenyamanan termal dan visual, sehingga penggunaan energi menjadi sangat tinggi. Fenomena ini memunculkan hipotesis apakah penggunaan SPSM dan bukaan jendela yang diterapkan pada Gedung fakultas Teknik Unkris ini tidak dapat menciptakan kenyamanan visual dan termal didalam bangunan, tentu ini menjadi sangat tertarik untuk di teliti lebih dalam lagi terutama pada bentuk fasad bangunannya.

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimental dengan memodifikasi fasad bangunan. Langkah dalam penelitian ini adalah dengan melakukan *pretest* dan *posttest*. *Pretest* yaitu dengan mengukur fasad eksisting terhadap kenyamanan termal dan visual, dan *posttest* dengan mengukur fasad modifikasi. Jadi pada penelitian ini penekanannya pada desain fasad untuk mencapai kenyamanan termal dalam ruang, sehingga dapat menekan penggunaan energi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sejauhmana bentuk fasad Fakultas Teknik Unkris mempengaruhi efisisensi penggunaan energi. Diharapkan bahwa temuan penelitian ini akan memberikan dasar pengetahuan yang kuat untuk langkah-langkah perbaikan lebih lanjut dalam upaya meningkatkan efisiensi energi dan performa termal bangunan Fakultas Teknik Unkris.

PERTANYAAN PENELITIAN

1. Apakah desain fasad Fakultas Teknik Unkris sudah dapat menekan penggunaan energi?
2. Bentuk fasad bagaimana yang dapat diterapkan di Fakultas Teknik Unkris untuk meningkatkan efisiensi energi?

KAJIAN PUSTAKA

Efisiensi Energi Dalam Bangunan

Menurut IEA (*International Energy Agency*), Efisiensi energi adalah penggunaan lebih sedikit energi untuk memberikan layanan yang sama bahkan lebih baik. Dan menurut ACEEE (*American Council For an Energy Efficient Economy*) Efisiensi energi adalah penggunaan lebih sedikit energi untuk memberikan jumlah layanan yang sama atau lebih baik dengan mengurangi pemborosan atau limbah energi.

Peningkatan efisiensi energi pada bangunan dapat dilakukan melalui penerapan desain pasif untuk mencapai kenyamanan termal dan visual, sehingga meminimalkan

penggunaan pencahayaan buatan dan pengkondisian udara buatan.

Definisi Fasad Bangunan

Fasad bangunan menurut Walter Benjamin seorang Filsuf, adalah Muka bangunan atau kulit eksterior yang dapat memberikan karakter dan mengkomunikasikan citra bangunan. Fasad bangunan dapat melindungi ruang dalam bangunan dari iklim luar, tercapai atau tidaknya kenyamanan termal dan visual ruang dalam bangunan sangat ditentukan oleh bentuk fasad bangunan, sehingga bentuk fasad bangunan juga dapat mempengaruhi efisiensi penggunaan energi dalam bangunan.

Desain fasad yang mempertimbangkan iklim setempat dapat menekan penggunaan energi terutama energi pencahayaan dan energi tata udara. Strategi pengendalian termal melalui desain fasad dapat diterapkan melalui *Shade and Filter, Recessed Sun Spaces, Transitional spaces, secondary skin, dan Double glass*. Serta juga bisa dilakukan dengan Insulasi termal melalui *Insulative wall, Thermal Mass, Roof thermal insulation* (Latifah, 2015)

Fasad merupakan jalan masuk untuk Radiasi matahari, pencahayaan dan kecepatan angin. Kecepatan angin dan Cahaya masuk kedalam bangunan melalui bukaan jendela, oleh karena itu type, bentuk, ukuran dan posisi bukaan jendela menentukan kenyamanan termal.

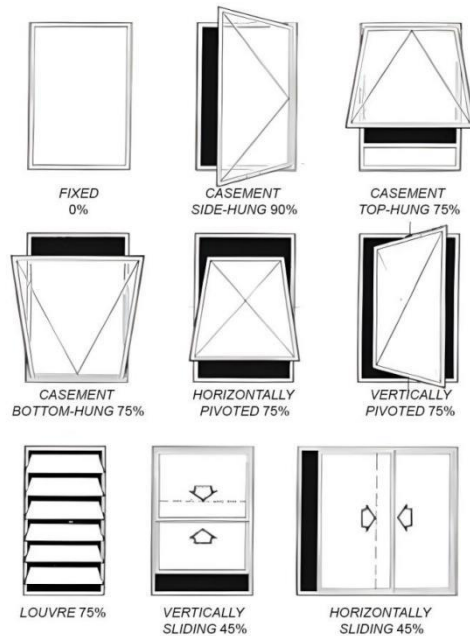
Ventilasi Alami

Ventilasi alami adalah teknik pendinginan pasif yang bertujuan untuk menjaga tingkat kualitas udara tetap baik secara alami. Dalam beberapa kasus, peningkatan sirkulasi udara diperlukan di dalam gedung untuk mengimbangi suhu dan kelembapan dalam ruangan yang tinggi serta untuk memenuhi

persyaratan kesegaran udara luar. (Baharuddin, dkk., 2017).

Berdasarkan Fungsinya, bukaan udara terdiri atas dua hal, yaitu inlet dan outlet. Inlet merupakan bukaan udara masuk kedalam ruang melalui fasad, dan outlet bukaan udara keluar dari dalam ruang, untuk mendukung perolehan kenyamanan termal, posisikan inlet dan outlet pada posisi yang tepat tidak frontal berhadapan dan berbeda elevasi, sehingga terbentuk *cross ventilation* dimana arah gerak udara dalam ruang lebih merata (Latifah, 2015). Menurut buku Fisika Bangunan 1 (2015), terdapat syarat minimal luas bukaan udara, yaitu 60%-80% luas fasad atau 20% luas ruangan.

Penelitian Pranata (2018) menyebutkan bahwa terdapat beberapa jenis bukaan jendela dengan presentase udara yang masuk ke dalam bangunan menurut Backet (1974). Jenis-jenis tersebut melibatkan jendela mati (fixed), yang tidak mengalirkan udara sama sekali ke dalam ruangan. Jendela hidup (casement side-hung) memungkinkan sebagian besar udara masuk ke dalam bangunan sebesar 90%. Jendela casement top-hung mengalirkan udara sebanyak 75%. Jendela casement bottom-hung mengalirkan udara sebanyak 45%. Jendela hidup putar (horizontal pivoted) mengalirkan udara sebanyak 75%. Jendela pivot yang memutar secara horizontal dan vertikal menghasilkan udara sebesar 75%. Jendela Louvre menghasilkan udara sebanyak 75%, jendela sliding vertikal dan horizontal menghasilkan udara sebanyak 45% (Pranata, 2018).



Gambar 1. Tipe Buka-an Jendela
(Sumber: Latifah, 2015)

Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami merupakan sistem pencahayaan yang berasal dari sinar matahari dengan tujuan mendukung produktivitas dan kenyamanan visual manusia. Di Indonesia, yang merupakan wilayah dengan iklim tropis basah, sinar matahari tersedia sepanjang waktu, namun terkadang intensitasnya dapat mengganggu dan menyebabkan ketidaknyamanan bagi Masyarakat

Untuk mengatasi sinar matahari berlebih dapat menggunakan *sun shading* atau pembayangan. *Sun shading* merupakan elemen desain pasif yang beroperasi di luar bangunan untuk mengurangi radiasi matahari berlebihan dan mengoptimalkan pencahayaan alami, sehingga dapat mengurangi beban energi yang dihasilkan oleh penggunaan pencahayaan buatan dan pendinginan di dalam bangunan (Fikri, 2020). Penerapan *sun shading* pada jendela bertujuan untuk memberikan bayangan, melindungi bangunan dari panas matahari (Sabtalistia & Wulanningrum, 2021).

Shade merupakan metode pengendalian termal yang melibatkan penggunaan sun shader. *Sun shader* adalah bagian dari fasad atau elemen bangunan yang bertugas sebagai peneduh terhadap sinar matahari. Sun shader ini memiliki karakteristik yang massif dan tanpa lubang, sehingga tidak ada cahaya matahari yang dapat melewati atau ditransmisikan. (Latifah, 2015)

Filter merupakan strategi pengendalian termal yang menggunakan sun filter. Sun filter adalah komponen pada fasad bangunan yang berperan sebagai penyaring sinar matahari. Sun filter ini dapat berlubang dan/atau bersifat transparan, sehingga masih memungkinkan radiasi panas matahari untuk memasuki ruangan atau bangunan. (Latifah, 2015)

Strategi shade & filter terdiri atas:

- 1) *Shading device*
- 2) *Recessed sun spaces*
- 3) *Transitional spaces*
- 4) *Secondary skin*
- 5) *Double glass*
- 6) *Absorbing & reflective glass*
- 7) *Low e-glass*
- 8) *Pemilihan kaca*

Shading Devices

Peneduh (*shading devices*) meliputi sirip penangkal sinar matahari (SPSM), bidang dinding, atap balkon, atap lebar, kisi-kisi (*louvre*), dan kerai otomatis (automatic blinds) (Latifah, 2015). Menurut penjelasan yang terdapat dalam buku Fisika Bangunan 1 (2015), terdapat beberapa jenis shading atau sirip penangkal sinar matahari (SPSM) yang dapat digunakan. Jenis-jenis SPSM tersebut diuraikan sebagai berikut:

- 1) SPSM horizontal (SPSM horizontal)
SPSM horizontal ini efektif digunakan pada saat sinar matahari memiliki *altitude* tinggi (antara pukul 10.00 - 14.00) pada fasad

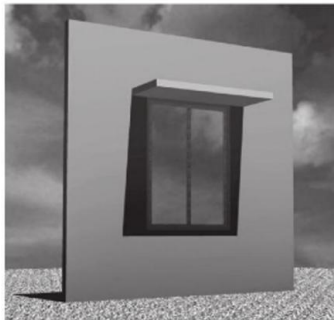
bangunan yang menghadap ke arah timur dan barat.

2) SPSM vertikal (SPSM vertical)

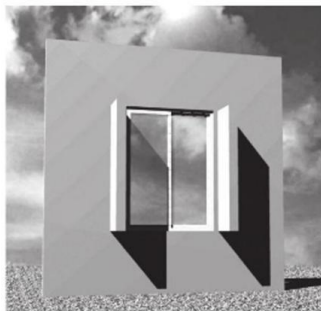
SPSM vertikal ini efektif untuk menghadapi sinar matahari dengan *altitude* rendah (antara pukul 08.00-10.00 dan 14.00-16.00) pada fasad bangunan yang menghadap ke arah utara dan selatan.

3) SPSM gabungan horizontal dan vertikal (SPSM gabungan *egg-crate*)

SPSM gabungan horizontal dan vertikal ini efektif digunakan untuk berbagai tingkat *altitude* dari sinar matahari.



Gambar 2. SPSM Horizontal
(Sumber: Latifah, 2015)



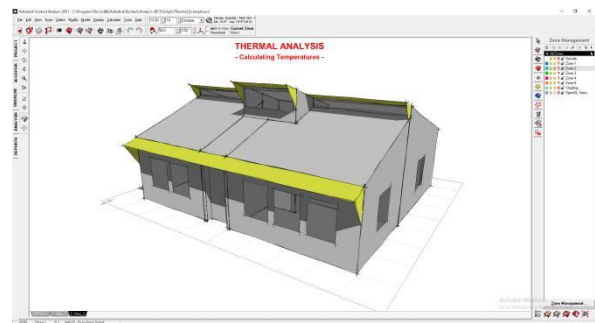
Gambar 3. SPSM Vertikal
(Sumber: Latifah, 2015)



Gambar 4. SPSM Gabungan
(Sumber: Latifah, 2015)

Software Ecotect

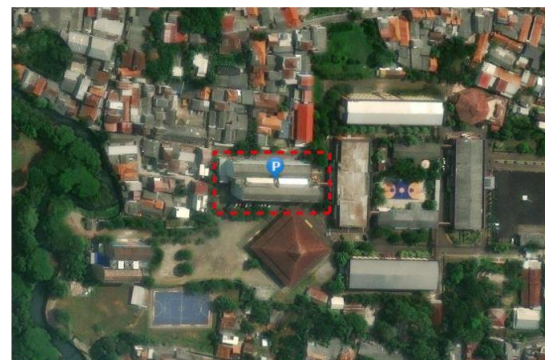
Ecotect merupakan perangkat lunak analisis energi dan lingkungan yang dikembangkan oleh *Autodesk*, *Ecotect* dapat digunakan untuk menganalisis termal, pencahayaan alami, ventilasi, penggunaan energi, analisis shading dan kelembaban. Analisis *Ecotect* saat ini dapat diintegrasikan kedalam perangkat lunak desain dan analisis lainnya. Ini membantu professional arsitektur dan rekayasa untuk merancang bangunan yang lebih efisien dan berkelanjutan.



Gambar 5. Interface Ecotect Analysis
(Sumber: Analisis pribadi)

Gedung Fakultas Teknik Unkris

Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana yang berlokasi di Jalan Cempaka Baru, Kec. Pondok Gede, Kota Bekasi, pada koordinat - 6°.26' Lintang Selatan, 106°.90' Bujur Timur.



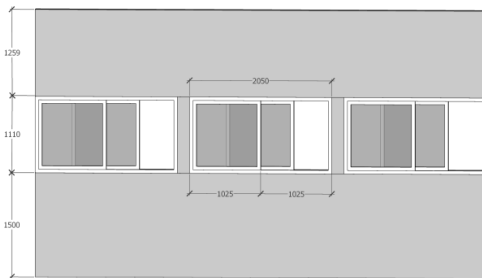
Gambar 6. Tampak atas lahan bangunan gedung Fakultas Teknik yang direncanakan
(Sumber: Google Earth)

Orientasi bangunan menghadap ke Selatan, semua ruang mempunyai bukaan pada sisi

utara dan Selatan. Gedung ini juga menggunakan SPSM kombinasi yaitu SPSM horizontal dan vertical yang terbuat dari beton. Luas ruang kelas 49 m² ketinggian per lantai 4 meter, luas fasad ruang perkelas 25 m² dengan bukaan 6 m². Type Jendela yang digunakan berbahan kusen almunium dengan kaca 1 lapis dengan type bukaan jendela sliding horizontal yang menghasilkan udara 45%. Warna dominan fasad bangunan adalah putih.



Gambar 7. SPSM pada gedung Fakultas Teknik
(Sumber: Analisis pribadi)

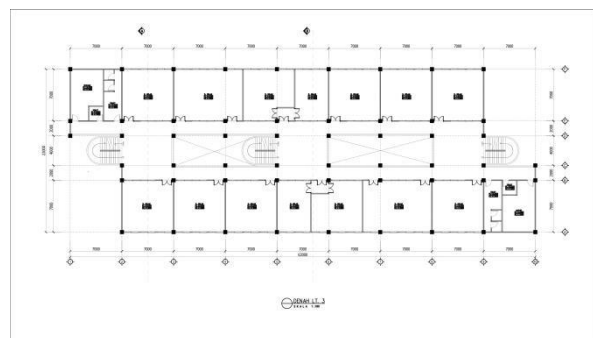


Gambar 8. Bukaan jendela pada satu bidang Gedung Fakultas Teknik
(Sumber: Analisis pribadi)

Gedung Fakultas Teknik mempunyai 4 lantai sebagai tempat perkuliahan mahasiswa. Pada lantai 1 difungsikan sebagai tempat peayanan terpadu, akademik, dan dekanat. Pada lantai 2 difungsikan sebagai tempat kepala program studi dan ruang kuliah, sedangkan pada lantai 3 dan 4 digunakan hanya sebagai ruang kuliah.



Gambar 9. Gedung Fakultas Teknik
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)



Gambar 10. Denah Fakultas Teknik
(Sumber: Analisis pribadi)

Iklm

Data iklim diperoleh dari website NASA, NASA memberikan keleluasaan untuk mengetahui catatan rerata iklim dalam sepuluh tahun lebih rinci dengan cara memasukkan koordinat lokasi secara online. Posisi ukur adalah 10 m di atas tanah.

Data NASA yang disajikan menunjukkan suhu udara rata-rata sekitar 24.84 °C. Rentang suhu udara eksternal yang mencapai angka tersebut memberikan potensi untuk mengoptimalkan pemanfaatan ventilasi alami saat suhu sedang rendah.

Radiasi pada bidang datar memiliki rata-rata sekitar 4.74 kWh/m²/jam (4740 Wh/m²/jam), dengan tingkat radiasi yang paling tinggi terjadi pada bulan September (5.45 kWh/m²/jam) dan paling rendah pada bulan Januari (4.33 kWh/m²/jam). Ketika radiasi ini

Diagram 1 Rerata Suhu

Rerata Suhu (°C)													
-6°.26' LS 106°.90' BT	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Rerata Tahunan
Rerata 10 tahun	24.36	24.39	24.82	25.08	25.22	24.70	24.29	24.47	25.08	25.61	25.33	24.76	24.84

Diagram 2 Rerata Kecepatan Angin pada Ketinggian 10 m

Rerata Kecepatan Angin pada Ketinggian 10 m(m/s)													
-6°.26' LS 106°.90' BT	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Rerata Tahunan
Rerata 10 tahun	2.87	2.50	2.09	1.94	1.83	1.75	1.83	1.84	1.87	1.86	2.00	2.62	2.08

Diagram 3 Rerata Radiasi Harian pada Bidang Datar

Rerata Radiasi Harian pada Bidang Datar (kWh/m ² /hr)													
-6°.26' LS 106°.90' BT	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Rerata Tahunan
Rerata 10 tahun	4.33	4.37	4.76	4.73	4.59	4.42	4.71	5.20	5.45	5.12	4.75	4.47	4.74

mengenai bidang-bidang non-organik yang dapat menyerap panas, seperti conblock, aspal, dan genteng, radiasi tersebut akan diubah menjadi panas. Bahan logam, seperti atap seng yang berkarat, bahkan dapat mencapai suhu 80°C. Panas yang dihasilkan akan dipancarkan kembali ke lingkungan sekitar, menyebabkan kenaikan suhu di sekitarnya. Sebaliknya, jumlah radiasi panas yang sama hanya akan menyebabkan kenaikan suhu pada benda-benda organik penyerap panas, seperti dedaunan, hingga sekitar 45°C.

Dengan rata-rata kecepatan angin tahunan sekitar 2.08 m/s dan arah yang dominan dari tenggara, kecepatan angin ini dapat dijadikan sumber ventilasi alami, meskipun perlu diatur dengan menggunakan secondary skin untuk mengurangi kecepatannya.

Strategi Desain Fasad Untuk Peningkatan Efisiensi Energi

Sejumlah strategi terus dikembangkan untuk mencapai efisiensi energi melalui fasad bangunan sebagai komponen utama dalam desain bangunan untuk merespon iklim luar. Tujuan utama fasad bangunan di wilayah beriklim tropis basah adalah mengurangi penyerapan panas matahari dan menyediakan pencahayaan alami serta ventilasi alami. Menurut Buku Fisika Bangunan 1 (2015), Strategi yang dimaksud meliputi:

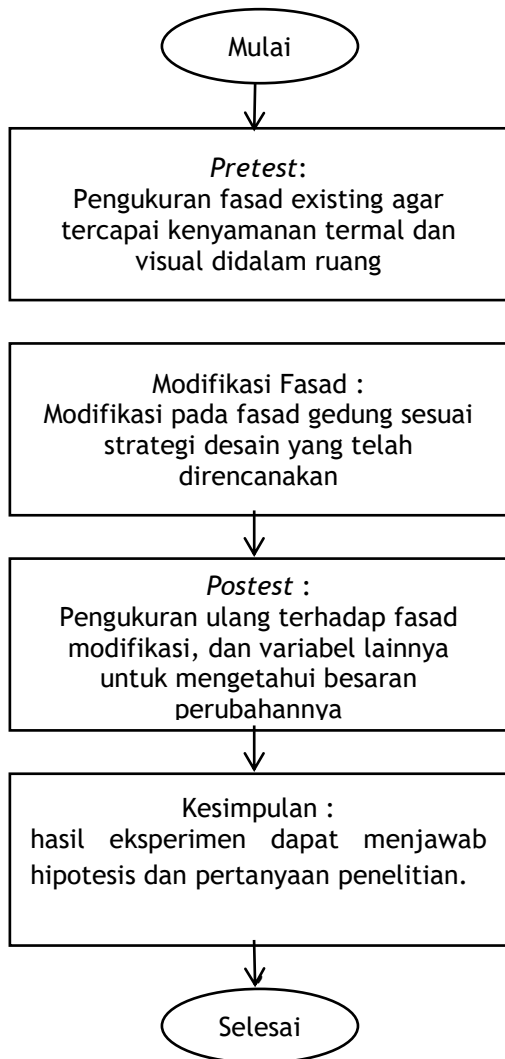
1. *Shade and Filter.*
2. Posisi dan dimensi bukaan jendela
3. Jenis dan tekstur material
4. *Green Wall*
5. *Cooling Effect*
6. Warna Fasad

Jika strategi ini diterapkan pada fasad bangunan hasilnya walaupun harus melalui

pengukuran tetapi setidaknya dapat mencapai kenyamanan termal dalam bangunan sehingga dapat menekan penggunaan energi.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimental dengan memodifikasi fasad bangunan. Langkah dalam penelitian ini adalah dengan melakukan *pretest dan posttest*, merupakan pendekatan yang digunakan untuk mengukur perubahan atau dampak suatu intervensi atau modifikasi pada subjek penelitian. Berikut adalah tahapan dalam metode ini:



Gambar 11. Tahapan penelitian
(Sumber: Analisis peneliti)

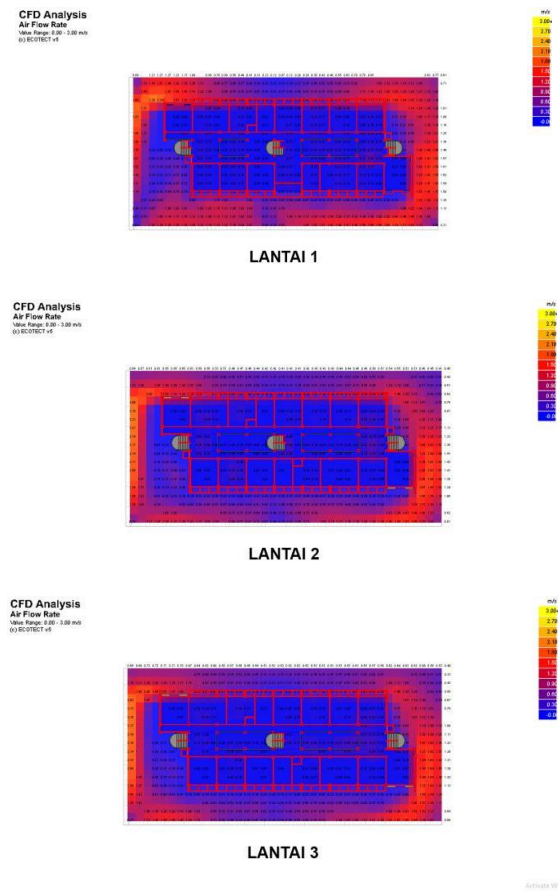
ANALISA DAN HASIL

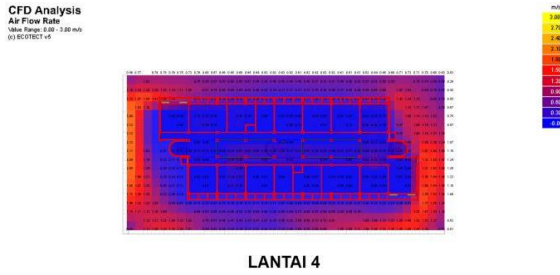
Pretest Gedung Fakultas Teknik Unkris

Pada sub-bab ini akan disajikan hasil simulasi komputer dengan *software ecotect* pada aspek-aspek yang mempengaruhi penghematan energi, yaitu melalui ventilasi alami dan pencahayaan alami

Ventilasi Alami

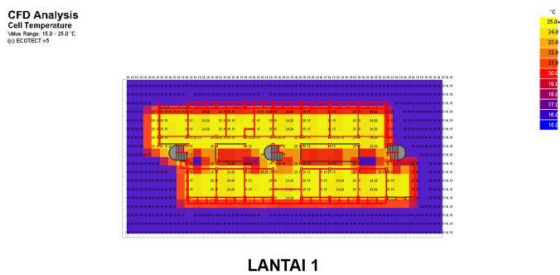
Simulasi ini akan menjelaskan *Computational fluid dynamics* (CFD) Analisis penghawaan alami dan suhu pada bangunan Fakultas Teknik. Simulasi ini dilakukan pada siang hari saat cuaca cerah, dengan kondisi jendela terbuka, penerangan lampu dan tata udara buatan (AC) dimatikan. Indikator pada gambar analisis disebelah kanan atas menunjukkan nilai rata-rata secara berurutan mulai dari nilai yang terendah berwarna biru, nilai sedang berwarna merah, dan nilai yang tertinggi berwarna kuning.



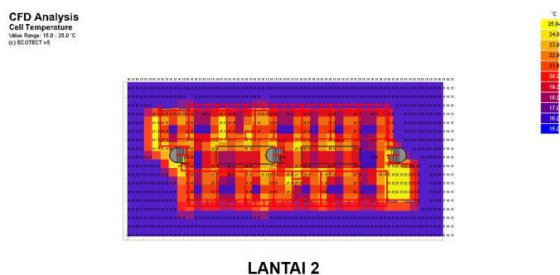


LANTAI 4

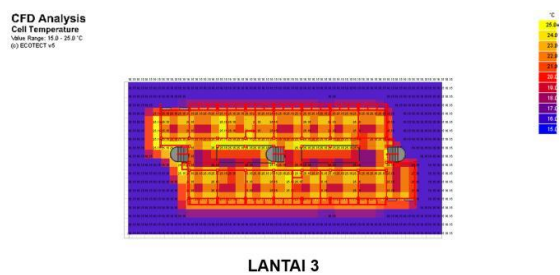
Gambar 12. Simulasi CFD Analisis Penghawaan Alami Pada Fakultas Teknik (Sumber: Analisis Pribadi)



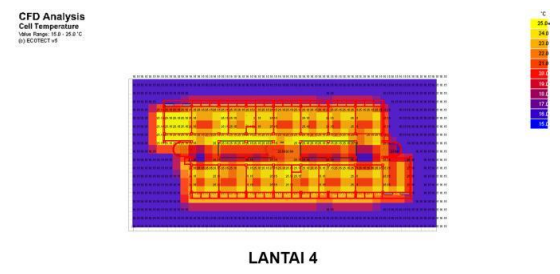
LANTAI 1



LANTAI 2



LANTAI 3



LANTAI 4

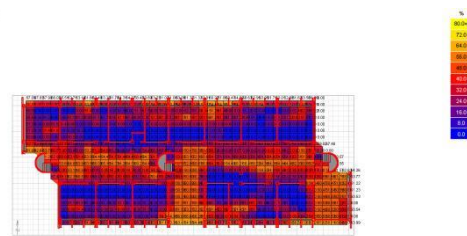
Gambar 13. Simulasi CFD Analisis Suhu Pada Fakultas Teknik (Sumber: Analisis Pribadi)

Hasil simulasi pada gambar 12 menunjukkan dengan jelas bahwa hanya terjadi sedikit perpindahan udara alami masuk ke dalam bangunan, dengan rata-rata kecepatan udara di ruangan berkisar pada 0.1 m/s. Berdasarkan informasi yang terdapat dalam Buku Fisika Bangunan 1, tingkat kenyamanan optimal untuk kecepatan udara berada di rentang antara 0,5 m/s hingga 1 m/s. Selain itu hasil simulasi pada gambar 13 menunjukkan radiasi suhu pada ruangan masih cukup tinggi dengan rata-rata diangka 25° C. Oleh karena itu, diperlukan strategi untuk meningkatkan sirkulasi udara alami agar dapat memperbaiki efisiensi energi melalui optimalisasi penghawaan alami.

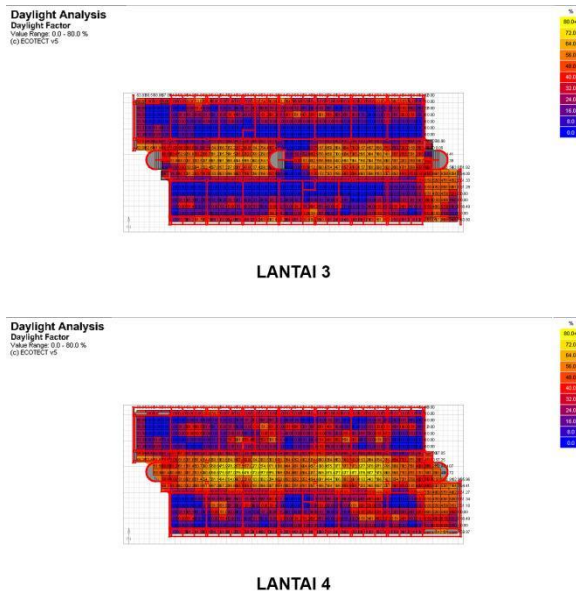
Pencahayaan Alami

Simulasi ini akan menjelaskan distribusi faktor pencahayaan alami (*daylight factor/DF*) di setiap tingkat bangunan Fakultas Teknik. DF akan tetap konsisten selama elemen ruang tidak mengalami perubahan. Untuk menentukan tingkat pencahayaan pada suatu titik tertentu, dapat dihitung menggunakan rumus $E = DF \times \text{Iluminasi di luar ruang}$. Dalam konteks ini, nilai Iluminasi di luar ruang adalah 8.500 lux, sehingga pencahayaan pada satu titik di dalam ruang dengan DF sebesar 10% (sebagai contoh) adalah 850 lux. Pada kondisi cuaca mendung, ketika nilai iluminasi di luar ruang turun menjadi 2.000 lux, maka pencahayaan pada titik yang sama akan menjadi 200 lux.

Daylight Analysis
Daylight Factor
Value Range: 0.0 - 80.0 %
(c) ECOTECT v5



LANTAI 1



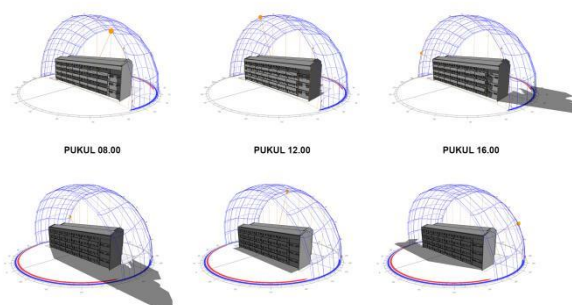
Gambar 14. Simulasi Pencahayaan Alami pada Fakultas Teknik
(Sumber: Analisis Pribadi)

Berdasarkan hasil simulasi pada gambar 14 yang diambil pukul 12.00 siang, penyebaran pencahayaan alami belum mencapai tingkat optimal. Terlihat bahwa pada setiap lantai, persentase cahaya alami yang memasuki ruang kuliah berada di bawah 10% (ditunjukkan dengan warna biru pada indikator). Kondisi ini dapat mengakibatkan ketidaknyamanan visual, sehingga perlu adanya pencahayaan buatan sebagai tambahan untuk menerangi ruang kuliah tersebut.

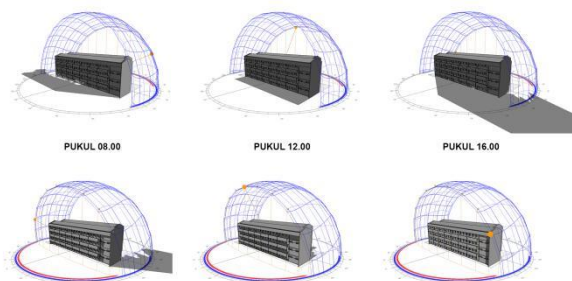
Pembayangan

Pembayangan memainkan peran yang signifikan dalam efisiensi energi. Saat ini, terdapat bahan kaca yang dapat menghalangi pemanasan ruangan dengan cara memantulkan kembali radiasi panas atau menahan panas pada kaca sehingga suhu kaca meningkat. Meskipun demikian, bahan yang memantulkan radiasi panas dan cahaya dapat menimbulkan konflik dengan bangunan lain yang menerima pantulan tersebut. Sebaliknya, kaca yang memanaskan akan berfungsi sebagai radiator yang

memancarkan panas ke dalam ruangan. Oleh karena itu, pendekatan yang lebih baik adalah menghindari kontak langsung antara kaca dan dinding dengan sinar matahari. Hal ini dapat dicapai dengan menjadikan pembayangan berupa penyerap panas organik, seperti tanaman. Daun, sebagai contohnya, tidak akan memanaskan karena mereka menggunakan panas matahari dalam proses fotosintesis dan evapotranspirasi, sehingga tidak menjadi sumber panas yang merugikan.



Gambar 15. Pembayangan pada tanggal 23 Desember (pandangan dari arah tenggara)
(Sumber: Analisis Peneliti)



Gambar 16. Pembayangan pada tanggal 23 Juni (pandangan dari arah barat laut)
(Sumber: Analisis Peneliti)

Desain Modifikasi Fasad

Shade And Filter

Shade merupakan metode pengaturan termal yang memanfaatkan *sun shader*. *Sun shader* adalah elemen pada fasad bangunan atau bagian tertentu yang berperan sebagai peneduh sinar matahari. *Sun shader* memiliki karakteristik yang padat dan tidak memiliki

lubang, sehingga tidak ada sinar matahari yang dapat melewati atau diteruskan.



Gambar 17. Pengurangan shading untuk memperlebar bukaan
(Sumber: Analisis Peneliti)

SPSM pada fasad memiliki ketinggian yang berlebihan, menyebabkan penutupan bukaan pada fasad. Hal ini mengakibatkan keterbatasan dalam masuknya udara alami dan cahaya matahari karena SPSM yang menutupi. Oleh karena itu, strategi yang diterapkan adalah melakukan pemotongan sebagian pada bagian horizontal SPSM. Dengan langkah ini, potensi penetrasi cahaya dan udara alami ke dalam ruangan dapat dioptimalkan.

Filter merupakan metode kontrol termal yang memanfaatkan sun filter. Sun filter adalah bagian dari fasad bangunan yang berperan sebagai penyaring sinar matahari. Sun filter memiliki lubang-lubang atau transparansi, memungkinkan sebagian radiasi panas matahari tetap dapat masuk ke dalam ruangan.

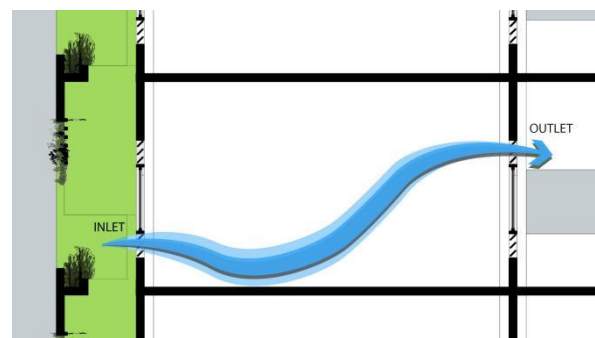


Gambar 18. Kisi-kisi sebagai pembayangan horizontal dan tempat untuk tanaman rambat
(Sumber: Analisis Peneliti)

Sun Filter dengan desain kisi-kisi dapat mengurangi paparan panas matahari hingga 50%, sambil tetap memungkinkan sirkulasi udara masuk. Dengan mempertimbangkan bahwa permukaan dinding terluas dari Fakultas Teknik terletak di bagian utara dan selatan, risiko radiasi sinar matahari melalui jendela di kedua sisi ini tergolong rendah. Oleh karena itu, penggunaan pembayang tetap (*fixed shading device*) dianggap cukup efisien. Bahkan dengan lebar tritisan sebesar 1 meter, paparan sinar matahari dapat diblokir dengan baik oleh shading tersebut.

Posisi Dan Dimensi Bukaan

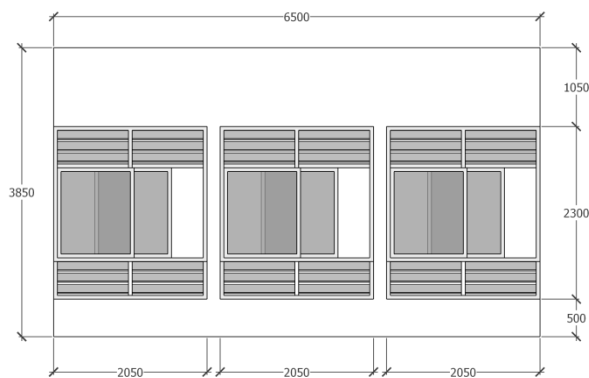
Penempatan bukaan mendukung terjadinya *cross ventilation*. Dengan adanya *cross ventilation* (ventilasi silang), arus udara dalam ruangan dapat disirkulasikan secara merata. Secara potongan, *inlet* dan *outlet* ditempatkan di bagian atas dan bawah bukaan jendela untuk memanfaatkan pergerakan udara panas yang cenderung naik ke atas ruangan, sehingga dapat dikeluarkan melalui outlet di posisi atas.



Gambar 19. Potongan posisi inlet dan outlet
(Sumber: Analisis Peneliti)

Dimensi bukaan diperbesar menjadi 15 m² dari luas fasad ruang kelas yang mencapai 25 m², sehingga sekarang dimensi bukaan mencakup 60% dari total luas fasad. Dilengkapi dengan ventilasi berupa kisi-kisi (*louvre*) di bagian atas yang berfungsi sebagai *outlet* dan bagian bawah berfungsi sebagai *inlet*, sistem ini bertujuan untuk

mengoptimalkan sirkulasi udara alami ke dalam ruangan. Penggunaan ventilasi kisi-kisi dapat disesuaikan dengan mudah, memungkinkan pengaturan arah dan kecepatan aliran udara yang masuk ke dalam ruangan. Sistem ventilasi ini dilengkapi dengan saklar otomatis yang akan mematikan sumber listrik AC ketika ventilasi dalam keadaan terbuka, dan sebaliknya, akan menutup otomatis ketika AC dihidupkan.



Gambar 20. Dimensi bukaan modifikasi
(Sumber: Analisis Peneliti)

Jenis Dan Tekstur Material

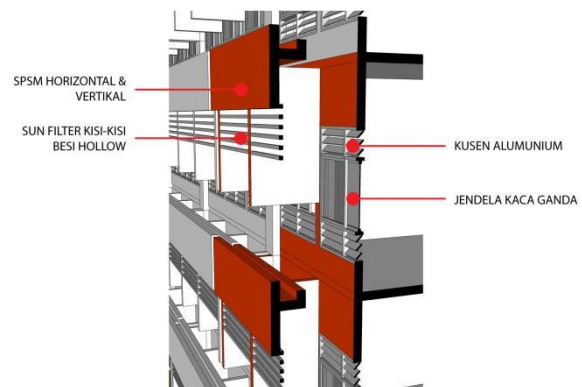
Dinding bagian luar terbuat dari bahan yang dapat mengurangi penyebaran panas dari luar ke dalam ruangan, baik melalui perbedaan suhu udara (antara luar dan dalam, saat ruangan tertutup) maupun radiasi panas langsung dari sinar matahari yang mengenai sisi luar dinding. Material SPSM yang digunakan adalah beton berwarna cerah, sehingga memiliki kemampuan memantulkan radiasi panas matahari.



Gambar 21. Tampilan *sun filter* pada fasad
(Sumber: Analisis Peneliti)

Sun filter menggunakan struktur kisi-kisi terbuat dari besi hollow yang dicat cerah, bertujuan untuk memastikan ketahanan dan sebagai wadah bagi tanaman rambat.

Jendela kaca, yang memiliki tingkat kejernihan lebih dari 90%, didesain dengan lebar tertentu agar memungkinkan cahaya alami masuk ke dalam ruangan secara optimal. Konstruksi kaca jendela bersifat ganda, dengan kaca berukuran 8mm di sisi luar dan 6mm di sisi dalam. Rangka jendela terbuat dari aluminium dengan warna yang cerah atau putih, bertujuan untuk menghindari kontras yang mencolok.



Gambar 22. potongan material pada modifikasi fasad
(Sumber: Analisis Peneliti)

Green Wall

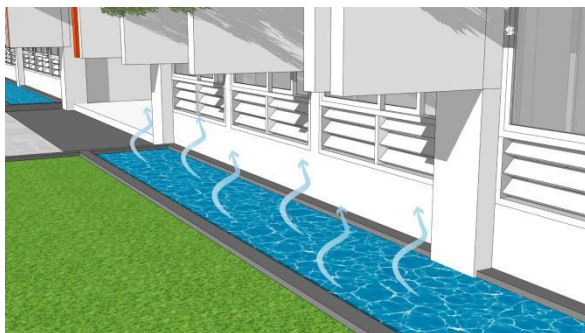
Dinding hijau (*Green Wall*) merupakan strategi pengendalian termal yang melibatkan penanaman vegetasi di fasad atau dinding bangunan. Dalam modifikasi fasad ini, tanaman rambat ditempatkan di sun filter, sementara tanaman pot ditempatkan di atas SPSM. Penggunaan dinding hijau ini bertujuan untuk mencapai insulasi termal dan pendinginan pasif, menciptakan iklim mikro yang mendukung sistem penghawaan alami pada bangunan.



Gambar 23. Vegetasi pada fasad sebagai dinding hijau
(Sumber: Analisis Peneliti)

COOLING EFFECT

Efek pendinginan (*Cooling effect*) merupakan suatu strategi pengendalian termal yang melibatkan penurunan suhu secara pasif tanpa menggunakan perangkat mekanis, dengan cara mendinginkan udara melalui proses penguapan uap air. Proses ini terjadi karena peningkatan kelembaban udara akibat adanya tambahan kandungan uap air. Oleh karena itu, dirancang suatu ruang penampungan air di lantai dasar dekat dengan bukaan jendela, bertujuan untuk meningkatkan efektivitas pendinginan.



Gambar 24. Cooling effect dengan penguapan uap air
(Sumber: Analisis Peneliti)

Warna Fasad

Pemilihan warna pada fasad dapat berdampak pada tingkat penyerapan atau pantulan sinar matahari. Warna yang cerah dan memiliki tingkat reflektivitas tinggi pada permukaan fasad yang terkena sinar matahari dapat mengurangi penyerapan panas, membantu menjaga suhu ruangan tetap lebih rendah. Pada gedung fakultas

teknik, warna putih dan hijau mendominasi fasad karena keduanya memiliki tingkat reflektivitas yang tinggi. Beberapa bagian juga menggunakan warna orange kemerahan untuk mempertahankan identitas warna dari logo Unkris.



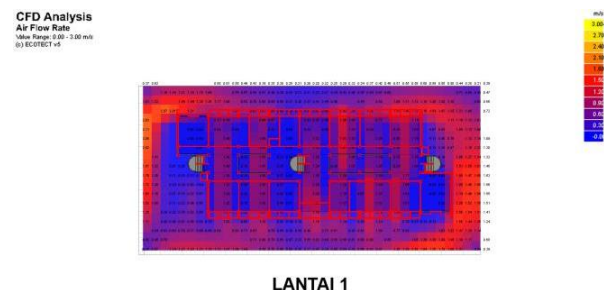
Gambar 25. Desain Modifikasi Gedung Fakultas pada sisi Barat Daya.
(Sumber: Analisis Peneliti)

Post-test Modifikasi Fasad

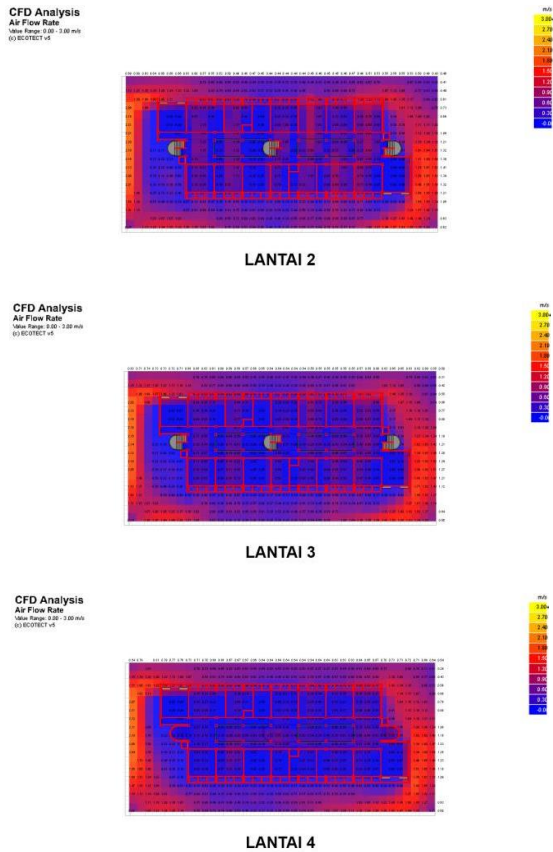
Untuk memverifikasi efektivitas modifikasi pada fasad gedung fakultas teknik, dilakukan simulasi ulang guna mengevaluasi hasil peningkatan yang diperoleh dari perubahan fasad yang telah diimplementasikan dalam desain perencanaan. Hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *Ecotect* dapat ditemukan di bawah ini:

Ventilasi Alami

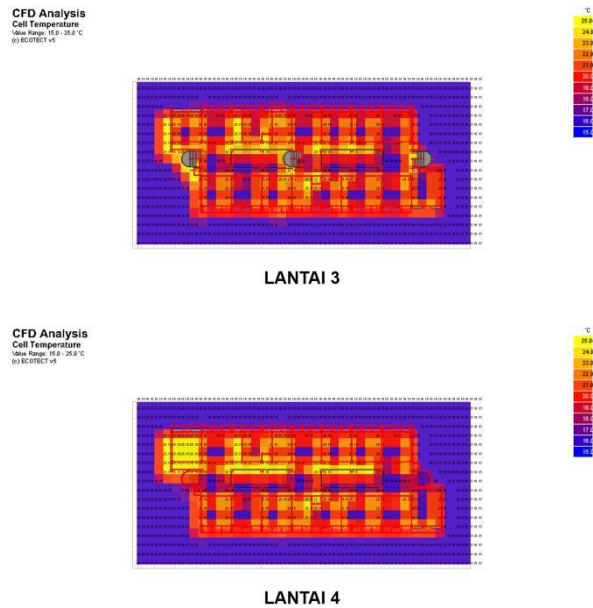
Pertama dilakukan simulasi *Computational fluid dynamics* (CFD) pada udara alami yang masuk ke dalam ruangan dan suhu di tiap lantainya.



Gambar 26. Simulasi CFD Analisis Penghawaan Alami pada Fakultas Teknik setelah modifikasi
(Sumber: Analisis Peneliti)



Gambar 27. Simulasi CFD Analisis Penghawaan Alami pada Fakultas Teknik setelah modifikasi (lanjutan)
(Sumber: Analisis Peneliti)

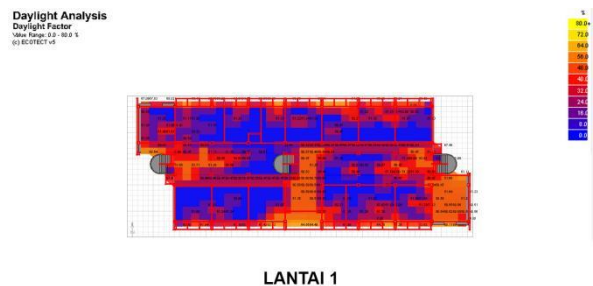
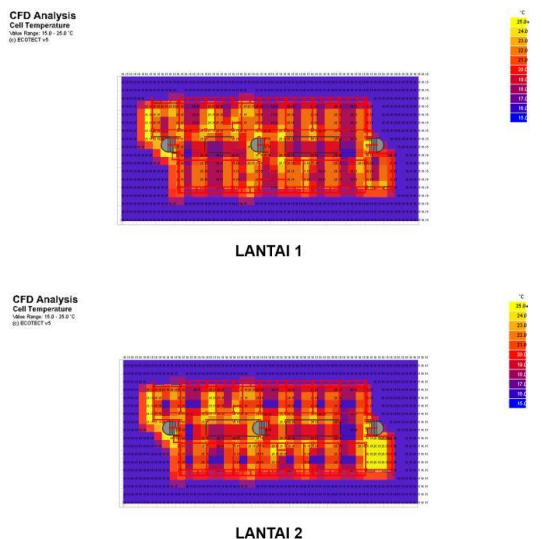


Gambar 28. Simulasi CFD Analisis Suhu Pada Fakultas Teknik Unkris
(Sumber: Analisis Peneliti)

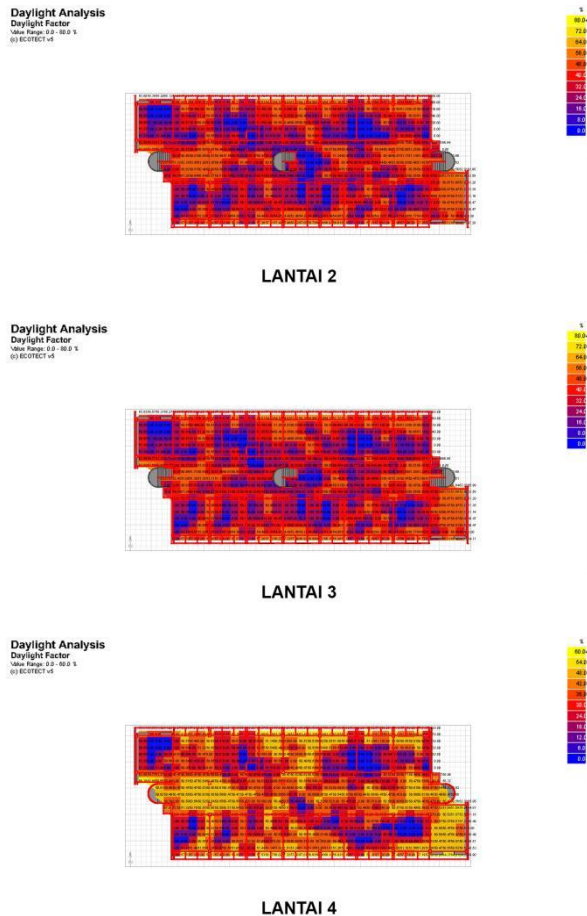
Hasil simulasi komputer menggunakan *Ecotect* pada sirkulasi udara alami menunjukkan peningkatan pada setiap lantai bangunan.

Pencahayaan Alami

Simulasi ini akan menunjukkan distribusi faktor pencahayaan alami (*daylight factor/DF*) di setiap lantai bangunan Fakultas Teknik Unkris.



Gambar 28. Simulasi Pencahayaan Alami pada Fakultas Teknik Setelah Modifikasi
(Sumber: Analisis Peneliti)



Gambar 29. Simulasi Pencahayaan Alami pada Fakultas Teknik Setelah Modifikasi (lanjutan)
(Sumber: Analisis Peneliti)

HASIL

Terlihat bahwa distribusi udara alami (gambar 26) di dalam ruangan mengalami perubahan, berkisar antara 0,5 m/s hingga 1,0 m/s dan suhu pada ruangan (gambar 27) mengalami penurunan dengan rata-rata suhu di setiap lantainya berada di 20 °C. Dari hasil simulasi, perubahan pada fasad tersebut dapat mencapai kenyamanan termal yang lebih baik dan efisiensi penghematan energi yang lebih tinggi karena mampu memanfaatkan sirkulasi udara alami dan mengurangi ketergantungan pada penggunaan AC secara terus menerus.

Berdasarkan hasil simulasi komputer pada tingkat pencahayaan alami (*Daylight*

Factor/DF) di setiap lantai gedung Fakultas Teknik (gambar 28), terdapat peningkatan setelah dilakukan modifikasi pada fasad. Terlihat bahwa indikator pencahayaan alami di setiap lantai dalam ruangan mengalami peningkatan bahkan hingga 50%. Dengan kata lain, perubahan pada fasad, khususnya pada bagian shading, terbukti cukup efektif untuk meningkatkan efisiensi energi, sehingga penggunaan lampu pada siang hari dapat dikurangi.

KESIMPULAN

Penelitian eksperimental dengan *pretest* dan *posttest* menggunakan simulasi komputer dengan *Ecotect* dapat menjawab hipotesis dan pertanyaan penelitian pada poin satu, bahwa bentuk fasad eksisting sebelum dilakukan modifikasi tidak tercapai kenyamanan termal dan visual yang menyebabkan penggunaan tata udara dan pencahayaan buatan saat proses belajar-mengajar dilakukan, hal ini membuat penggunaan energi menjadi tidak efisien.

Modifikasi fasad dengan menerapkan strategi desain yang direncanakan berhasil menciptakan kenyamanan termal dan visual yang mempengaruhi penggunaan energi menjadi lebih efisien, pernyataan ini sekaligus menjawab pertanyaan penelitian pada poin dua.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksamija, Ajla. (2013). *Sustainable facades: design methods for high-performance building envelopes*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Baharuddin Hamzah, M. Ramli Rahim, Muhammad taufik Ishak, Sahabuddin. (2017). Kinerja Sistem Ventilasi Alami Ruang Kuliah.
- Choice, Y. P. (2016). *uPVC Windows*. 2016.

Fikri, R. (2020). Pengaruh Penerapan Desain *Shading Device* Pada Itdc Office. *UNDIP E-Journal Systems (UEJS)*, 171–180.

Latifah, N. L. (2015). *Fisika Bangunan 1*. Jakarta: Griya Kreasi.

Latif, S. Hamzah, B. & Ihsan, I. (2014). Pengaliran Udara untuk Kenyamanan Termal Ruang Kelas dengan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamics. *Sinektika*, 14 (2): 209-216.

M. CE Mediastika, F Binarti. (2013). *Environmental and Climate Technologies 11*.

N. Fahmi Ishak. (2019). Aplikasi Penghawaan Alami Pada Bangunan Beriklim Tropis.

Pranata, T. (2018). *Rekayasa Ventilasi Alami Pada Gedung Islamic Center Pamekasan*. Repository Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Rica Fitriani, Utami, 2022. Implementasi Arsitektur Tropis Pada Desain Buka-an Fasad Rumah Susun Rorotan IX Jakarta Utara.

Saleh, M. F., & Sirajuddin, F. E. (2019). Analisis Penggunaan Material Kaca pada Dinding Luar Bangunan Tinggi Untuk Meminimalisir Penggunaan Energi pada Bangunan. *Jurnal LL-DIKTI IX*, 1, 15–22.

Safirannur, Adi Safyan Yahya, Yenny Novianti. (2021). Pengaruh Desain Buka-an Terhadap Pencahayaan Alami Studi Kasus SMA Negeri 1 Dolok Batu Nanggar.

Taufik Wibowo, Yudhiarma. (2022). Simulasi Model Rancangan Facade Bangunan Selimut Ganda untuk Bangunan yang Menerapkan Sistem Pendinginan Aktif Berbasis Iklim Tropis untuk Efisiensi Energi.

Tedja, M., Sidauruk, I. B., & Rahmadyansah, R. (2015). Perbandingan Pekerjaan Kusen dan

Pintu Bahan Kayu dengan Bahan Alumunium. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 6(2), 301.