

EKSPLORASI DESAIN SECONDARY SKIN BERBAHAN PARANET SEBAGAI SOLUSI KENYAMANAN TERMAL PADA FASAD GEDUNG ARSITEKTUR POLNES

Ayu Asvitasari

Dosen Prodi Arsitektur, Jurusan Desain, Politeknik Negeri Samarinda
e-mail: ayuasvita@polnes.ac.id

Feliksdinata Pangasih

Dosen Prodi Arsitektur, Jurusan Desain, Politeknik Negeri Samarinda
e-mail: Feliksdinata@gmail.com

Bhanu Rizfa Hakim

Dosen Prodi Arsitektur, Jurusan Desain, Politeknik Negeri Samarinda
e-mail: bhanuhakim@polnes.ac.id

ABSTRAK

Fasad Gedung Program Studi Arsitektur Polnes di Samarinda didominasi material kaca tanpa shading device, menyebabkan ruang kelas mengalami panas berlebih akibat tingginya radiasi matahari pada iklim tropis. Solusi secondary skin konvensional seperti ACP atau kaca tempered memiliki biaya tinggi yang sering tidak terjangkau, sehingga diperlukan material alternatif yang murah, ringan dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi potensi material paranet (jaring HDPE/polyethylene), material yang selama ini hanya digunakan di sektor agrikultur, sebagai elemen secondary skin yang fungsional sekaligus estetis. Metode penelitian menggunakan pendekatan mixed method deskriptif-eksploratif, melalui studi literatur, observasi lapangan, analisis parameter utama (sudut jatuh matahari dan orientasi bangunan), pemodelan 3D menggunakan SketchUp, serta evaluasi komparatif pada tiga bidang fasad bermasalah seluas total 778,6 m². Studi ini mengeksplorasi dan menghasilkan dua alternatif desain, yaitu modul eggcrate segitiga dan modul eggcrate persegi berpola anyaman, dengan paranet kerapatan 65%-75%. Berdasarkan komparasi teoritis literatur, modul eggcrate segitiga direkomendasikan sebagai desain terbaik karena memiliki karakteristik geometri struktural yang optimal terhadap angin dan potensi estimasi penurunan suhu sekunder berdasarkan performa material. Hasil eksplorasi ini membuktikan bahwa paranet berpotensi dikembangkan menjadi alternatif komponen material secondary skin yang terjangkau dan berkelanjutan bagi bangunan tropis.

Kata Kunci : Secondary Skin, Paranet, Kenyamanan Termal, Fasad, Arsitektur Tropis

ABSTRACT

The facade of the Architecture Study Program Building at Polnes Samarinda is predominantly made of glass without any shading devices, causing the classrooms to suffer from excessive indoor heat due to intense solar radiation in a tropical climate. Conventional secondary skin solutions,

such as ACP (Aluminium Composite Panels) or tempered glass, are often financially unviable due to high costs, thereby necessitating a cheap, lightweight, and eco-friendly alternative material. This study aims to explore the potential of agricultural shading nets (HDPE/polyethylene nets)—a material previously confined to the agricultural sector—as a functional and aesthetic secondary skin element. The research employs a descriptive-exploratory mixed-method approach, comprising a literature review, field observations, analysis of key site parameters (solar angles and building orientation), 3D modeling via SketchUp, and a comparative evaluation across three problematic facade areas totaling 778.6 m². Through this exploration, the study generates two design alternatives: a triangular eggcrate module and a woven-patterned square eggcrate module, both utilizing nets with a 65%–75% density. Based on a theoretical literature comparison, the triangular eggcrate module is recommended as the optimal design owing to its superior structural geometry against wind loads and its estimated potential for secondary temperature reduction derived from material performance. Ultimately, these exploratory findings demonstrate that agricultural netting holds significant potential for development as an affordable and sustainable secondary skin material alternative for tropical buildings.

Keywords: *Secondary Skin, Paranet, Thermal Comfort, Facade, Tropical Architecture*

1. PENDAHULUAN

Kenyamanan termal merupakan aspek fundamental dalam desain bangunan, terutama di iklim tropis. Samarinda dengan intensitas radiasi matahari tinggi sepanjang tahun menjadi konteks yang relevan untuk kajian ini. Bangunan Gedung Prodi Arsitektur Polnes menghadapi permasalahan akibat dominasi material kaca pada fasad tanpa shading device, sehingga ruang kelas sangat panas pada siang hingga sore hari. Fasad berperan sebagai mediator antara iklim luar dan kenyamanan interior, di mana material dan konfigurasi selubung mempengaruhi heat gain yang masuk ke dalam bangunan (Demami & Rizal, 2022).

Penerapan secondary skin sebagai lapisan terluar pada fasad merupakan strategi pasif efektif untuk menyaring radiasi panas matahari tanpa mengorbankan pencahayaan alami. Optimalisasi efisiensi termal bangunan dapat memanfaatkan material lokal dengan konduktivitas rendah dan insulasi baik (seperti kayu dan bambu). Material bermassa termal tinggi (tanah liat/bata). Serat alami, serta material reflektif untuk memantulkan radiasi matahari (Hafizha dkk., 2026). Material secondary skin mempengaruhi kekuatan, ketahanan cuaca, dan perawatan, dengan variasi mulai dari kayu, beton, hingga kaca, serta kualitas tekstur halus-kasar maupun licin-bergelombang (Islahuddin & Fahrizal, 2022). Penggunaan

material berpori (porous material) pada selubung luar memiliki efisiensi yang baik dalam memitigasi radiasi termal pada bangunan tropis (Li dkk., 2024). Meskipun penerapan sistem selubung ganda (double skin facade) terbukti mampu menurunkan beban pendinginan (Pomponi dkk., 2016), Penggunaan material konvensional seperti logam perforasi atau Aluminium Composite Panel (ACP) sering kali terkendala anggaran biaya yang besar. Sebagai material alternatif yang murah, ringan dan fleksibel, jaring paranet (HDPE) berbasis polietilen menawarkan potensi sebagai tabir pelindung matahari pasif. Paranet memiliki variasi kerapatan (40%-90%) yang berfungsi mengontrol transmisi cahaya dan udara (Nafi, 2017). Selama ini, aplikasi paranet diluar sektor agrikultur masih sangat terbatas dan cenderung dipasang secara seadanya tanpa perancangan struktur pendukung yang memadai, seperti terlihat pada bangunan sarang walet (Gambar 1).



Gambar. 1
Ilustrasi aplikasi paranet vertikal pada bangunan sarang walet
Sumber: Penulis

Pemasangan konvensional tersebut rentan terhadap kerusakan mekanis akibat beban angin lateral. Oleh karena itu, fokus penelitian ini adalah melakukan eksplorasi perancangan desain modular secondary skin berbahan paranet yang disesuaikan dengan kebutuhan geometris fasad Gedung Prodi Arsitektur Polnes. Eksplorasi ini bertujuan merumuskan alternatif desain yang tidak hanya fungsional secara teoritis sebagai filter radiasi, tetapi juga memiliki kekuatan struktur modular serta nilai estetika arsitektural yang baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Secondary Skin

Perlindungan bangunan tropis dari cuaca ekstrem, efisiensi termal dapat ditingkatkan melalui fasad responsive iklim, material isolasi, jendela aktif serta optimalisasi orientasi dan *shading* (Budi Susanti dkk., 2026). Beberapa bangunan telah menerapkan prinsip *secondary skin* (selubung bangunan) pada lapisan luar dengan bentuk yang bermacam-macam, terkadang menyesuaikan arah matahari atau angin, bertujuan mengontrol

intensitas pencahayaan, kenyamanan termal ruang dalam, mereduksi kebisingan, serta mengontrol intensitas dan arah angin (Amijaya, 2019). Ruang menghadap barat mengalami silau sore hari, ruang menghadap timur silau pagi hari, sedangkan ruang menghadap utara-selatan relatif bebas dari kondisi ini. Untuk mengurangi silau, dapat digunakan secondary skin dengan motif geometris atau komposisi solid-void yang sesuai. *Secondary skin* berfungsi sebagai pengatur cahaya masuk, sehingga penambahannya bermanfaat pada fasad bangunan dalam (Imanullah & Setiawan, 2023) pada fasad bangunan yang berfungsi sebagai:

1. Melindungi rumah dari radiasi matahari
2. Memperkuat tampilan fasad
3. Mengaplikasikan motif menarik pada eksterior bangunan
4. Menambah privasi pada bangunan.

Secondary skin diambil dari ide *double skin*, konsep kulit luar bangunan terdiri dari dua lapis bidang (inner skin dan outer/secondary skin) yang membentuk rongga. Sebagai *sun control*, *secondary skin* berupa bidang berlubang (perforated) dengan pola tertentu untuk menyaring sinar matahari, dan perkembangan desain memungkinkan beragam bentuk perlubangan



Gambar 2.

Pola Shading

Sumber : Egan, 1975 dalam (Talarosha, 2005)

Selain itu elemen arsitektur yang banyak digunakan untuk melindungi radiasi dari matahari (*Solar Shading Device*) (Talarosha, 2005) yaitu *overhang cantilever*, *louver overhang*, *panels*, *louvers screen*, *eggcreate* dan *vertical louver*.

Tabel 1. Nilai Shading Coefficient

No	Elemen Pelindung	Shading Coefficient
Elemen arsitektur (eksternal)		
1	<i>Egg-Crate</i>	0,10
2	Panel atau Awning (warna muda)	0,15
3	<i>Horizontal Louver Overhang</i>	0,20
4	<i>Horizontal Louver Screen</i>	0,60-0,10
5	<i>Cantilever</i>	0,25
6	<i>Vertical Louver (permanen)</i>	0,30
7	<i>Vertical Louver (moveable)</i>	0,15-0,10

Sumber : (Zatibayani dkk., n.d) diadaptasi kembali oleh Penulis, 2026

Menurut (Zatibayani dkk., n.d), efektivitas pelindung matahari dinilai dengan shading coefficient (SC); semakin besar nilai SC, semakin besar energi matahari yang ditransmisikan, dipengaruhi oleh bentuk dan material selubung bangunan. Dalam (Nasution dkk., 2024) material selubung bangunan tinggi sangat penting sebagai pelindung dari pengaruh lingkungan luar (UV, hujan, angin, suhu) sekaligus mempengaruhi penampilan visual dan efisiensi energi melalui minimalisasi kebocoran udara dan peningkatan isolasi termal. Dengan pertimbangan tersebut, pemilihan paranet sebagai secondary skin menjadi relevan di iklim tropis: sifatnya yang ringan, fleksibel, dan permeable terbukti mampu mengurangi intensitas radiasi matahari langsung serta mereduksi efek sinar UV tanpa menghalangi cahaya alami sepenuhnya (Agrobogor, t.t.). Hal ini didukung oleh penerapan paranet yang sudah teruji di sektor agrikultur dan hortikultura, khususnya untuk melindungi tanaman dari sinar matahari berlebih, hujan deras, dan angin kencang. Dukungan ilmiah atas prinsip ini juga ditemukan pada kajian jaring peneduh (shading net) di rumah kaca, yang membuktikan secara empiris bahwa variasi kerapatan dan warna jaring mempengaruhi transmisi radiasi matahari serta suhu udara dibawah naungan (Alhelal dkk., 2024)

2.2 Material Paranet

Paranet pada umumnya terbuat dari bahan mengandung polietilen berbentuk anyaman jaring plastik, biasanya berbahan nylon; ada juga jenis tambang dan kawat namun jarang diminati karena jarak antar lubang besar atau mudah berkarat. Karena bentuknya anyaman, intensitas cahaya matahari dapat diatur melalui kerapatan anyaman, umumnya 40%, 50%, 55%, hingga 90%, di mana semakin besar presentasenya semakin besar tingkat kerapatan paranet (Nafi, 2017). Sebagai tabir, paranet berfungsi ganda yaitu melindungi dan meneduhkan, mengurangi cahaya matahari yang mencapai tanah sekaligus menstabilkan suhu sekitar. Spesifikasinya dijual dalam bentuk roll lebar 3 meter dengan panjang sesuai kebutuhan, atau dalam ukuran 2 m² hingga 100 m².

Tabel 2. Spesifikasi Paranet berdasarkan Tingkat Kerapatan

Jenis Paranet	Kerapatan	Intensitas Cahaya Masuk	Intensitas Angin	Intensitas UV	Bahan
Nylon Monofilament	40%	60%	53%	52,5%	Polyethylene
Nylon 50%	50%	50%	43%	42%	Polyethylene
Nylon 65%	65%	35%	33%	42,5%	Polyethylene
Nylon 75%	75%	25%	22%	34%	Polyethylene
HDPE 90%	90%	10%	~10%	~10%	HDPE

Sumber : (Estimasi parameter material komersial, diolah kembali oleh Penulis, 2026)

Untuk aplikasi arsitektural di iklim tropis lembap, jaring dengan kerapatan 65%-75% dipilih secara teoritis karena memberikan kompromi terbaik antara fungsi penyaringan radiasi matahari. Dari karakteristik tersebut, keseimbangan antara reduksi panas (menyaring 65-75% cahaya langsung) dan ventilasi silang sebagai strategi pendinginan pasif krusial di iklim tropis lembap. Alih fungsi paranet dari agrikultur ke arsitektur bukan tanpa preseden; material agrikultur yang ringan, permeable, dan tahan UV telah digunakan sebagai komponen fasad sementara di berbagai negara berkembang sebagai solusi *cost-effective*, namun tantangan utamanya adalah aspek estetika, karena dalam aplikasi agrikultur paranet sering dipasang tanpa pertimbangan visual. Penelitian ini menjawab tantangan tersebut melalui eksplorasi modul desain yang memadukan fungsi termal dengan nilai estetis.

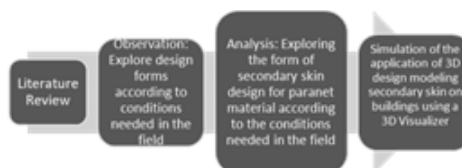
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan mixed method deskriptif-eksploratif. Fokus utama ditekankan pada eksplorasi konfigurasi bentuk, visualisasi geometris dan penyusunan modul struktur *secondary skin* menggunakan peranti lunak pemodelan 3D SketchUp. Komparasi performa antar alternatif desain dinilai secara teoritis berdasarkan pendekatan komparasi literatur dan parameter material sekunder.

3.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Studi kasus dilakukan pada Gedung Program Studi Arsitektur, Politeknik Negeri Samarinda (Polnes), di Jalan Cipto Mangunkusumo, Samarinda, Kalimantan Timur (koordinat: 0°29'S, 117°08'E), berada di zona iklim tropis lembap dengan suhu rata-rata tahunan 27°C dan kelembapan relatif 80-85%. Bangunan menghadap barat laut, barat, dan barat daya dengan dominasi fasad kaca tanpa teritisan sehingga terekspos radiasi matahari sore secara langsung. Luas bidang fasad yang memerlukan *secondary skin*: sisi samping kiri (189 m²), sisi samping kanan (226,8 m²), dan bagian belakang (362,8 m²), total 778,6 m² area fasad bermasalah secara termal.

3.2 Tahapan Penelitian



Gambar 3.

Alur Penelitian

Sumber : Penulis

1. Studi Literatur: Kajian sistematis terhadap literatur *secondary skin*, shading device, kenyamanan termal, dan spesifikasi material paranet.
 2. Observasi Lapangan: Dokumentasi kondisi eksisting fasad bangunan, pengukuran dimensi bidang fasad, dan identifikasi orientasi bangunan terhadap lintasan matahari.
 3. Analisis Parameter: Evaluasi tiga parameter utama yang mempengaruhi performa *secondary skin*: (a) jenis material dan kerapatan paranet, (b) sudut jatuh sinar matahari pada orientasi barat di Samarinda, (c) konfigurasi pemasangan dan jarak dari fasad utama.
 4. Pemodelan 3D: Desain alternatif *secondary skin* dimodelkan menggunakan *SketchUp* dengan pertimbangan estetika, ketepatan peletakan, bentuk rangka, dan sistem struktur pemasangan.
- Evaluasi Komparatif terhadap alternatif desain yang dihasilkan dilakukan menggunakan kriteria potensi secara teoritis dan teknis yang mencakup aspek kekakuan struktur, kemudahan instalasi modular, efisiensi pembayangan geometris, serta keselarasan visual estetika

3.3 Parameter Desain Secondary Skin

Pemodelan *secondary skin* paranet mempertimbangkan tiga parameter utama yang berpengaruh terhadap kenyamanan termal.

Tabel 3. Parameter Desain Secondary Skin

No	Parameter Utama	Spesifikasi Teknis / Kondisi Eksisting	Dampak & Fungsi terhadap Bangunan
1	Jenis Material	Material: Jaring Paranet HDPE. Kerapatan: 65% – 75%. Sifat: Semi-transparan.	Keseimbangan Optimal, memberikan kombinasi ideal antara reduksi panas dan sirkulasi udara. Reduksi Panas: Menyaring 25%-35% cahaya matahari yang masuk. Permeabilitas Udara: Mengalirkan intensitas angin sebesar 22% – 33% untuk ventilasi alami. Visual: Memasukkan cahaya alami ke ruang kelas tanpa

			menimbulkan silau (<i>glare</i>) berlebih.
2	Sudut Jatuh Matahari	Lokasi: Samarinda (Dekat Khatulistiwa, Lintang 0 29'S Karakteristik: Matahari cenderung berada di posisi tinggi sepanjang tahun. Kondisi Sore: Sudut datang sinar matahari menjadi rendah pada pukul 13.00 – 16.00 WIB.	Kebutuhan Desain: Mengharuskan penggunaan tipe <i>eggcrate</i> (kombinasi <i>shading</i> vertikal dan horizontal). Fungsi: Efektif memblokir radiasi matahari langsung yang sudut datangnya berubah-ubah sepanjang hari.
3	Orientasi Bangunan	Zona Kritis: Fasad Barat Laut, Barat, dan Barat Daya Gedung Prodi Arsitektur Polnes. Paparan: Menerima radiasi matahari sore secara langsung dan maksimal.	Ketinggian Pasang: Mulai dari ketinggian 2 meter dari permukaan tanah hingga batas atap. Tujuan Batasan: Menghindari kerusakan akibat angin turbulen di dekat tanah sekaligus mengoptimalkan area pembayaran (<i>shading</i>) pada dinding kaca ruang kelas.

Sumber: Analisa Penulis

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut (Latifah dkk., 2018) faktor perolehan radiasi panas matahari yang memengaruhi peningkatan suhu udara adalah:

1. Jenis material permukaan
2. Sudut jatuh sinar matahari terkait waktu
3. Orientasi bangunan dan bukaan.

Tiga bidang dinding diberi secondary skin, yaitu sisi samping kiri, sisi samping kanan, dan bagian belakang. Bidang dinding yang diberi *secondary skin* adalah dinding ruang kelas, ruang kuliah umum, dan ruang dosen, yang terdampak matahari sore sehingga ruang kelas menjadi panas. Hasil pengukuran bidang dinding dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Luasan Bidang Tampak

No	Keterangan	Ukuran	Fasad Bangunan	
1	Tampak Samping Kiri	189 m ²		
2	Tampak Samping Kanan	226,8 m ²		
3	Bidang Belakang	362,8 m ²		

Sumber: Analisa Penulis

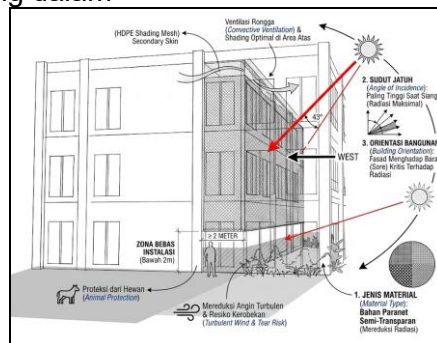
Peletakkan model *secondary skin* dari bahan paranet dibuat berdasarkan pemasangan instalasi yang praktis, aman dan mudah. Hasil rekomendasi desain berdasarkan (Safitri & Zakiah, 2020) menyebutkan bahwa penurunan nilai *Shading Coefficient* dapat dilakukan dengan pengontrolan pada desain peneduh atau shading sehingga mempengaruhi sudut jatuh radiasi langsung sinar matahari ke dalam bangunan. Dari angka *shading coefficient* (SC) pada table 1 bentuk *eggcreate* memiliki nilai SC yang paling kecil, maka dapat dikatakan bahwa paling efektif meminimalisir radiasi matahari yang ditransmisikan ke dalam bangunan .

1. Kerapatan Material: Sifat semi-transparan paranet berfungsi menyaring radiasi langsung; semakin tinggi kerapatan jalinan serat, semakin besar reduksi perolehan panas (heat gain) di dalam ruang.

2. Sudut Matahari & Konfigurasi Pemasangan: Intensitas radiasi puncaknya terjadi saat siang hari. Mengantisipasi hal ini, paranet dipasang dengan kemiringan tertentu dan ketinggian minimal 2 meter dari tanah guna

mengoptimalkan distribusi bayangan (shading), serta melindungi material dari turbulensi angin bawah dan gangguan hewan.

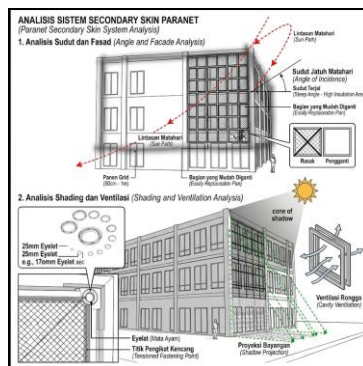
3. Orientasi & Buka-an Fasad: Orientasi menentukan tingkat paparan panas bangunan. Pemasangan paranet di depan bukaan kaca Gedung Prodi Arsitektur Polnes bertindak sebagai filter awal yang menahan radiasi matahari sebelum menyentuh selubung utama, sehingga mereduksi akumulasi panas ruang dalam



Gambar 4.

Analisis Sudut datang radiasi matahari bidang fasad tampak samping (kiri dan kanan)

Sumber : Penulis



Gambar 5.

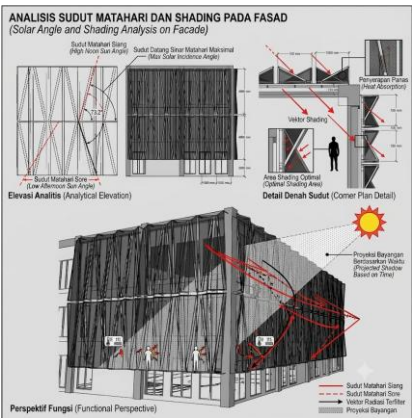
Analisis sudut datang radiasi matahari pada bidang fasad belakang

Sumber : Analisa Penulis

4.1 Alternatif Desain 1 : Modul *Eggcrate* Segitiga

Desain *Secondary skin* alternatif pertama mengadaptasi prinsip *eggcrate* yang dimodifikasi dengan modul segitiga, kombinasi shading vertikal dan horizontal diperkuat elemen diagonal membentuk pola rangka segitiga yang dinamis secara visual sekaligus unggul secara struktural. Modul memiliki ketinggian 4,9 m (dari ketinggian 2 meter hingga atap) dengan lebar 1,95 m membentuk grid teratur, di mana dimensi tersebut

didasarkan pada pertimbangan modularitas untuk fabrikasi dan penggantian panel yang efisien.



Gambar 6.

Visualisasi 3D Modul secondary skin alternatif 1 (Eggcrate segitiga) pada fasad bangunan
Sumber : Analisa Penulis

Berikut adalah ringkasan analisis performa desain Alternatif 1: Modul Eggcrate Segitiga

Tabel 5. Analisis Performa Desain Alternatif 1 (Modul Eggcrate Segitiga Paranet 65%)

Kategori Performa	Indikator Utama	Deskripsi Hasil Analisis
Karakteristik Fisik & Desain	* Modul Geometri	Modifikasi Eggcrate Segitiga: Rangka vertikal & horizontal diperkuat elemen diagonal
	* Dimensi Modul	H 4,9 m x W 1,95 m: Dimensi modul efisien untuk modularitas, fabrikasi, dan penggantian panel.
	* Rangka & Material	Paranet 65% + Hollow Steel: Material shading didukung rangka baja berlubang. Sistem Eyelet: Pemasangan panel paranet pada titik-titik kritis rangka.
	* Sistem Pasang	
Performa Termal & Radiasi	* Shading Coefficient (SC)	* SC = 0,10: Performa termal terbaik, hanya 10% energi radiasi masuk. Keunggulan Bidang Diagonal: Lebih efektif menangkal radiasi sore (sudut rendah dan lateral) pada fasad Barat/Barat Laut.
	* Pemblokiran Radiasi	Potensi reduksi 1,3°C hingga 4°C di interior kelas, mengurangi durasi AC (estimasi teoritis berdasarkan kombinasi data Tabel 1
	* Reduksi Suhu Operatif	

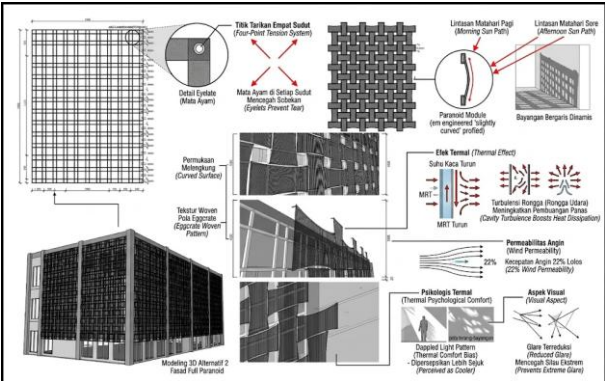
		<i>dan Tabel 2)</i>
Kenyamanan Pengguna	* Keadaan Permukaan Kaca	* Suhu permukaan kaca tanpa pelindung 55°C–65 °C memancarkan panas infra merah.
Ventilasi Alami	* Permeabilitas Udara * Efek Cerobong Termal	* Permeabilitas 33%: Sepertiga kecepatan angin luar menembus paranet ke rongga fasad (30–50 cm). * Udara hangat naik efek cerobong termal menarik udara segar di celah bawah secondary skin (ventilasi konvektif rongga).
Kenyamanan Visual	* Kualitas Cahaya * Reduksi Silau (<i>Glare</i>)	* Loloskan 35% cahaya difus: Jenis pencahayaan merata dan tidak menyilaukan. * Reduksi <i>glare</i> 40–60%: Sangat kritis untuk visibilitas layar proyektor dan konsentrasi kelas pada sore hari. (<i>estimasi teoritis berdasarkan kombinasi data Tabel 1 dan Tabel 2</i>)
Kenyamanan Akustik & Stabilitas	* Keuntungan Aerodinamis * Ketahanan Angin	* Geometri Segitiga: Koefisien hambatan angin (<i>drag coefficient</i>) lebih rendah dari persegi. * Tegangan Merata: Paranet terpasang rapat dan tegang, menghindari kendor/getaran akustik akibat angin lateral.

Sumber ; Analisa Penulis

Catatan: Nilai SC mengacu pada nilai literatur untuk elemen eggcrate (Tabel 1; Zatiyayani dkk., n.d), sedangkan reduksi suhu, koefisien hambatan angin, dan reduksi glare merupakan estimasi teoretis penulis berdasarkan kombinasi data Tabel 1 dan Tabel 2 serta prinsip fisika bangunan; angka-angka ini belum diverifikasi melalui pengukuran lapangan atau simulasi termal/CFD.

4.2 Alternatif Desain 2 : Modul *Eggcrate* Persegi dengan Pola Anyaman

Alternatif desain kedua menggunakan pola *eggcrate* persegi yang mengintegrasikan teknik anyaman (*woven pattern*) pada material paranet. Elemen shading vertikal dan horizontal saling bersilangan membentuk modul persegi dengan paranet direntangkan dalam frame modul menggunakan teknik tarikan empat titik, menciptakan pola anyaman kompleks dan bertekstur. Berbeda dari alternatif 1 yang direntangkan datar, pada alternatif 2 tegangan tarik di empat titik sudut menciptakan bidang paranet yang sedikit melengkung, menghasilkan permukaan tiga dimensi yang berdampak pada karakteristik termal dan aerodinamis.



Gambar 7. Visualisasi 3D eksterior Alternatif 2: Rangka Kisi Modul Eggcrate Persegi Anyaman. Sumber ; Analisa Penulis

Tabel 6. Analisis Performa & Implikasi Alternatif Desain 2 (Modul Eggcrate Persegi Anyaman)

Kategori Performa	Indikator Utama	Deskripsi Hasil Analisis Teknis	Implikasi Desain / Arsitektural
Karakteristik Fisik & Geometri	* Modul Geometri	* Kombinasi elemen <i>shading</i> vertikal dan horizontal (<i>eggcrate</i>) membentuk grid persegi.	* Estetika Fasad Modern: Mengubah tampilan luar gedung menjadi lebih bertekstur, dinamis, dan tidak monoton.
	* Teknik Penarikan	* Menggunakan teknik tarikan empat titik sudut di dalam <i>frame</i> modul.	* Kekakuan Rangka: Rangka pembentuk grid harus kaku (<i>rigid</i>) agar mampu menahan gaya tarik dari keempat sudut panel tanpa deformasi.
Performa Termal & Radiasi	* Karakteristik Fisik	* Tegangan tarik menghasilkan bidang paranet yang sedikit melengkung (<i>slightly curved</i>), menciptakan permukaan 3 dimensi.	
	* Kinerja Kain Paranet	* Paranet HDPE kerapatan 75% menyaring 75% cahaya langsung dan 34% sinar UV. Efisiensi termal konsisten sangat baik (SC = 0,10).	* Efisiensi Energi (AC): Hanya 10% radiasi matahari yang menembus kaca, mengurangi beban pendinginan ruang kelas secara signifikan.
	* <i>Shading Coefficient</i> (SC)	* Permukaan melengkung menghasilkan	* Perlindungan Material: Menurunkan suhu

	* Distribusi Panas	pergerakan bayangan dinamis sepanjang hari sehingga mencegah area panas statis (<i>hotspot</i>).	permukaan kaca, memperpanjang umur komponen jendela (<i>sealant/frame</i>).
Ventilasi Alami	* Sirkulasi Udara * Efek Turbulensi	* Memiliki tingkat permeabilitas angin sebesar 22%. * Geometri permukaan yang melengkung memicu turbulensi udara skala kecil di dalam rongga ganda (<i>double skin</i>). Turbulensi mempercepat pembuangan panas konvektif keluar rongga.	* Penentuan Batas Rongga: Memerlukan jarak rongga udara ganda yang ideal (30–50 cm) agar ventilasi konvektif rongga berjalan optimal. * Aliran udara tetap tersedia untuk ventilasi alami saat jendela ruang kelas dibuka.
Kenyamanan Pengguna	* Efek <i>Dappled Light</i> * Dampak Perilaku	* Permukaan bergelombang menciptakan pola terang-bayangan (<i>dappled light</i>) dinamis menyerupai filter alami dedaunan. * Memicu fenomena <i>thermal comfort bias</i> , pengguna secara psikologis mempersepsikan ruang kelas "lebih sejuk".	* Peningkatan Fokus Belajar: Suasana kelas terasa lebih teduh dan alami, meningkatkan kenyamanan psikologis mahasiswa dan dosen. * AC dapat diatur pada suhu hemat energi (24°C–25°C), namun pengguna tetap merasa nyaman.
Stabilitas & Akustik	* Tegangan Material * Dampak Akustik	* Sistem tarikan empat titik memastikan seluruh permukaan paranet terpasang rapat dan tegang secara merata. * Kondisi bahan yang tegang menghindari kain menjadi kendur akibat terpaan angin luar.	Bebas gangguan Kebisingan: Ruang kelas bebas dari suara getaran material paranet saat terjadi angin kencang. Minimalisasi <i>Maintenance</i> : Material yang tegang merata mengurangi risiko robek, menekan frekuensi perbaikan berkala.

Sumber ; Analisa Penulis

Catatan: Sebagaimana Tabel 5, seluruh nilai performa pada Tabel 6 adalah estimasi teoretis penulis yang diturunkan dari data Tabel 1 dan Tabel 2, belum hasil pengujian empiris.

Durabilitas material HDPE di lingkungan tropis juga perlu dicermati. HDPE memiliki ketahan baik terhadap UV dan cuaca dengan umur layanan paranet HDPE berkualitas mencapai 5-8 tahun. Sistem modular memungkinkan penggantian panel per modul tanpa membongkar keseluruhan sistem, sehingga biaya perawatan dapat dikendalikan secara terjadwal dan ekonomis. Secara keseluruhan, siklus hidup paranet menghasilkan jejak karbon lebih rendah dibandingkan aluminium atau kaca, menjadikannya solusi yang ekonomis sekaligus ramah lingkungan. Tahap evaluasi komparatif, kedua alternatif desain dinilai berdasarkan matriks yang mencakup efektivitas shading, kemudahan instalasi, ketahanan angin dan nilai estetika. Ringkasan perbandingan disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Matriks Penilaian Perbandingan Alternatif Desain

KRITERIA PENILAIAN	ALTERNATIF 1 (EGGCRATE SEGITIGA)	ALTERNATIF 2 (EGGCRATE PERSEGI ANYAMAN)
Efektivitas Shading (Nilai Sc)	Sc = 0,10 (Terendah, Performa Termal Terbaik)	SC = 0,10 (setara Alternatif 1)
Kemudahan Instalasi	Sedang, Rangka Diagonal Menambah Kompleksitas Fabrikasi (lihat gambar 6)	Sedang–Tinggi, memerlukan rangka kaku (rigid) untuk menahan tarikan 4 titik (lihat gambar 7)
Ketahanan Terhadap Angin	Tinggi, Koefisien Hambatan Angin (<i>Drag Coefficient</i>) Lebih Rendah Karena Geometri Segitiga	Sedang, permukaan melengkung berpotensi menimbulkan turbulensi lebih besar
Nilai Estetika	Pola Dinamis, Tegas, selaras dengan bangunan	Bertekstur dan organik (<i>dappled light</i>), namun rangka kaku membatasi variasi bentuk

Sumber ; Analisa Penulis, berdasarkan perbandingan teoretis Tabel 1, Tabel 5, dan Tabel 6

Penelitian ini bersifat eksploratif-deskriptif dan belum melibatkan pengukuran termal aktual, simulasi CFD/ecotect, maupun pemodelan struktural pada kedua alternatif desain; nilai shading coefficient, reduksi suhu, permeabilitas udara dan koefisien hambatan angin yang disajikan merupakan estimasi teoritis berdasarkan studi literatur dan spesifikasi material komersial, belum hasil pengukuran atau simulasi langsung di lapangan. Evaluasi komparatif pada matriks penilaian (tabel 7) juga bersifat kualitatif-teoritis, belum menggunakan pembobotan kriteria atau uji statistik. Kajian biaya (*cost analysis*) dan daur hidup material secara

kuantitatif juga belum dilakukan. Oleh karena itu, seluruh indikator performa dalam studi eksplorasi desain ini disarankan untuk diinterpretasikan sebagai potensi teoritis awal material paranet pada elemen selubung bangunan.

5. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini mengeksplorasi dan mengevaluasi dua alternatif desain *secondary skin* berbahan paranet sebagai solusi kenyamanan termal pada fasad bangunan pendidikan di iklim tropis Kalimantan Timur. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan:

- a) Material paranet HDPE/*polyethylene* terbukti berpotensi secara fungsional sebagai *secondary skin* bangunan, dengan kerapatan 65%-75% memberikan keseimbangan optimal antara reduksi radiasi matahari (25-35%) dan permeabilitas ventilasi alami (22-33%) yang diperlukan di iklim tropis lembap dan melindungi bidang dinding yang terkena panas.
- b) Dari 2 alternatif desain yang dikembangkan, modul eggcrate segitiga (Alternatif 1) direkomendasikan sebagai desain utama karena menghasilkan nilai *shading coefficient* terendah ($SC = 0,10$), ketahanan struktural tertinggi terhadap beban angin, dan estetika paling sesuai untuk bangunan pendidikan arsitektur yang mengedepankan inovasi.
- c) Eksplorasi desain ini menunjukkan bahwa material sederhana dan terjangkau seperti paranet dapat diolah menjadi elemen desain fasad yang modern, fungsional, dan responsif terhadap konteks iklim tropis membuka peluang untuk arsitektur berkelanjutan yang tidak bergantung pada material mahal.
- d) Pemasangan pada ketinggian minimal 2 meter dari permukaan tanah dengan jarak 30-50 cm dari fasad utama, menggunakan sistem *eye/let* logam pada rangka baja galvanis, merupakan konfigurasi teknis yang direkomendasikan untuk ketahanan dan efektivitas optimal di lapangan.

Penelitian ini merekomendasikan untuk studi lanjutan berupa pengukuran termal aktual (suhu permukaan dinding dan suhu udara interior) sebelum dan sesudah penerapan *secondary skin* paranet, serta kajian tentang durabilitas material paranet dalam kondisi paparan UV jangka panjang di iklim Kalimantan Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhelal, I. M., Albadawi, A. A., Alsadon, A. A., Alenazi, M. M., Ibrahim, A. A., Shady, M., & Al-Dubai, A. A. (2024). Effects Of Shading Nets Color On The Internal Environmental Conditions, Light Spectral Distribution, And Strawberry Growth And Yield In Greenhouses. *Plants*, 13(16), 2318. <https://doi.org/10.3390/plants13162318>
- Amijaya, S. Y. (2019). *Rekayasa Material Plastik Banner Untuk Teknologi Kulit Bangunan (Secondary Facade)*. 16.
- Budi Susanti, D., Sukowiyono, G., & Widyarthara, A. (2026). Penggunaan Material Kaca Dalam Upaya Penurunan Suhu Dalam Ruang. *Pawon: Jurnal Arsitektur*, 10(01), 61–72. <https://doi.org/10.36040/pawon.v10i01.16576>
- Demami, A., & Rizal, F. (2022). Efektivitas Sistem Double Skin Dalam Menahan Radiasi Matahari Pada Fasad Bangunan: The Effectiveness Of The Double Skin System In Refraining From Solar Radiation On Building Facades. *Jurnal IPTEK*, 6(2), 10–15. <https://doi.org/10.31543/jii.v6i2.205>
- Imanullah, M. R., & Setiawan, A. (2023). *Redesain Fasad Sekeliling Bangunan Puskesmas Pakem Yogyakarta Dengan Penambahan Elemen Secondary Skin, Buka-an Jendela, Dan Perubahan Warna Bangunan*. 6(1).
- Islahuddin, Y., & Fahrizal, E. (2022). *Kajian Ornamen Secondary Skin Masjid Raya Sumatra Barat*.
- Latifah, N. L., Zhafari, M. I., Padillah, R. M., & Bahar, N. K. (2018). Desain Fasad Bangunan Terkait Kenyamanan Termal (Studi Kasus: The Green Kosambi Trade Mall And Apartment). *Jurnal Arsitektur Universitas Bandar Lampung, Volume 8*(2).
- Li, H., Guo, H., Lu, X., Hu, J., & Zhong, K. (2024). Zero-Energy Purification Of Ambient Particulate Matter Using A Novel Double-Skin Façade System Integrated With Porous Materials. *Sustainability*, 16(6), 2489. <https://doi.org/10.3390/su16062489>
- Nafi, M. (2017). *Pengaruh Kerapatan Paranet Terhadap Produktivitas Alat Penangkap Kabut Di Dusun Nglurah Wonodadi Kulon Kab. Pacitan*. 2(3).
- Nasution, A. M., Moerni, S. Y., & Rambe, Y. S. (2024). Efisiensi Energi Berkelanjutan: Strategi Desain Dan Perhitungan Optimalisasi Efisiensi Energi Pada Selubung Bangunan. *MARKA (Media Arsitektur Dan Kota): Jurnal Ilmiah Penelitian*, 7(2), 167–182. <https://doi.org/10.33510/marka.2024.7.2.167-182>
- Pomponi, F., Piroozfar, P. A. E., Southall, R., Ashton, P., & Farr, Eric. R. P. (2016). Energy Performance Of Double-Skin Façades In Temperate Climates: A Systematic Review And Meta-Analysis. *Renewable And*

- Sustainable Energy Reviews*, 54, 1525–1536.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.075>
- Safitri, S. H., & Zakiah, A. (2020). *Pengaruh Desain Shading Bangunan Terhadap Nilai OTTV Melalui Studi Preseden*.
- Talarosha, B. (2005). *Menciptakan kenyamanan thermal dalam bangunan*. 6(3).
- Zatibayani, P. N., Nugroho, A. M., & Santosa, H. (n.d). *Pengaruh Shading Devices Terhadap Penerimaan Radiasi Matahari Langsung Pada Fasad Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya*.