

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN MANDIRI**



**Kinerja Thermal Fasad Ganda Berlubang Berbahan Aluminium
Composite Panel Pada Iklim Panas Lembab**

Tim Peneliti

Ketua : Abdi Gunawan Djafar, S.T., M.T / 0023038703

Anggota : Niniek Pratiwi, S.T., M.T / 0020048804

**JURUSAN TEKNIK ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

PENELITIAN MANDIRI

Judul kegiatan : Kinerja Thermal Fasad Ganda Berlubang Berbahan Aluminium Composite Panel Pada Iklim Panas Lembab

KETUA PENELITI

A. Nama lengkap : Abdi Gunawan Djafar, S.T., M.T.
B. NIDN : 0023038703
C. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
D. Program Studi : S1 Teknik Arsitektur
E. Nomor HP : 085240637202
F. Email : abdi_djafar@ung.ac.id

ANGGOTA PENELITI (1)

A. Nama lengkap : Niniek Pratiwi, S.T., M.T.
B. NIDN : 0020048804
C. Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

Lama Penelitian Keseluruhan : 1 tahun

Penelitian Tahun ke : 1

Biaya Penelitian Keseluruhan : -

Biaya Tahun Berjalan : -Diusulkan ke Lembaga : -

-Dana internal PT : -

-Dana institusi lain : -

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik,



(Dr. Sardi Salim, M.Pd)
NIP/NIK 196807051997021001

Gorontalo, 4 Oktober 2021
Ketua Peneliti,

(Abdi Gunawan Djafar, S.T., M.T.)
NIP/NIK 198703232019031011

Menyetujui
Ketua Lembaga Penelitian,

(Prof. Dr. Ishak Isa, M.Si)
NIP/NIK 196105261987031005

RINGKASAN

Hidup di iklim tropis lembab menyebabkan masyarakat yang hidup di Indonesia menghadapi masalah seperti suhu udara dan kelembaban udara yang tinggi yang menyebabkan ketidaknyamanan dalam berbagai aktivitas seperti bekerja hingga beristirahat. Untuk mengatasi masalah ini digunakanlah alat pengkondisi udara dalam ruangan tertutup yang dapat menurunkan suhu dan kelembaban hingga di angka yang nyaman secara thermal. Saat ini pengkondisi udara adalah solusi utama yang diterapkan di berbagai negara untuk mengatasi ketidaknyamanan thermal pada bangunan. Namun alat ini bergantung pada energi listrik untuk bekerja. Ketika terjadi pemadaman listrik, ruangan kembali pada keadaan yang tidak nyaman. Tanpa pengkondisi udara, orang-orang akan membuka jendela untuk menyirkulasikan udara dari luar yang akan membuang udara panas dan kelembaban dari dalam ruangan. Penghawaan alami, meskipun dapat menggantikan peran pengkondisi udara masih kurang efektif dalam menyamankan ruangan. Kecepatan angin yang tidak menentu dan suhu udara yang panas di luar bangunan mempengaruhi efektifitas penghawaan alami. Salah satu faktor yang membuat ruangan sulit mencapai kenyamanan thermal adalah besarnya radiasi matahari yang diterima bangunan melalui bidang transparan (jendela kaca) dan diserap bidang tertutup (dinding). Makin sedikit besar panas yang masuk dalam bangunan maka makin kecil pula daya listrik yang dibutuhkan pengkondisi udara untuk bekerja dan makin sedikit pula aliran angin yang diperlukan untuk penghawaan alami.

Merancang fasad dengan perbandingan bidang transparan (kaca) dan tertutup (dinding) yang cukup dapat membatasi perolehan panas melalui sinar matahari namun sampai di sini belum cukup. Perlu ada usaha untuk mendinginkan fasad dan mengurangi panas pada bidang dinding. Fasad selubung ganda telah diperkenalkan di Eropa sejak awal abad ke 20 dengan cara membuat dua lapis selubung pada fasad dimana diantara kedua lapisan dapat dilewati oleh aliran udara. Teknologi ini telah terbukti mampu mengurangi besar panas yang masuk ke dalam ruangan sekaligus mengurangi besar penggunaan energi listrik pada pengkondisi udara.

Di Gorontalo, teknologi ini telah diterapkan pada rancangan gedung fakultas di kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo yang dimodifikasi menjadi fasad ganda berlubang dengan material panel aluminium komposit dan lubang berbentuk pola karawo. Fasad ini membatasi jumlah sinar matahari yang mencapai dinding ruangan, meneduhkan dinding, namun tetap memungkinkan aliran udara untuk melalui lubang dan celah diantaranya. Fasad ini juga dapat menunjukkan ciri khas daerah Gorontalo yaitu karawo melalui pola bentuk lubangnya yang

didesain dengan motif karawo. Perlu ada kajian-kajian diantaranya mengenai kinerja thermal fasad ganda berlubang dalam menghambat pemanasan ruangan, eksplorasi desain dan ukuran fasad yang dapat memaksimalkan gerak aliran udara, eksplorasi material dan konstruksi fasad yang ekonomis, serta kajian integrasi fasad dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya.

Kajian-kajian tersebut dilakukan dengan meneliti kinerja thermal fasad ganda berlubang dengan cara membandingkan suhu ruangan yang menggunakan fasad ganda berlubang dengan suhu ruangan yang tidak menggunakannya untuk menemukan signifikansi kinerjanya.

Kata Kunci: Kenyamanan thermal, Suhu ruangan, Fasad bangunan

DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	4
2.1 Fasad Selubung Ganda.....	4
2.2 Fasad Ganda Berlubang.....	5
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	8
3.1 Tujuan Penelitian.....	8
3.2 Manfaat Penelitian.....	8
BAB IV METODE PENELITIAN.....	9
4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	9
4.2 Cara Penelitian dan Analisa.....	9
4.3 Pengukuran Lapangan.....	9
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	12
5.1 Gambaran Kondisi Panel Fasad Ganda Berlubang.....	12
5.2 Hasil Pengukuran Tahap 1.....	13
5.3 Hasil Pengukuran Tahap 2.....	15
5.4 Analisa Kinerja Fasad Ganda Berlubang dalam Mengurangi Pemanasan.....	17
5.5 Analisa Fluktuasi Suhu Udara yang Disebabkan Lubang Fasad Ganda Berlubang.....	17
5.6 Analisa Suhu Udara pada Malam Hari.....	18
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	19
6.1 Kesimpulan.....	19
6.2 Saran.....	19

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Daftar spesifikasi kaca (sumber: material library Autodesk Revit).....	5
Tabel 5.1. Perbandingan Hasil Pengukuran Suhu Ruangan Dengan dan Tanpa fasad ganda berlubang.....	14
Tabel 5.2. Perbandingan Hasil Pengukuran Suhu Udara pada Panel fasad ganda berlubang dengan Suhu Udara pada Ruangan yang diteduhi fasad ganda berlubang	16
Tabel 5.3 Perbedaan Suhu Dua Ruangan dalam 6 Jam Pengukuran	17

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip kerja fasad selubung ganda.....	4
Gambar 2.2 Gedung New Media Tower dan fasad berlubang.....	7
Gambar 2.3 (Dari kiri ke kanan) Fasad ganda berlubang pada fakultas Teknik, fakultas MIPA, fakultas Pertanian, dan fakultas Sastra Budaya	7
Gambar 2.4 Tampilan dalam ruangan pada fasad tunggal (kiri) dan fasad ganda berlubang (kanan) di gedung fakultas Teknik kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo.....	7
Gambar 4.1. Tampak luar dari kedua ruangan yang diukur,	10
Gambar 4.2. Lokasi alat ukur digantung di jendela	10
Gambar 4.3 Lokasi alat ukur digantung di lubang panel	11
Gambar 5.1 Potongan fasad ganda berlubang dan Dinding Ruangan	12
Gambar 5.2. Pola dan Ukuran Lubang pada fasad ganda berlubang di Fakultas Teknik UNG,	13
Gambar 5.3 Hasil Pengukuran Suhu Ruangan Dengan dan Tanpa fasad ganda berlubang,	13
Gambar 5.4 Hasil pengukuran dalam 1 hari	15
Gambar 5.5. Hasil Pengukuran Suhu Udara di panel fasad ganda berlubang (luar) dan di dalam ruangan yang diteduhkan fasad ganda berlubang.	16

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Bukti Article Submission	22
Lampiran 2. Draft Jurnal.....	23

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengkondisi udara atau *Air Conditioner* (AC) telah menjadi pilihan utama dibanding kipas angin dan pemanfaatan aliran udara/angin dalam menciptakan ruangan yang nyaman secara thermal. Hampir semua bangunan dari berbagai fungsi dan ukuran menggunakannya. Pada tahun 2019 terhitung di Indonesia total jumlah pengkondisi udara yang digunakan sebanyak 223 juta unit, dimana pada tahun 2016 beban puncak listrik yang digunakan untuk pengkondisian udara telah mencapai 15% dari total seluruh penggunaan energi listrik, dan angka ini dapat meningkat hingga 40% pada tahun 2050¹. Pada penelitian lainnya disebutkan bahwa beban puncak penggunaan listrik di Indonesia dapat meningkat hingga mencapai 77,3 GW di sekitar tahun 2010-2030 dimana faktor utama peningkatannya adalah konsumsi listrik dari pengkondisi udara². Besarnya angka penggunaan energi listrik ini akan berdampak berbagai hal di masa yang akan datang. Untuk itu perlu adanya perhatian lebih terhadap hal ini, perlu ada penelitian-penelitian di Indonesia sebagai negara yang berada di iklim tropis lembab dengan kombinasi radiasi sinar matahari yang tinggi, suhu udara yang tinggi, kelembaban yang tinggi, yang kesemuanya berdampak pada intensitas penggunaan pengkondisian udara yang tinggi pula.

Usaha untuk menurunkan besar penggunaan energi untuk pengkondisi udara dapat dilakukan dari berbagai sisi baik merekayasa pengkondisi udara yang hemat energi dan merekayasa bangunan yang bisa mengurangi penggunaan energi listrik. Sebagai alat yang diletakkan di dalam bangunan, arsitek dan perancang bangunan seharusnya bisa merekayasa agar beban kerja pengkondisi udara tidak berat sehingga daya yang digunakannya pun tidak besar dengan cara meminimalisir besar panas dalam ruangan. Radiasi matahari yang tinggi di daerah beriklim tropis cenderung memanaskan bangunan. Dengan mengurangi luas bidang bangunan (dinding dan atap) dan lamanya terpapar sinar matahari dapat mengurangi pula besar panas yang masuk ke dalam ruangan.

Fasad selubung ganda telah digunakan selama hampir 1 abad di Eropa untuk menciptakan kondisi yang nyaman secara thermal baik pada musim panas dan musim dingin.

¹ Government and Professional Organizations Discuss New Standards for Air Conditioners (<http://www.iced.or.id/en/iced-ii-and-ashrae-third-workshop-on-sni-iso-16358-1/>, diakses 29 Maret 2020)

² McNeil et al, Forecasting Indonesia's electricity load through 2030 and peak demand reductions from appliance and lighting efficiency.

Teknologi ini pun dapat diterapkan di Indonesia yang beriklim tropis lembab³⁴⁵⁶. Dengan membuat dua selubung pada fasad dengan celah untuk aliran udara diantaranya, dapat mengurangi panas yang didapatkan melalui sinar matahari serta menciptakan aliran udara yang dapat mendinginkan dinding ruangan. Selubung pertama pada fasad selubung ganda akan mengurangi radiasi sinar matahari yang masuk ke dalam bangunan serta meneduhkan selubung kedua yang merupakan dinding ruangan. Namun teknologi ini memiliki kelemahan yaitu biaya perancangan dan biaya material yang tinggi, dan harus dikerjakan oleh kontraktor yang ahli dibidangnya⁷. Selain itu konstruksi fasad selubung ganda yang berat dapat menambah besar beban struktural bangunan⁸.

Berbagai variasi dari fasad selubung ganda telah dibangun. Desain yang umumnya digunakan, pada kedua selubung fasad ganda menggunakan material kaca dengan spesifikasi yang mampu mengurangi radiasi matahari. Namun di rancangan gedung-gedung fakultas di kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo, fasad selubung ganda yang digunakan terdiri dari panel aluminium komposit (ACP) berlubang pada selubung luarnya dan gabungan dinding batu dan jendela kaca pada selubung dalamnya. Rancangan ini dapat mengatasi kekurangan dari fasad selubung ganda yang telah disebutkan di atas. Material ACP harganya lebih terjangkau dibanding kaca khusus menahan panas, tidak terlalu sulit untuk dipasang, ringan, dan dengan lubang yang ada tidak terlalu menambah besar beban angin pada bangunan. Pengguna bangunan cukup merasakan pengaruh dari fasad selubung ganda ini dimana ruangan yang menggunakannya jauh terasa lebih nyaman dibanding ruangan yang tidak menggunakannya. Pengkondisi udara pada ruangan yang diteduhkan oleh fasad selubung ganda berlubang hanya cukup untuk dinyalakan pada suhu yang normal ruangan untuk membuatnya nyaman sehingga pengkondisi udara tidak bekerja dengan daya yang besar dan akhirnya lebih hemat energi. Perlu ada penelitian untuk mengukur kinerja thermal fasad selubung ganda yang berlubang ini mengingat potensinya yang besar dalam mengurangi besar panas dan konsumsi energi listrik untuk pengkondisi udara.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

³ Haase, M., et al, Simulation of ventilated facades in hot and humid climates, 2009

⁴ Wong, P. C., et al, A new type of double-skin façade configuration for the hot and humid climate, 2008

⁵ Mulyadi, R., et al, Study on naturally ventilated double-skin facade in hot and humid climate, 2012

⁶ Iyati, W., et al, Natural airflow performance of double-skin facade types, 2014

⁷ Boake, T., The tectonics of the double skin: understanding double skin façade system

⁸ Poirazis, H., Double Skin Façades for Office Buildings, Literature Review, 2004

- Bagaimana kinerja thermal fasad ganda berlubang dalam menghambat pemanasan ruang

1.3 Batasan Masalah

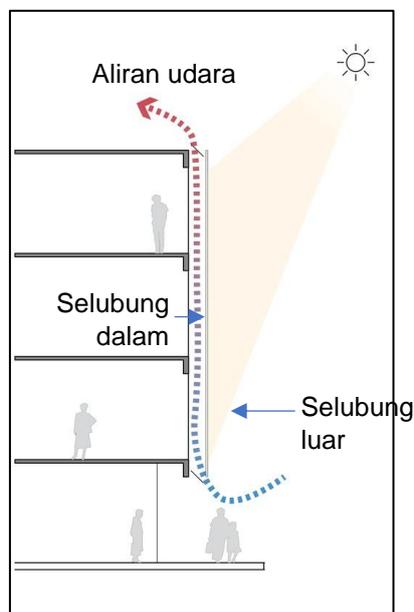
Penelitian ini hanya akan membahas kinerja fasad ganda berlubang khususnya pada gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Pengukuran hanya akan dilaksanakan selama sekitar 2 minggu, sehingga hasilnya belum tentu dapat menunjukkan atau mewakili kinerjanya sepanjang tahun.

Meskipun pada 3 fakultas lainnya di kampus 4 memiliki fasad ganda berlubang, hasil dari penelitian ini tidak dapat mewakili hasil kinerja fasad ganda berlubang sejenis pada 3 fakultas tersebut.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Fasad Selubung Ganda

Seperti namanya, fasad selubung ganda merupakan sistem fasad yang terdiri atas sepasang lapisan kaca yang menyusun fasad sebuah bangunan. Lapisan kaca luar atau selubung luar berupa material kaca yang dapat menahan panas (*insulating*). Di antara kedua lapisan ada celah udara yang memungkinkan untuk udara mengalir dari lantai bawah hingga ke lantai teratas bangunan. Aliran udara ini terjadi akibat *stack effect* yang disebabkan oleh perbedaan tekanan udara antara lantai bawah dan lantai atas, serta panas dari radiasi matahari yang mengenai selubung terluar.



Gambar 2.1 Prinsip kerja fasad selubung ganda
(sumber archdaily.com)

Sistem fasad ini banyak digunakan pada bangunan-bangunan dengan fungsi kantor karena dindingnya yang transparan mampu meneruskan cahaya matahari masuk ke dalam bangunan dan dengan demikian dapat mengurangi kebutuhan pencahayaan oleh lampu, lebih memaksimalkan pencahayaan alami oleh matahari. Salah satu hal yang mempengaruhi kinerja fasad selubung ganda dipengaruhi oleh kinerja material selubungnya yang terbuat dari kaca. Makin rendah kemampuan kaca dalam menyerap panas (*Solar Heat Gain Coefficient*) dan makin rendah kemampuan kaca dalam meneruskan panas (*U-value*) maka akan makin rendah pula energi yang dibutuhkan untuk pengkondisian udara⁹. Kaca dengan kemampuan menyerap

⁹ Dewi, C.P., et al, Strategi Double Skin Fasade pada Bangunan Kampus National Central University dalam Menurunkan Kebutuhan Energi Pendinginan, 2014

panas yang rendah lebih tebal dibanding kaca biasa, hal ini akan berakibat pada peningkatan berat dan beban pada struktur bangunan. Kaca pun dapat disusun berlapis dimana dalam 1 bingkai dapat diisi oleh lebih dari 1 bidang kaca. Konstruksi ini akan menghasilkan selubung pada fasad selubung ganda yang memiliki kemampuan lebih baik dalam menahan panas. Ini akan berdampak pada peningkatan harga bangunan.

Tabel 2.1. Daftar spesifikasi kaca (sumber: material library Autodesk Revit)

Nama konstruksi	Tebal		SHGC	U-value
Kaca tunggal	3 mm		0,86	6.7069 W/m ² K
Kaca dua lapis	Masing-masing mm	3	0,41	1.9873 W/m ² K
Kaca dua lapis	Masing-masing mm	6	0,37	1.9873 W/m ² K
Kaca tiga lapis	Masing-masing mm	3	0,27	1.5330 W/m ² K

2.2 Fasad Ganda Berlubang

Meskipun banyak penelitian tentang fasad selubung ganda yang dapat dibangun di Indonesia, namun hingga saat ini belum ada bangunan yang dibangun dengan sistem fasad ini. Adapun sistem fasad selubung ganda yang ditemukan di Indonesia berupa modifikasi dengan mengubah material kaca menjadi panel aluminium komposit berlubang yang memungkinkan cahaya matahari tetap masuk namun dalam jumlah yang tidak berlebihan agar ruangan tidak menjadi panas dan memiliki kelebihan yaitu memberi tambahan nilai estetika pada bangunan karena memiliki pola yang beragam.

Berbagai penelitian tentang fasad ganda berlubang menunjukkan kinerjanya dalam mengurangi energi untuk pengkondisian udara. Fasad ganda yang menggunakan lembaran metal dengan berbagai ukuran lubang diteliti di Spanyol, pada zona dengan iklim yang panas panel dengan rasio luas lubang 25% (dari total luas panel) memiliki potensi penghematan

energi pendinginan hingga 45%¹⁰. Penelitian lainnya tentang fasad ganda berlubang di Spanyol menunjukkan bahwa fasad yang optimal yang mempertimbangkan luas lubang, jarak antara lubang, dan bentuk lubang yang optimal menunjukkan penurunan penggunaan energi untuk pendinginan hingga 58%¹¹. Penelitian tentang fasad ganda berlubang di Jepang menghasilkan temuan luas lubang 50% dari total luas panel dapat menghasilkan kinerja yang seimbang antara pencahayaan alami dan penghawaan alami untuk menyamankan bangunan khususnya ketika musim semi¹². Penelitian-penelitian tentang fasad ganda berlubang di luar negeri telah banyak yang menunjukkan kelebihan penerapan teknologi ini dalam mengurangi penggunaan energi untuk pengkondisian udara.

Di Indonesia kampus Universitas Multimedia Nusantara di Tangerang membangun sebuah gedung yang menerapkan sistem fasad ganda berlubang dengan selubung terluar menggunakan panel aluminium komposit. Gedung ini mendapat penghargaan antara lain^{13 14}:

- Juara pertama Energy Efficient Building kategori Tropical Building dalam Asean Energy Award pada tahun 2014
- Penghargaan Outstanding Achievement untuk kategori Sustainable Development Real Estate Indonesia (REI) Awards 2016
- Penghargaan 1st Runner Up Energy Efficient Building untuk kategori Tropical Building pada ASEAN Energy Award di Bangkok, Thailand

¹⁰ Blanco JM, et al., Energy assessment and optimization of perforated metal sheet double skin façades through Design Builder; A case study in Spain. 2016.

¹¹ Chi DA, et al, Design optimisation of perforated solar façades in order to balance daylighting with thermal performance. Building and Environment. 2017;125:383-400.

¹² Thanyalak et al., Balancing of natural ventilation, daylight, thermal effect for a building with double-skin perforated facade (DSPF), 2020

¹³ Penghargaan Gedung Media Tower UNM, <https://www.umn.ac.id/lagi-penghargaan-tingkat-nasional-diraih-new-media-tower-umn/>

¹⁴ Penghargaan Gedung Media Tower UNM, <https://www.umn.ac.id/umn-kembali-juarai-gedung-hemat-energi-tingkat-asean/>

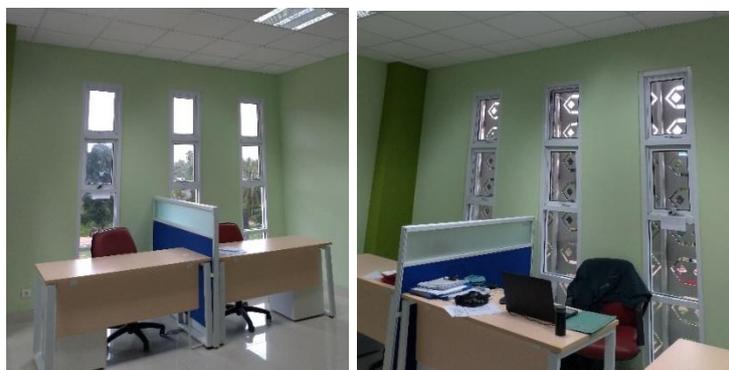


Gambar 2.2 Gedung New Media Tower dan fasad berlubang (sumber: kompasiana.com, Gedung New Media Tower Kampus UMN, Juara Tropical Building se-ASEAN)

Berdasarkan literatur di atas, banyak penelitian yang telah membuktikan kinerja thermal fasad ganda berlubang dan perlu untuk mengetahui kinerja fasad ganda berlubang yang ada pada gedung-gedung fakultas di kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo



Gambar 2.3 (Dari kiri ke kanan) Fasad ganda berlubang pada fakultas Teknik, fakultas MIPA, fakultas Pertanian, dan fakultas Sastra Budaya (sumber: dokumen pribadi)



Gambar 2.4 Tampilan dalam ruangan pada fasad tunggal (kiri) dan fasad ganda berlubang (kanan) di gedung fakultas Teknik kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo

BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

- Mengetahui pengaruh dari fasad ganda berlubang dalam menghambat pemanasan ruang
- Mengetahui penjelasan tentang faktor-faktor dari fasad ganda berlubang yang memiliki kontribusi dalam menghambat pemanasan ruang.

3.2 Manfaat Penelitian

Fasad ganda berlubang saat ini baru dibangun pada sebagian kecil bidang fasad gedung-gedung fakultas di kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo. Hasil penelitian ini dapat menunjukkan manfaat dari penggunaannya terutama dalam menciptakan ruangan yang lebih nyaman, serta dapat menjadi rekomendasi agar seluruh bidang fasad gedung juga ikut menggunakan fasad ganda berlubang ini. Selain itu fasad ganda berlubang dibuat dengan bentuk lubang yang memiliki motif karawo Gorontalo sehingga penggunaannya dapat ikut mendukung pengaplikasian karawo pada bangunan gedung dan pelestarian karawo sebagai kekhasan Gorontalo.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilakukan di gedung fakultas Teknik kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo tepatnya di jurusan Teknik Arsitektur dimana terdapat 2 ruangan jurusan. Salah satu dari ruangnya memiliki panel aluminium komposit berlubang sehingga terintegrasi sebagai fasad ganda berlubang sedangkan ruangan lainnya tidak. Dengan demikian tepat untuk dijadikan lokasi penelitian khususnya dalam melakukan perbandingan secara langsung. Proses pengukuran, dan analisa akan dilakukan di laboratorium jurusan Teknik Arsitektur yang memiliki sarana komputer yang memadai. Seluruh tahapan akan dilaksanakan selama kurang lebih 2 bulan.

4.2 Cara Penelitian dan Analisa

1. Mengumpulkan data dengan cara:
 - Data ukuran bangunan dan panel aluminium komposit berlubang, didapatkan melalui pengukuran bangunan secara langsung.
 - Pengukuran suhu ruangan menggunakan peralatan laboratorium Teknik Arsitektur. Suhu ruangan yang akan diukur adalah ruangan yang diteduhkan oleh panel aluminium komposit dan ruangan yang tidak diteduhkan oleh panel aluminium komposit.
2. Mengolah data, mengelompokkan sesuai dengan jam/hari kerja dan libur. Dimana pada hari kerja data suhu ruangan akan dipengaruhi oleh penggunaan pengkondisi udara yang dinyalakan oleh pengguna bangunan, sedangkan pada hari libur datanya akan lebih murni.
3. Menganalisa dan membandingkan data hasil pengukuran. Melihat suhu ekstrim pada kedua ruangan, melihat rata-rata suhu kedua ruangan, melihat perbedaan suhu kedua ruangan, dan lain-lainnya yang dapat digunakan untuk menunjukkan signifikansi kinerja thermal fasad ganda berlubang.

4.3 Pengukuran Lapangan

Untuk mengetahui kinerja thermal fasad ganda berlubang maka dilakukan pengukuran dalam ruangan. Pengukuran dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama membandingkan suhu dan

kelembaban udara dalam 2 ruangan dengan bentuk, orientasi, dan ukuran yang sama. Namun ruangan yang satu diteduhkan oleh fasad ganda berlubang, dan ruangan yang satunya tanpa peneduh.

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui kinerja fasad ganda berlubang dibandingkan dengan ruangan tanpa fasad ganda berlubang. Pengukuran tahap kedua, membandingkan suhu dan kelembaban udara pada fasad ganda (eksterior) dan suhu dan kelembaban udara dalam ruangan (interior). Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kondisi pada fasad ganda berlubang dengan kondisi dalam ruangan.

Pengukuran dilakukan secara langsung menggunakan alat ukur datalogger thermohygrometer selama kurang lebih 2 minggu. Pengukuran dilakukan ketika ruangan tidak sedang digunakan dimana tidak ada orang dan alat elektronik dalam ruangan yang dapat menghasilkan panas dan mempengaruhi hasil pengukuran. Seluruh jendela dalam keadaan tertutup, dan ruangan juga tidak memiliki ventilasi sehingga tidak terjadi pertukaran udara antara ruang dalam dan ruang luar.



Gambar 4.1. Tampak luar dari kedua ruangan yang diukur,

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)



Gambar 4.2. Lokasi alat ukur digantung di jendela

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Karena keterbatasan jumlah alat, maka setiap pengukuran hanya memiliki 2 titik ukur. Datalogger mengukur dan menyimpan data setiap 5 menit selama 24 jam. Pada pengukuran pertama, kedua alat ukur digantung pada pengunci daun jendela sehingga suhu sekitar jendela dan dinding ruangan dapat ditangkap oleh alat ini. Sedangkan pada pengukuran kedua, salah satu alatnya digantung pada lubang panel fasad ganda berlubang dan alat kedua digantung di pengunci daun jendela di dalam ruangan. Data yang tersimpan dalam alat kemudian disalin ke computer.



Gambar 4.3 Lokasi alat ukur digantung di lubang panel

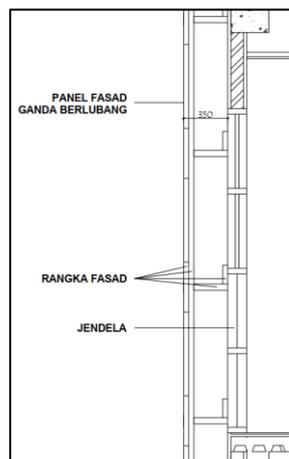
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Untuk menganalisis data, hasil pengukuran dimasukkan dalam grafik untuk melihat tren naik turun suhu setiap waktunya. Melihat suhu terendah, tertinggi hingga rata-ratanya. Kesimpulan dibuat dari hasil analisis yang dilakukan.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Gambaran Kondisi Panel Fasad Ganda Berlubang

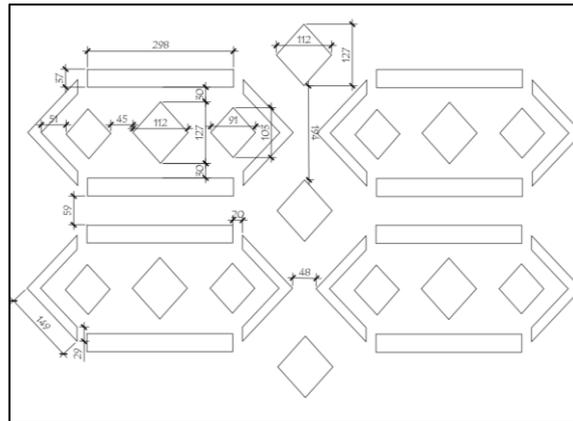
Bangunan yang diteliti menghadap ke arah Timur. Di salah satu segmen dari bidang fasad bangunan ini terdapat fasad ganda berlubang yang membentang dari lantai 2 hingga lantai 3. Fasad ganda berlubang dibuat menggunakan panel aluminium komposit yang lubangnya dipotong dengan alat laser. Konstruksi panel fasad ganda berlubang ini merupakan sebuah konstruksi terbuka. Di antara panel fasad ganda dan dinding ruangan terdapat celah dengan lebar kurang lebih 35 cm yang memungkinkan daun jendela dapat dibuka, tanpa khawatir membentur panel. Angin masih dapat melewati celah antara panel dan dinding serta kemudian memasuki ruangan. Ini menunjukkan, bahwa meskipun panel fasad ganda terlihat menutupi dinding luar, namun melalui celah-celah ini, akses untuk gerakan angin hingga masuk ke dalam ruangan masih tersedia. Celah ini juga memungkinkan pendinginan ruangan oleh angin pada fasad ganda berlubang masih dapat terjadi. Potongan fasad ganda dan dinding ruangan ditunjukkan pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Potongan fasad ganda berlubang dan Dinding Ruangan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Panel fasad ganda memiliki pola lubang dengan ragam karawo. Lubang-lubang ini akan memberikan bentuk bayangan yang unik pada dinding dan di dalam ruangan. Ukuran lubang pada pola fasad ganda berlubang ditunjukkan pada gambar 5.2. Total luas lubang-lubang ini sebesar 21% dari total bidang panel. Dengan demikian sebagian besar radiasi Matahari yang datang akan dihalangi oleh panel ini.

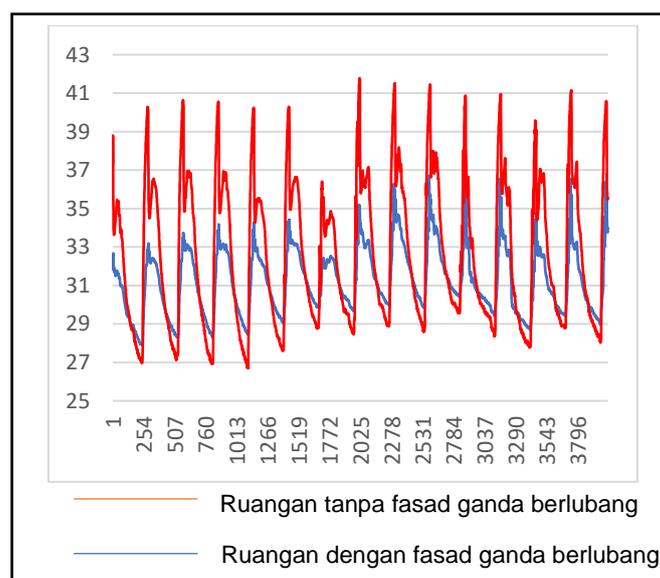


Gambar 5.2. Pola dan Ukuran Lubang pada fasad ganda berlubang di Fakultas Teknik UNG.
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

5.2 Hasil Pengukuran Tahap 1

Pada pengukuran tahap 1 ini, suhu dan kelembaban udara pada ruang dengan fasad ganda berlubang dan ruangan tanpa fasad ganda berlubang dibandingkan. Pengukuran ini dilakukan selama 14 hari. Hasil pengukuran suhu kedua ruangan ditunjukkan oleh grafik pada gambar 5.3.

Dari grafik ini terlihat suhu ruangan tanpa fasad ganda berlubang lebih tinggi jika dibandingkan dengan dengan fasad ganda berlubang. Namun mulai dari pukul 22.00 malam hingga 06.00 pagi, suhu udara pada ruangan tanpa fasad ganda berlubang lebih rendah dibandingkan ruangan yang memiliki fasad ganda berlubang. Ruangan tanpa fasad ganda berlubang dapat menjadi lebih rendah dengan besar selisih suhu ruangan hingga mencapai 1,8⁰C.



Gambar 5.3 Hasil Pengukuran Suhu Ruangn Dengan dan Tanpa fasad ganda berlubang
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Untuk melihat lebih detail kinerja fasad ganda berlubang, suhu kedua ruangan dibandingkan nilai maksimal, minimal, dan rata-ratanya. Perbedaan suhu kedua ruangan ditunjukkan pada tabel 5.1

Tabel 5.1. Perbandingan Hasil Pengukuran Suhu Ruangan Dengan dan Tanpa fasad ganda berlubang

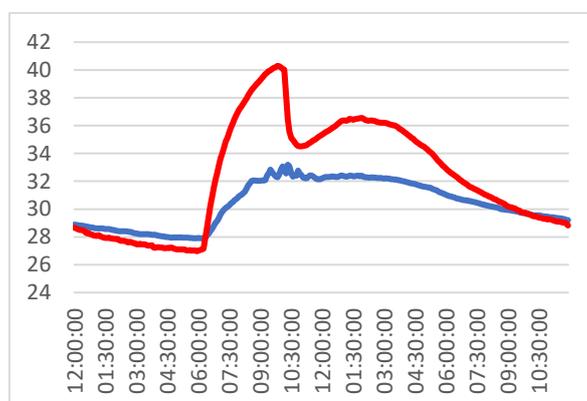
	Dengan fasad ganda berlubang (A)	Tanpa fasad ganda berlubang (B)	Selisih B-A
Suhu Maksimum	36,83 ⁰ C	41,77 ⁰ C	4,94 ⁰ C
Suhu Minimum	27,90 ⁰ C	26,7 ⁰ C	-1,2 ⁰ C
Rata-rata	31,23 ⁰ C	32,65 ⁰ C	1,41 ⁰ C

Selain statistik di atas, ditemukan juga hasil ekstrim lainnya dimana selisih suhu tertinggi antara ruang tanpa fasad ganda berlubang dan ruang dengan fasad ganda berlubang dapat mencapai 8⁰C. Pada kondisi ini suhu ruang tanpa fasad ganda berlubang tercatat 40,29⁰C dan suhu ruang dengan fasad ganda berlubang 32,28⁰C pada jam 09.50 pagi. Selisih suhu yang ekstrim ini tidak terjadi pada suhu maksimum kedua ruangan. Jika pengukuran dilakukan sepanjang tahun kemungkinan akan didapatkan nilai-nilai ekstrim lainnya. Selisih suhu ruang yang tertinggi dalam pengukuran ini baik pada nilai maksimum, rata-rata, dan nilai ekstrimnya menunjukkan keunggulan kinerja fasad ganda berlubang dalam menciptakan ruangan yang nyaman.

Terlihat pada gambar 5.3, suhu ruangan tanpa fasad ganda berlubang setiap harinya sangat berfluktuasi. Gambar 5.4 menunjukkan contoh gambaran fluktuasi suhu secara detail dalam 1 hari. Suhu udara memuncak pada pagi hari, kemudian menurun menjelang siang, tidak lama, suhunya kembali naik pada siang hari. Suhu udara kemudian turun secara drastis mulai waktu sore hari. Jika dianalisa, suhu udara naik pada pagi hari akibat paparan radiasi matahari yang langsung masuk ke dalam bangunan. Kemudian mulai pada jam 10.00 pagi, sinar matahari yang jatuh di fasad mulai terhalangi oleh teritisan atap bangunan yang cukup lebar, mengakibatkan suhu udara ruangan menurun. Tak lama setelahnya, mulai sekitar jam 11.00 suhu udara dalam ruangan bertambah yang disebabkan oleh pelepasan panas atau thermal lag dari dinding yang merupakan susunan pasangan batu. Sore hari, suhu udara mulai menurun, menandakan selesainya proses pelepasan panas pada dinding.

Berbeda dengan suhu ruangan yang diteduhi fasad ganda berlubang, fluktuasi suhu udara tidak besar. Suhu udara naik di pagi hari, kemudian mulai sekitar pukul 09.30, suhu udara mengalami perubahan naik turun yang tidak besar (1°C). Perubahan ini dipengaruhi oleh panel fasad ganda berlubang yang menghalangi radiasi sinar matahari. Ketika matahari bergerak naik, maka sudut datang sinar matahari terhadap alat ukur berubah. Pada titik tertentu terhalangi oleh panel, dan pada titik lainnya menembus lubang panel hingga mencapai alat ukur. Perubahan naik turun ini berkaitan dengan kerapatan lubang dan ukurannya. Setelah jam 10 pagi, suhu udara dalam ruangan cenderung stabil tanpa perubahan yang berarti. Terlihat bahwa pada ruangan dengan fasad ganda berlubang, efek thermal lag sangat kecil bahkan tidak terasa dalam meningkatkan suhu udara dalam ruangan. Kemudian suhu udara terus mengalami penurunan pada sore hari.

Dapat dilihat pada gambar 5.4, suhu udara pada ruangan tanpa fasad ganda berlubang naik dengan sangat cepat dibandingkan ruangan dengan fasad ganda berlubang. Selain itu, suhu maksimal ruangan dengan fasad ganda berlubang jauh lebih rendah dibanding ruangan tanpa fasad ganda berlubang. Ini menunjukkan keunggulan kinerja fasad ganda berlubang yang mendeduhkan ruangan dan melindunginya dari pemanasan sinar matahari.

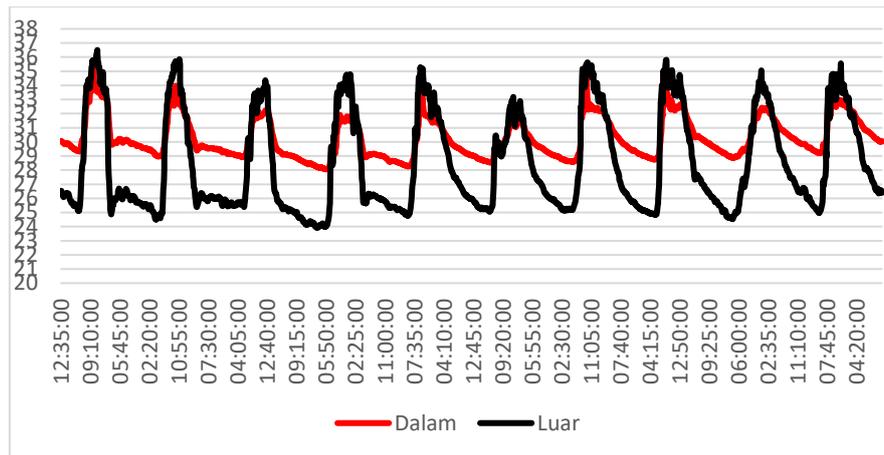


Gambar 5.4 Hasil pengukuran dalam 1 hari.

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

5.3 Hasil Pengukuran Tahap 2

Pada pengukuran ini, suhu udara di panel fasad ganda berlubang dan suhu udara di dalam ruang yang diteduhkan oleh fasad ganda berlubang dibandingkan. Hasil pengukuran suhu keduanya ditunjukkan oleh gambar 5.5



Gambar 5.5. Hasil Pengukuran Suhu Udara di panel fasad ganda berlubang (luar) dan di dalam ruangan yang diteduhkan fasad ganda berlubang.

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Dari hasil pengukuran terlihat suhu udara pada panel fasad ganda berlubang memiliki nilai rentang yang jauh lebih besar dibandingkan suhu udara dalam ruangan. Tren kenaikan dan penurunan suhu kedua objek pengukuran hamper sama. Perbedaannya hanyalah pada rentangnya saja. Perbedaan suhu udara pada kedua objek ditunjukkan pada tabel 5.2.

Tabel 5.2. Perbandingan Hasil Pengukuran Suhu Udara pada Panel fasad ganda berlubang dengan Suhu Udara pada Ruangan yang diteduhi fasad ganda berlubang

	Panel fasad ganda berlubang (A)	Dalam ruangan (B)	Selisih B-A
Suhu Maksimum	36,51 ⁰ C	35,38 ⁰ C	-1,13 ⁰ C
Suhu Minimum	23,89 ⁰ C	28,05 ⁰ C	4,16 ⁰ C
Rata-rata	28,51 ⁰ C	30,34 ⁰ C	-1,83 ⁰ C

Hasil pengukuran menunjukkan suhu udara pada ruangan cenderung lebih panas dibandingkan suhu pada panel fasad ganda berlubang /luar ruangan. Pada siang hari suhu pada panel melebihi suhu dalam ruangan, namun setelah pukul 12.00 siang, ketika panel tak lagi mendapatkan paparan sinar matahari, suhu udaranya turun secara drastis

Pada pengukuran di tahap ini juga ditemukan bahwa selisih suhu tertinggi antara ruang luar dan ruang dalam sebesar 3⁰C yang terjadi di siang hari. Selisih ini jauh lebih kecil dibandingkan selisih suhu udara antara ruangan yang dapat mencapai 8⁰C. Sedangkan pada dini hari, suhu udara pada panel dapat mencapai selisih suhu 5⁰C lebih rendah.

5.4 Analisa Kinerja Fasad Ganda Berlubang dalam Mengurangi Pemanasan

Kinerja fasad ganda berlubang ditunjukkan melalui kemampuannya dalam menghambat pemanasan udara dalam ruangan. Seperti terlihat pada tabel 5.3, selisih suhu udara antara kedua ruangan meningkat dengan cepat di pagi hari. Setelah jam 10 pagi, suhu udara juga turun dengan cepat akibat peneduhan oleh teritisan atap bangunan. Namun setelah diteduhi pun, suhu kedua ruangan tidak sama. Suhu ruangan dengan fasad ganda berlubang cenderung stabil di 32⁰C sedangkan suhu ruangan tanpa fasad ganda berlubang masih lebih tinggi dibanding suhu ruangan dengan fasad ganda berlubang.

Tabel 5.3 Perbedaan Suhu Dua Ruangan dalam 6 Jam Pengukuran

Jam	Dengan fasad ganda berlubang (A)	Tanpa fasad ganda berlubang (B)	Selisih B-A
06:00:00	27.930	26.995	-0.935
06:30:00	28.227	29.421	1.194
07:00:00	29.371	33.165	3.794
07:30:00	30.275	35.511	5.236
08:00:00	30.957	37.188	6.231
08:30:00	31.850	38.375	6.525
09:00:00	32.029	39.272	7.243
09:30:00	32.828	39.982	7.154
09:50:00	32.286	40.296	8.010
10:00:00	32.854	40.182	7.328
10:30:00	32.569	35.111	2.542
11:00:00	32.415	34.501	2.086
11:30:00	32.389	34.845	2.456
12:00:00	32.209	35.350	3.141

5.5 Analisa Fluktuasi Suhu Udara yang Disebabkan Lubang Fasad Ganda Berlubang

Dapat dilihat pada gambar 5.5, suhu udara pada ruangan dengan fasad ganda berlubang mengalami fluktuasi suhu udara di sekitar pukul 10.00. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh lubang-lubang pada fasad ganda berlubang yang menyebabkan sebagian radiasi matahari dapat

menembus dan sebagian lainnya terhalangi. Fluktuasi ini terjadi menjelang siang yang menunjukkan bahwa ketika posisi matahari cukup tinggi, maka radiasi matahari dapat menembus fasad ganda berlubang. Namun berdasarkan hasil pengukuran, fluktuasi suhu tidak mencapai 1°C , ukuran lubang yang kecil menyebabkan radiasi matahari yang menembus lubang tidak cukup lama dalam menaikkan suhu udara dalam ruangan.

fasad ganda berlubang efektif dalam meneduhkan ruangan ketika ketinggian matahari masih rendah, namun ketika matahari sudah tinggi, kinerja fasad ganda berlubang menurun.

Pada sekitar pukul 10.00, suhu ruang tanpa fasad ganda berlubang menurun disebabkan peneduhan oleh tritisan. Namun tidak halnya pada ruangan dengan fasad ganda berlubang, dimana pada segmen bangunan ini tidak memiliki atap di bagian atasnya.

5.6 Analisa Suhu Udara pada Malam Hari

Mulai pukul 9 malam, suhu udara ruangan dengan fasad ganda berlubang lebih tinggi dibanding ruangan tanpa fasad ganda berlubang. Begitupun pada pengukuran ke 2, suhu udara sekitar panel jauh lebih rendah dibanding suhu udara dalam ruangan. Ini menunjukkan adanya faktor yang menghambat pendinginan suhu udara dalam ruangan berfasad ganda berlubang.

Untuk itu masih diperlukan penelitian lanjutan untuk mempelajari perilaku suhu udara dalam ruangan berfasad ganda berlubang, khususnya pada kondisi malam hari.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Gedung baru fakultas Teknik UNG menggunakan panel fasad ganda berlubang. Ruangan yang diteduhi oleh panel ini terasa lebih nyaman dibandingkan ruangan yang tidak diteduhi. Untuk mengetahui penyebabnya maka evaluasi terhadap kinerja fasad ganda berlubang dilakukan melalui pengukuran suhu udara ruangan. Suhu udara ruangan ini dibandingkan dengan suhu udara ruangan identik yang tidak menggunakan fasad ganda berlubang beserta suhu udara di sekitar panel fasad ganda berlubang itu sendiri. Pengukuran menggunakan datalogger ini dilakukan selama 2 minggu untuk tiap-tiap tahapan.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu udara ruangan yang diteduhkan oleh fasad ganda berlubang dapat mencapai 8°C lebih rendah dibandingkan suhu udara ruangan tanpa fasad ganda berlubang. Namun suhu terendah ruangan dengan fasad ganda berlubang yang sebesar 27°C masih lebih tinggi dari standar suhu udara dalam ruangan ($20\text{-}25^{\circ}\text{C}$). Pengukuran ini dilakukan tanpa terjadi pertukaran udara antara bagian dalam dan luar ruangan, penelitian tentang kinerja fasad ganda berlubang pada ruangan berventilasi perlu dilakukan untuk mengetahui suhu udara ruangan yang merupakan gabungan dari kondisi peneduhan oleh fasad ganda berlubang dan penghawaan alami.

Dengan suhu udara pada ruangan yang diteduhi fasad ganda berlubang yang lebih rendah dari suhu udara ruangan tanpa fasad ganda berlubang, maka beban pendinginan pun lebih rendah, dengan demikian pengkondisi udara dapat bekerja lebih ringan dalam mendinginkan suhu udara dalam ruangan. Hal ini dapat berimbas pada penggunaan energi pengkondisian udara serta penggunaan energi bangunan yang lebih rendah.

Senada dengan penelitian-penelitian lainnya terkait fasad ganda dan fasad ganda berlubang, hasil penelitian ini menunjukkan keunggulan fasad ganda dalam menciptakan ruangan yang nyaman.

6.2 Saran

Penelitian terhadap kinerja Fasad Ganda Berlubang pada fakultas Teknik ini merupakan penelitian rintisan yang perlu dilanjutkan. Khususnya terhadap kinerja Fasad Ganda Berlubang

pada gedung-gedung lainnya di kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo. Tujuannya untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh terhadap kinerja Fasad Ganda Berlubang ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Angelia, Cininta, UMN Kembali Juara Gedung Hemat Energi Tingkat ASEAN, UMN, 16 September 2019, <https://www.umn.ac.id/umn-kembali-juarai-gedung-hemat-energi-tingkat-asean/>, diakses 30 Maret 2020
- Boake, T., The tectonics of the double skin: understanding double skin façade system
- Blanco JM, Buruaga A, Rojí E, Cuadrado J, Pelaz B. Energy assessment and optimization of perforated metal sheet double skin façades through Design Builder; A case study in Spain. *Energy and Buildings*. 2016;111:326-36.
- Chi DA, Moreno D, Navarro J. Design optimisation of perforated solar façades in order to balance daylighting with thermal performance. *Building and Environment*. 2017;125:383-400.
- “Government and Professional Organizations Discuss New Standards for Air Conditioners” ICED, 21 Maret 2019, <http://www.iced.or.id/en/iced-ii-and-ashrae-third-workshop-on-sni-iso-16358-1/>, diakses 29 Maret 2020
- Haase, M., Marques da Silva, F. & Amato, A. (2009). Simulation of ventilated facades in hot and humid climates. *Energy and Buildings*, **41**, pp.361-373.
- Iyati, W., Wonorahardjo, S. & Indraprastha, A. (2014). Natural airflow performance of double-skin facade types. *Architecture and Built Environment*, pp.41.
- McNeil et al, Forecasting Indonesia's electricity load through 2030 and peak demand reductions from appliance and lighting efficiency, *Energy for Sustainable Development* volume 49, April 2019, pages 65-77
- Mulyadi, R. (2012). Study on naturally ventilated double-skin facade in hot and humid climate. *Doctor of Engineering*, Nagoya University.
- Natali, Grace, Lagi, Penghargaan Tingkat Nasional Diraih New Media Tower UMN, UMN, 30 November 2019, <https://www.umn.ac.id/lagi-penghargaan-tingkat-nasional-diraih-new-media-tower-umn/>, diakses 30 Maret 2020
- Poirazis, H., Double Skin Façades for Office Buildings, Literature Review, 2004
- Wong, P. C., Prasad, D. & Behnia, M. (2008). A new type of double-skin façade configuration for the hot and humid climate. *Energy and Buildings*, **40**, pp.1941-1945.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Bukti Article Submission

[JJoA] Submission Acknowledgement Kotak Masuk x



Sri Sutarni Arifin <jurnal@ung.ac.id>

kepada saya ▾

🌐 Inggris ▾ > Indonesia ▾ [Terjemahkan pesan](#)

Abdi Gunawan Djafar:

Thank you for submitting the manuscript, "KINERJA THERMAL FASAD GANDA BERLUBANG BERBAHAN ALUMINIUM COMPOSITE PANEL PADA IKLIM PANAS LEMBAB" to JAMBURA Journal of Architecture. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL:

<http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jja/author/submission/11119>

Username: gunawanabdi

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Sri Sutarni Arifin

JAMBURA Journal of Architecture

JAMBURA Journal of Architecture

<http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jja>

KINERJA THERMAL FASAD GANDA BERLUBANG BERBAHAN ALUMINIUM COMPOSITE PANEL PADA IKLIM PANAS LEMBAB

Abdi Gunawan Djafar^{1*}, Niniek Pratiwi²

^{1,2}Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Jalan Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie Kabupaten Bone Bolango, 96583
*abdi_djafar@ung.ac.id

ABSTRACT.

The room, which is shaded by the double perforated facade panels in the Faculty of Engineering, State University of Gorontalo feels more comfortable than other rooms that are not shaded. A research on the performance of the perforated double facade was conducted to learn more about this condition. First, measurement of air temperature is carried out on the room shaded by the perforated double facade, the room that is not shaded, and the air temperature in the double perforated facade panel itself. The measurement results are compared and sorted to get the highest, the lowest, and the average value. Then, the difference in the performance between the two rooms and the panel itself would be obtained. From measurements for two weeks, it was found that the air temperature of a room without a double perforated facade can be up to 80C higher than a room with a perforated double facade. However, even though it feels comfortable, the air temperature in this double-facade room has not yet reached a comfortable room temperature standard.

Keywords: Façade, Double Skin Façade, Perforated Façade, Room Air Temperature

ABSTRAK.

Ruangan yang diteduhkan oleh panel fasad ganda berlubang pada gedung fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo terasa lebih nyaman jika dibandingkan ruangan lainnya yang tidak diteduhkan. Untuk mempelajari penyebabnya maka dilakukan penelitian terhadap kinerja fasad ganda berlubang. Pengukuran suhu udara dilakukan terhadap ruangan yang diteduhkan oleh fasad ganda berlubang, ruangan yang tidak diteduhkan, serta suhu udara pada panel fasad ganda berlubang itu sendiri. Hasil pengukuran dibandingkan dan diurutkan untuk mendapat nilai tertinggi, dan terendah, dihitung rata-ratanya, serta nilai selisih antara kedua ruangan, serta antara ruangan dan panel itu sendiri. Dari pengukuran selama 2 pekan, ditemukan bahwa suhu udara ruangan tanpa fasad ganda berlubang dapat menjadi lebih tinggi hingga 8°C dibandingkan ruangan yang dinaungi fasad ganda berlubang. Namun meskipun terasa nyaman, suhu udara dalam ruangan berfasad ganda berlubang ini belum bisa mencapai standar suhu ruangan yang nyaman.

Kata kunci: Fasad, Fasad Kulit Ganda, Fasad Berlubang, Suhu Udara Ruangan

PENDAHULUAN

Pengkondisi udara atau Air Conditioner (AC) telah menjadi pilihan utama dibanding menggunakan kipas angin dan memanfaatkan aliran udara/angin dalam menciptakan ruangan yang nyaman secara thermal. Hampir semua bangunan dari berbagai fungsi dan ukuran menggunakannya. Pada tahun 2019 terhitung di Indonesia total jumlah pengkondisi udara yang digunakan sebanyak 223 juta unit, dimana pada tahun 2016 beban puncak listrik yang digunakan untuk pengkondisian udara telah mencapai 15% dari total seluruh penggunaan energi listrik, dan angka ini dapat

meningkat hingga 40% pada tahun 2050 [1]. Pada penelitian lainnya disebutkan bahwa beban puncak penggunaan listrik di Indonesia dapat meningkat hingga mencapai 77,3 GW di sekitar tahun 2010-2030 dimana faktor utama peningkatannya adalah konsumsi listrik dari pengkondisi udara [2]. Besarnya angka penggunaan energi listrik ini akan berdampak berbagai hal di masa yang akan datang. Untuk itu perlu adanya perhatian lebih terhadap hal ini. Indonesia yang merupakan negara yang berada di iklim tropis lembab dengan radiasi sinar matahari yang tinggi, suhu udara yang tinggi, kelembaban yang tinggi, yang kesemuanya berdampak pada

intensitas penggunaan pengkondisian udara yang tinggi pula.

Usaha untuk menurunkan besar penggunaan energi untuk pengkondisi udara dapat dilakukan dari berbagai sisi baik merekayasa pengkondisi udara yang hemat energi hingga merekayasa bangunan yang bisa mengurangi penggunaan energi listrik. AC sebagai alat yang diletakkan di dalam bangunan, seharusnya bisa direkayasa agar beban kerja pengkondisi udara tidak berat sehingga daya yang digunakannya pun tidak besar dengan cara meminimalisir besar panas dalam ruangan. Untuk meminimalisir ini, arsitek dan perancang bangunan harus ikut berperan. Radiasi matahari yang tinggi di daerah beriklim tropis cenderung memanaskan bangunan. Jika luas bidang bangunan (dinding dan atap) dikurangi, dan lamanya paparan sinar matahari pada bangunan juga dikurangi, dapat mengurangi pula besar panas yang masuk ke dalam ruangan.

Fasad selubung ganda adalah salah satu cara dalam mengurangi perolehan panas khususnya pada dinding bangunan. Fasad selubung ganda telah digunakan selama hampir 1 abad di Eropa untuk menciptakan kondisi yang nyaman secara thermal baik pada musim panas dan musim dingin. Teknologi ini pun dapat diterapkan di Indonesia yang beriklim tropis lembab [3][4][5][6]. Dengan membuat dua selubung pada fasad dengan celah untuk aliran udara diantaranya, dapat mengurangi panas yang didapatkan melalui sinar matahari serta menciptakan aliran udara yang dapat mendinginkan dinding ruangan. Selubung pertama pada fasad selubung ganda akan mengurangi radiasi sinar matahari yang masuk ke dalam bangunan serta meneduhkan selubung kedua yang merupakan dinding ruangan. Melalui proses simulasi, telah diteliti bahwa fasad ganda dapat menurunkan konsumsi energi untuk pengkondisian udara sebesar 12% jika dibandingkan dengan fasad tunggal. Namun teknologi ini memiliki kelemahan yaitu biaya perancangan dan biaya material yang tinggi, dan harus dikerjakan oleh kontraktor yang ahli dibidangnya [7]. Selain itu konstruksi fasad selubung ganda yang berat dapat menambah besar beban struktural bangunan [8].

Berbagai variasi dari fasad selubung ganda telah dibangun. Desain yang umumnya digunakan, adalah selubung fasad ganda menggunakan material kaca dengan spesifikasi yang mampu mengurangi radiasi matahari. Namun di rancangan gedung-gedung fakultas di kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo, fasad selubung

ganda yang digunakan terdiri dari panel aluminium komposit (ACP) berlubang pada selubung luarnya dan gabungan dinding batu dan jendela kaca pada selubung dalamnya.



Gambar 1. Fasad Ganda Berlubang di Fakultas Teknik UNG

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019)

Rancangan ini dapat mengatasi kekurangan dari fasad selubung ganda yang telah disebutkan di atas. Material ACP harganya lebih terjangkau dibanding kaca khusus penahan panas, tidak terlalu sulit untuk dipasang, ringan, dan dengan lubang yang ada tidak terlalu menambah besar beban angin pada bangunan. Pengguna bangunan cukup merasakan pengaruh dari fasad selubung ganda ini dimana ruangan yang menggunakannya jauh terasa lebih nyaman dibanding ruangan yang tidak menggunakannya. Pengkondisi udara pada ruangan yang diteduhkan oleh fasad selubung ganda berlubang hanya cukup untuk dinyalakan pada suhu yang normal ruangan untuk membuatnya nyaman sehingga pengkondisi udara tidak bekerja dengan daya yang besar dan akhirnya lebih hemat energi. Perlu ada penelitian untuk mengukur kinerja thermal fasad selubung ganda yang berlubang ini mengingat potensinya yang besar dalam mengurangi besar panas dan konsumsi energi listrik untuk pengkondisi udara.

Fasad Ganda Berlubang

Penelitian mengenai fasad ganda berlubang (FGB) telah dilakukan di beberapa negara dengan iklim berbeda. Fasad ganda berlubang yang menggunakan lembaran metal dengan berbagai ukuran lubang diteliti di Spanyol, pada zona dengan iklim yang panas, panel dengan rasio luas lubang 25% (dari total luas panel) memiliki potensi penghematan energi pendinginan hingga 45% [9].

Penelitian lainnya tentang FGB di Spanyol menunjukkan bahwa fasad yang mempertimbangkan luas lubang, jarak antara lubang, dan bentuk lubang yang optimal menunjukkan penurunan penggunaan energi untuk pendinginan hingga 58% [10].

Penelitian tentang FGB di Jepang menghasilkan temuan luas lubang 50% dari total luas panel dapat menghasilkan kinerja yang seimbang antara pencahayaan alami dan penghawaan alami khususnya ketika musim semi [11]. Pada penelitian FGB dengan objek bangunan tinggi dengan lokasi di Uni Emirat Arab yang beriklim semi kering, kembali menunjukkan penghematan untuk energi pendinginan secara tahunan sebesar 8,7 hingga 49,9% [12]. Dimana pada penelitian tersebut dibuat lubang hingga sebesar 45,6% dari total luas bidang fasad namun masih memberikan dampak yang positif dalam penghematan energi untuk pendinginan bangunan. Sedangkan di Indonesia, penelitian yang membandingkan FGB pada beberapa material menunjukkan keunggulan material metal sebesar 5% hingga 23% dalam menurunkan energi untuk pengkondisian udara dibandingkan material kaca [13]. Penelitian-penelitian tentang FGB telah banyak yang menunjukkan kelebihan penerapan teknologi ini dalam mengurangi penggunaan energi untuk pengkondisian udara. Pada penelitian ini, kinerja thermal FGB akan dievaluasi melalui pengukuran suhu dan kelembaban udara untuk mengetahui secara langsung pengaruh peneduhannya terhadap suhu dan kelembaban ruangan. Jika suhu dan kelembaban udara terasa nyaman maka penggunaan energi untuk pengkondisi udara pun dapat diminimalisir atau bahkan ditiadakan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif. Untuk mengetahui kinerja thermal FGB maka dilakukan pengukuran dalam ruangan. Pengukuran dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama membandingkan suhu dan kelembaban udara dalam 2 ruangan dengan bentuk, orientasi, dan ukuran yang sama. Namun ruangan yang satu diteduhkan oleh FGB, dan ruangan yang satunya tanpa peneduh.

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui kinerja fasad ganda berlubang dibandingkan dengan ruangan tanpa fasad ganda berlubang. Pengukuran tahap kedua, membandingkan suhu dan kelembaban udara pada fasad ganda (eksterior) dan suhu dan kelembaban udara

dalam ruangan (interior). Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kondisi pada FGB dengan kondisi dalam ruangan. Pengukuran dilakukan secara langsung menggunakan alat ukur datalogger thermohygrometer selama kurang lebih 2 minggu. Pengukuran dilakukan ketika ruangan tidak sedang digunakan dimana tidak ada orang dan alat elektronik dalam ruangan yang dapat menghasilkan panas dan mempengaruhi hasil pengukuran. Seluruh jendela dalam keadaan tertutup, dan ruangan juga tidak memiliki ventilasi sehingga tidak terjadi pertukaran udara antara ruang dalam dan ruang luar.



Gambar 2. Tampak luar dari kedua ruangan yang diukur,
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)



Gambar 3. Lokasi alat ukur digantung di jendela
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Karena keterbatasan jumlah alat, maka setiap pengukuran hanya memiliki 2 titik ukur. Datalogger mengukur dan menyimpan data setiap 5 menit selama 24 jam. Pada pengukuran pertama, kedua alat ukur digantung pada pengunci daun jendela sehingga suhu sekitar jendela dan dinding ruangan dapat ditangkap oleh

alat ini. Sedangkan pada pengukuran kedua, salah satu alatnya digantung pada lubang panel FGB dan alat kedua digantung di pengunci daun jendela di dalam ruangan. Data yang tersimpan dalam alat kemudian disalin ke komputer.



Gambar 4. Lokasi alat ukur digantung di lubang panel
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Untuk menganalisis data, hasil pengukuran dimasukkan dalam grafik untuk melihat tren naik turun suhu setiap waktunya. Melihat suhu terendah, tertinggi hingga rata-ratanya. Kesimpulan dibuat dari hasil analisis yang dilakukan.

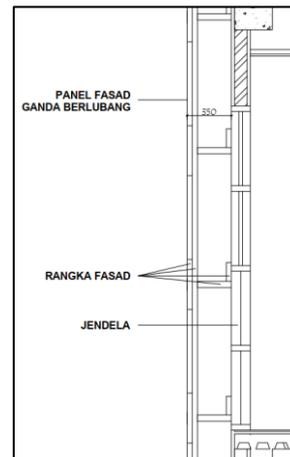
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi bangunan, masalah-masalah, dan potensi bangunan akan dijelaskan terlebih dahulu. Penjelasan ini akan memberikan gambaran mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran. Berikutnya, hasil pengukuran, dan analisa hasil pengukuran akan dijelaskan.

Gambaran Kondisi Panel Fasad Ganda

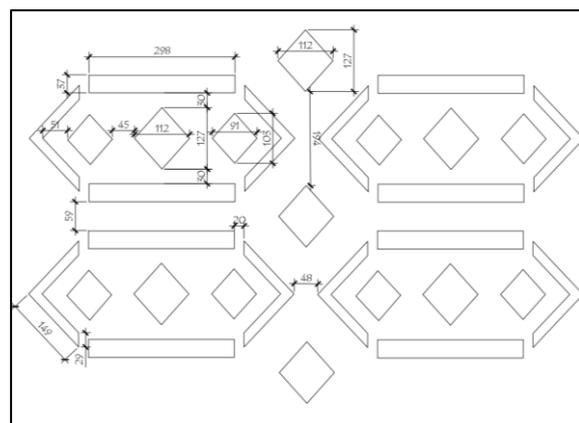
Bangunan yang diteliti menghadap ke arah Timur. Di salah satu segmen dari bidang fasad bangunan ini terdapat FGB yang membentang dari lantai 2 hingga lantai 3. FGB dibuat menggunakan panel aluminium komposit yang lubangnya dipotong dengan alat laser. Konstruksi panel FGB ini merupakan sebuah konstruksi terbuka. Di antara panel fasad ganda dan dinding ruangan terdapat celah dengan lebar kurang lebih 35 cm yang memungkinkan daun jendela dapat dibuka, tanpa khawatir membentur panel. Angin masih dapat melewati celah antara panel dan dinding serta

kemudian memasuki ruangan. Ini menunjukkan, bahwa meskipun panel fasad ganda terlihat menutupi dinding luar, namun melalui celah-celah ini, akses untuk gerakan angin hingga masuk ke dalam ruangan masih tersedia. Celah ini juga memungkinkan pendinginan ruangan oleh angin pada FGB masih dapat terjadi. Potongan fasad ganda dan dinding ruangan ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 5. Potongan FGB dan Dinding Ruangan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Panel fasad ganda memiliki pola lubang dengan ragam karawo. Lubang-lubang ini akan memberikan bentuk bayangan yang unik pada dinding dan di dalam ruangan. Ukuran lubang pada pola FGB ditunjukkan pada gambar 3. Total luas lubang-lubang ini sebesar 21% dari total bidang panel. Dengan demikian sebagian besar radiasi Matahari yang datang akan dihalangi oleh panel ini.

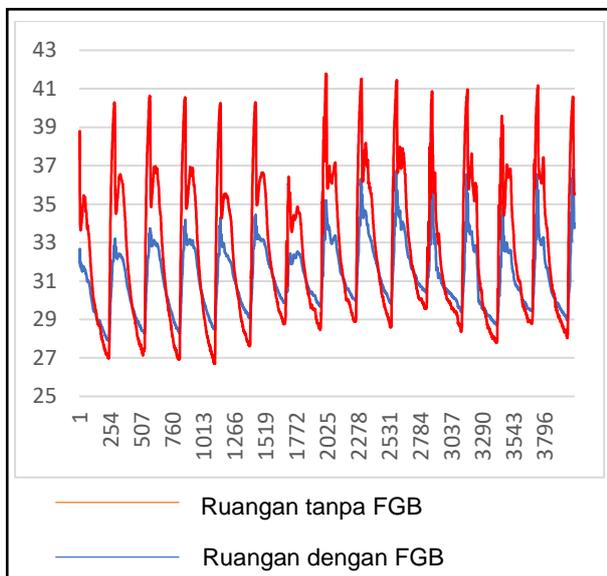


Gambar 6. Pola dan Ukuran Lubang pada FGB di Fakultas Teknik UNG.
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Pengukuran Tahap 1

Pada pengukuran tahap 1 ini, suhu dan kelembaban udara pada ruang dengan FGB dan ruangan tanpa FGB dibandingkan. Pengukuran ini dilakukan selama 14 hari. Hasil pengukuran suhu kedua ruangan ditunjukkan oleh grafik pada gambar 4.

Dari grafik ini terlihat suhu ruangan tanpa FGB lebih tinggi jika dibandingkan dengan dengan FGB. Namun mulai dari pukul 22.00 malam hingga 06.00 pagi, suhu udara pada ruangan tanpa FGB lebih rendah dibandingkan ruangan yang memiliki FGB. Ruangan tanpa FGB dapat menjadi lebih rendah dengan besar selisih suhu ruangan hingga mencapai 1,8^oC.



Gambar 7 Hasil Pengukuran Suhu Ruang Dengan dan Tanpa FGB
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Untuk melihat lebih detail kinerja FGB, suhu kedua ruangan dibandingkan nilai maksimal, minimal, dan rata-ratanya. Perbedaan suhu kedua ruangan ditunjukkan pada tabel 1

Tabel 1. Perbandingan Hasil Pengukuran Suhu Ruang Dengan dan Tanpa FGB

	Dengan FGB (A)	Tanpa FGB (B)	Selisih B-A
Suhu Maksimum	36,83 ^o C	41,77 ^o C	4,94 ^o C
Suhu Minimum	27,90 ^o C	26,7 ^o C	-1,2 ^o C
Rata-rata	31,23 ^o C	32,65 ^o C	1,41 ^o C

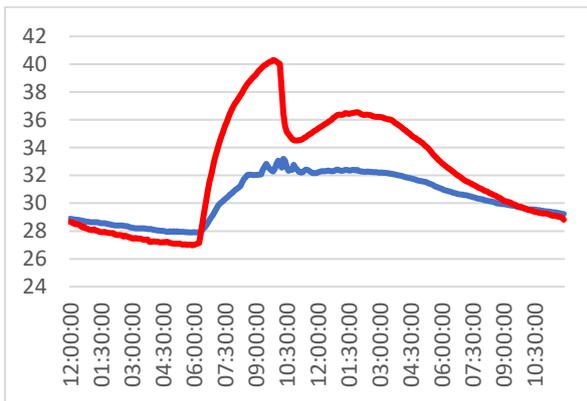
Selain statistik di atas, ditemukan juga hasil ekstrim lainnya dimana selisih suhu tertinggi antara ruang tanpa FGB dan ruang dengan FGB dapat mencapai 8^oC. Pada kondisi ini suhu ruang tanpa FGB tercatat 40,29^oC dan suhu ruang dengan FGB 32,28^oC pada jam 09.50 pagi. Selisih suhu yang ekstrim ini tidak terjadi pada suhu maksimum kedua ruangan. Jika pengukuran dilakukan sepanjang tahun kemungkinan akan didapatkan nilai-nilai ekstrim lainnya. Selisih suhu ruang yang tertinggi dalam pengukuran ini baik pada nilai maksimum, rata-rata, dan nilai ekstrimnya menunjukkan keunggulan kinerja FGB dalam menciptakan ruangan yang nyaman.

Terlihat pada gambar 4, suhu ruangan tanpa FGB setiap harinya sangat berfluktuasi. Gambar 5 menunjukkan contoh gambaran fluktuasi suhu secara detail dalam 1 hari. Suhu udara memuncak pada pagi hari, kemudian menurun menjelang siang, tidak lama, suhunya kembali naik pada siang hari. Suhu udara kemudian turun secara drastis mulai waktu sore hari. Jika dianalisa, suhu udara naik pada pagi hari akibat paparan radiasi matahari yang langsung masuk ke dalam bangunan. Kemudian mulai pada jam 10.00 pagi, sinar matahari yang jatuh di fasad mulai terhalangi oleh teritisan atap bangunan yang cukup lebar, mengakibatkan suhu udara ruangan menurun. Tak lama setelahnya, mulai sekitar jam 11.00 suhu udara dalam ruangan bertambah yang disebabkan oleh pelepasan panas atau thermal lag dari dinding yang merupakan susunan pasangan batu. Sore hari, suhu udara mulai menurun, menandakan selesainya proses pelepasan panas pada dinding.

Berbeda dengan suhu ruangan yang diteduhi FGB, fluktuasi suhu udara tidak besar. Suhu udara naik di pagi hari, kemudian mulai sekitar pukul 09.30, suhu udara mengalami perubahan naik turun yang tidak besar (1^oC). Perubahan ini dipengaruhi oleh panel FGB yang menghalangi radiasi sinar matahari. Ketika matahari bergerak naik, maka sudut datang sinar matahari terhadap alat ukur berubah. Pada titik tertentu terhalangi oleh panel, dan pada titik lainnya menembus lubang panel hingga mencapai alat ukur. Perubahan naik turun ini berkaitan dengan kerapatan lubang dan ukurannya. Setelah jam 10 pagi, suhu udara dalam ruangan cenderung stabil tanpa perubahan yang berarti. Terlihat bahwa pada ruangan dengan FGB, efek thermal lag sangat kecil bahkan tidak terasa dalam meningkatkan suhu udara dalam ruangan.

Kemudian suhu udara terus mengalami penurunan pada sore hari.

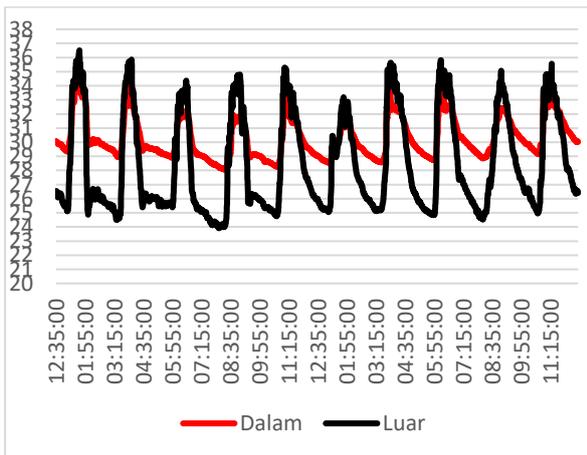
Dapat dilihat pada gambar 5, suhu udara pada ruangan tanpa FGB naik dengan sangat cepat dibandingkan ruangan dengan FGB. Selain itu, suhu maksimal ruangan dengan FGB jauh lebih rendah dibanding ruangan tanpa FGB. Ini menunjukkan keunggulan kinerja FGB yang mendinginkan ruangan dan melindunginya dari pemanasan sinar matahari.



Gambar 8. Hasil pengukuran dalam 1 hari. (Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Pengukuran Tahap 2

Pada pengukuran ini, suhu udara di panel FGB dan suhu udara di dalam ruang yang diteduhkan oleh FGB dibandingkan. Hasil pengukuran suhu keduanya ditunjukkan oleh gambar 6



Gambar 9. Hasil Pengukuran Suhu Udara di panel FGB (luar) dan di dalam ruangan yang diteduhkan FGB.

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Dari hasil pengukuran terlihat suhu udara pada panel FGB memiliki nilai rentang yang jauh lebih besar dibandingkan suhu udara dalam ruangan. Tren kenaikan dan penurunan suhu kedua objek pengukuran hampir sama. Perbedaannya hanyalah pada rentangnya saja. Perbedaan suhu udara pada kedua objek ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Pengukuran Suhu Udara pada Panel FGB dengan Suhu Udara pada Ruangan yang diteduhi FGB

	Panel FGB (A)	Dalam ruangan (B)	Selisih B-A
Suhu Maksimum	36,51 ⁰ C	35,38 ⁰ C	-1,13 ⁰ C
Suhu Minimum	23,89 ⁰ C	28,05 ⁰ C	4,16 ⁰ C
Rata-rata	28,51 ⁰ C	30,34 ⁰ C	-1,83 ⁰ C

Hasil pengukuran menunjukkan suhu udara pada ruangan cenderung lebih panas dibandingkan suhu pada panel FGB /luar ruangan. Pada siang hari suhu pada panel melebihi suhu dalam ruangan, namun setelah pukul 12.00 siang, ketika panel tak lagi mendapatkan paparan sinar matahari, suhu udaranya turun secara drastis

Pada pengukuran di tahap ini juga ditemukan bahwa selisih suhu tertinggi antara ruang luar dan ruang dalam sebesar 3⁰C yang terjadi di siang hari. Selisih ini jauh lebih kecil dibandingkan selisih suhu udara antara ruangan yang dapat mencapai 8⁰C. Sedangkan pada dini hari, suhu udara pada panel dapat mencapai selisih suhu 5⁰C lebih rendah.

Analisa Kinerja FGB dalam Mengurangi Pemanasan

Kinerja FGB ditunjukkan melalui kemampuannya dalam menghambat pemanasan udara dalam ruangan. Seperti terlihat pada tabel 3, selisih suhu udara antara kedua ruangan meningkat dengan cepat di pagi hari. Setelah jam 10 pagi, suhu udara juga turun dengan cepat akibat peneduhan oleh teritisan atap bangunan. Namun setelah diteduhi pun, suhu kedua ruangan tidak sama. Suhu ruangan dengan FGB cenderung stabil di 32⁰C sedangkan suhu ruangan tanpa FGB masih lebih tinggi dibanding suhu ruangan dengan FGB.

Tabel 3. Perbedaan Suhu Dua Ruang dalam 6 Jam Pengukuran

Jam	Dengan FGB (A)	Tanpa FGB (B)	Selisih B-A
06:00:00	27.930	26.995	-0.935
06:30:00	28.227	29.421	1.194
07:00:00	29.371	33.165	3.794
07:30:00	30.275	35.511	5.236
08:00:00	30.957	37.188	6.231
08:30:00	31.850	38.375	6.525
09:00:00	32.029	39.272	7.243
09:30:00	32.828	39.982	7.154
09:50:00	32.286	40.296	8.010
10:00:00	32.854	40.182	7.328
10:30:00	32.569	35.111	2.542
11:00:00	32.415	34.501	2.086
11:30:00	32.389	34.845	2.456
12:00:00	32.209	35.350	3.141

Analisa Fluktuasi Suhu Udara yang Disebabkan Lubang FGB

Dapat dilihat pada gambar 8, suhu udara pada ruangan dengan FGB mengalami fluktuasi suhu udara di sekitar pukul 10.00. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh lubang-lubang pada FGB yang menyebabkan sebagian radiasi matahari dapat menembus dan sebagian lainnya terhalangi. Fluktuasi ini terjadi menjelang siang yang menunjukkan bahwa ketika posisi matahari cukup tinggi, maka radiasi matahari dapat menembus FGB. Namun berdasarkan hasil pengukuran, fluktuasi suhu tidak mencapai 1°C, ukuran lubang yang kecil menyebabkan radiasi matahari yang menembus lubang tidak cukup lama dalam menaikkan suhu udara dalam ruangan.

FGB efektif dalam mendinginkan ruangan ketika ketinggian matahari masih rendah, namun ketika matahari sudah tinggi, kinerja FGB menurun.

Pada sekitar pukul 10.00, suhu ruang tanpa FGB menurun disebabkan peneduhan oleh tritisan. Namun tidak halnya pada ruangan dengan FGB, dimana pada segmen bangunan ini tidak memiliki atap di bagian atasnya.

Analisa Suhu Udara pada Malam Hari

Mulai pukul 9 malam, suhu udara ruangan dengan FGB lebih tinggi dibanding ruangan tanpa FGB. Begitupun pada pengukuran ke 2, suhu udara

sekitar panel jauh lebih rendah dibanding suhu udara dalam ruangan. Ini menunjukkan adanya faktor yang menghambat pendinginan suhu udara dalam ruangan berFGB.

Untuk itu masih diperlukan penelitian lanjutan untuk mempelajari perilaku suhu udara dalam ruangan berFGB, khususnya pada kondisi malam hari.

KESIMPULAN

Gedung baru fakultas Teknik UNG menggunakan panel fasad ganda berlubang (FGB). Ruangan yang diteduhi oleh panel ini terasa lebih nyaman dibandingkan ruangan yang tidak diteduhi. Untuk mengetahui penyebabnya maka evaluasi terhadap kinerja FGB dilakukan melalui pengukuran suhu udara ruangan. Suhu udara ruangan ini dibandingkan dengan suhu udara ruangan identik yang tidak menggunakan FGB beserta suhu udara di sekitar panel FGB itu sendiri. Pengukuran menggunakan datalogger ini dilakukan selama 2 minggu untuk tiap-tiap tahapan.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu udara ruangan yang diteduhkan oleh FGB dapat mencapai 8°C lebih rendah dibandingkan suhu udara ruangan tanpa FGB. Namun suhu terendah ruangan dengan FGB yang sebesar 27°C masih lebih tinggi dari standar suhu udara dalam ruangan (20-25°C). Pengukuran ini dilakukan tanpa terjadi pertukaran udara antara bagian dalam dan luar ruangan, penelitian tentang kinerja FGB pada ruangan berventilasi perlu dilakukan untuk mengetahui suhu udara ruangan yang merupakan gabungan dari kondisi peneduhan oleh FGB dan penghawaan alami.

Dengan suhu udara pada ruangan yang diteduhi FGB yang lebih rendah dari suhu udara ruangan tanpa FGB, maka beban pendinginan pun lebih rendah, dengan demikian pengkondisi udara dapat bekerja lebih ringan dalam mendinginkan suhu udara dalam ruangan. Hal ini dapat berimbas pada penggunaan energi pengkondisian udara serta penggunaan energi bangunan yang lebih rendah.

Senada dengan penelitian-penelitian lainnya terkait fasad ganda dan fasad ganda berlubang, hasil penelitian ini menunjukkan keunggulan fasad ganda dalam menciptakan ruangan yang nyaman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] **Government and Professional Organizations Discuss New Standards for Air Conditioners** ICED, (21 Maret 2019), diakses 29 Maret 2020, dari artikel <http://www.iced.or.id/en/iced-ii-and-ashrae-third-workshop-on-sni-iso-16358-1/>
- [2] McNeil, M., Karali, N., Letschert, V., (2019), Forecasting Indonesia's electricity load through 2030 and peak demand reductions from appliance and lighting efficiency, **Energy for Sustainable Development** volume 49, April 2019, pages 65-77
- [3] Haase, M., Marques da Silva, F. & Amato, A. (2009). Simulation of ventilated facades in hot and humid climates. **Energy and Buildings**, 41, pp.361-373
- [4] Wong, P. C., Prasad, D. & Behnia, M. (2008). A new type of double-skin façade configuration for the hot and humid climate. **Energy and Buildings**, 40, pp.1941-1945
- [5] Mulyadi, R. (2012). **Study on naturally ventilated double-skin facade in hot and humid climate**. Doctor of Engineering, Nagoya University.
- [6] Iyati, W., Wonorahardjo, S. & Indraprastha, A. (2014). Natural airflow performance of double-skin facade types. **Architecture and Built Environment**, pp.41.
- [7] Boake, T., Harrison, K., & Chatham, A. (2002). **The Tectonics of the Double Skin**.
- [8] Poirazis, H., (2004) **Double Skin Façades for Office Buildings**, Literature Review
- [9] Blanco JM, Buruaga A, Rojí E, Cuadrado J, Pelaz B. Energy assessment and optimization of perforated metal sheet double skin façades through Design Builder; A case study in Spain. **Energy and Buildings**. 2016;111:326-36
- [10] Chi DA, Moreno D, Navarro J. Design optimisation of perforated solar façades in order to balance daylighting with thermal performance. **Building and Environment**. 2017;125:383-400
- [11] Thanyalak Srisamranrungruang, Kyosuke Hiyama, (2020), Balancing of natural ventilation, daylight, thermal effect for a building with double-skin perforated facade (DSPF), **Energy and Buildings**, Volume 210
- [12] Ann Elezabeth Johny, Kirk Shanks, (2018) Optimization of Double-Skin Facades for High-Rise Buildings in Hot Arid Climates, **Environment & Sustainability**, Vol. 7 No. 2, pp.88-100
- [13] Ardiani, Nissa & Koerniawan, Mochamad. (2018). Glass and Perforated Metal Double Skin Facade Performance in Hot Humid Climate. **DIMENSI - Journal of Architecture and Built Environment**. 44. 143-148.