

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Panas ekstrem yang terjadi akibat perubahan iklim telah mengurangi kenyamanan termal manusia (Citraningrum et al., 2024). Tantangan yang dihadapi akibat panas ekstrem ini adalah meningkatnya kebutuhan energi untuk pendinginan ruang (Lombard et al., 2008). Untuk sistem pendinginan dan HVAC bangunan modern menyumbang sekitar 40% dan konsumsi energi bangunan menyumbang 20% (Pandiyan & Kumar, 2026). Terutama pada iklim tropis dimana radiasi matahari sangat tinggi sehingga pendinginan dengan cara aktif digunakan dan memerlukan konsumsi energi yang besar untuk itu. Oleh sebab itu, menemukan solusi untuk masalah konsumsi energi yang besar merupakan sesuatu yang sangat penting.

Urban Heat Island (HUI) merupakan fenomena global dengan dampak serius bagi megakota di negara berkembang, terutama di wilayah beriklim tropis dimana area perkotaan dan daerah pinggiran kota bersuhu lebih tinggi dari daerah pedesaan di sekitarnya (Sharmin & Chappell, 2025). Lebih dari 50% populasi di dunia tinggal di daerah perkotaan, dan akan mencapai 70% pada 2040 (Rawat & Singh, 2022). Dengan demikian pertumbuhan properti tidak dapat dihindari untuk memenuhi permintaan akan tempat tinggal bagi populasi yang terus berkembang.

Di Indonesia sendiri, secara kuantitatif tipe hunian yang paling diminati adalah rumah tipe 36, terutama bagi generasi milenial dimana 55% transaksi properti dilakukan untuk hunian tipe ini. Rumah tipe 36 ini juga merupakan tipe hunian yang disubsidi pemerintah melalui program Fasilitas Likuiditas Pembiayaan Perumahan (FLPP). Namun, secara termal rumah tipe 36 ini telah menjadi perhatian publik karena permasalahannya. Pada umumnya hunian ini tipe ini menggunakan seng/metal sebagai material atapnya. Mana material ini terbukti memiliki pengaruh paling signifikan terhadap kenaikan suhu dalam ruangan akibat paparan radiasi matahari dari pada material atap lain (Amankwaa et al., 2025).

Atap sendiri merupakan bagian dari bangunan yang kerap mendapat paparan radiasi matahari secara langsung dan hal ini dapat mempengaruhi kondisi termal dalam ruangan (He et al., 2025). Meningkatnya perluasan area terbangun diperkotaan karena peningkatan populasi menyebabkan luas permukaan atap di area perkotaan ikut meningkat (Yang et al., 2025). Untuk mengurangi efek UHI atap memiliki peran yang penting karena 20-30% dari permukaan perkotaan merupakan atap bangunan (Dong et al., 2025). Oleh sebab itu, penting untuk mengeksplorasi perilaku termal atap dan menemukan solusi adaptif untuk mengurangi ketidaknyamanan serta konsumsi energi yang tinggi.

Salah satu metode yang dapat diterapkan yaitu pendinginan pasif. Pendinginan pasif (*passive cooling*) adalah salah satu pendekatan dalam mendesain bangunan dengan tujuan mengurangi kebutuhan energi melalui pemanfaatan potensi alami untuk pendinginan (Amirifard et al., 2019). Pendinginan pasif merupakan strategi desain yang dapat menciptakan kenyamanan termal tanpa sistem pendinginan aktif dan strategi ini sangat relevan khususnya di wilayah iklim tropis lembab seperti Indonesia. Salah satu strategi utama dalam pendekatan desain ini adalah metode pendinginan radiatif pasif.

Metode pendinginan radiatif pasif (*passive radiative cooling* (PRC)) merupakan salah satu strategi pendinginan pasif yang dapat secara efisien memantulkan sinar matahari ($0.3\text{--}2.5\ \mu\text{m}$) dan memancarkan radiasi panas keluar luar angkasa melalui jendela transparan atmosfer ($8\text{--}13\ \mu\text{m}$) (Liu et al., 2023). Metode ini dapat memberikan peluang besar dalam upaya pengurangan konsumsi energi untuk berbagai aplikasi pendinginan dikarenakan proses metode ini secara bersamaan dan tanpa input listrik (Kou et al., 2017). *Cool roof coating* merupakan strategi dari pendinginan radiatif pasif yang dapat diterapkan dengan mudah dan memiliki potensi untuk membantu mengurangi efek UHI dikarenakan tingginya presentase luasan atap di daerah perkotaan.

Atap dingin (*cool roof*) secara sistem dapat mengurangi panas dalam ruangan dengan nilai albedo tinggi sehingga dapat memantulkan radiasi matahari lebih banyak. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC)

merekomendasikan material berlabedo tinggi seperti atap dingin untuk selubung bangunan agar dapat membantu mengurangi perubahan iklim (Citraningrum et al., 2024). Dalam kasus ini, negara Indonesia yang berada di iklim tropis lembab memiliki tantangan tersendiri karena tingkat kelembaban yang tinggi.

Beberapa penelitian di Indonesia telah menguji efektivitas *cool roof coating* pada atap metal. Citraningrum et al. (2024) melaporkan bahwa penerapan *cool roof coating paint* pada atap logam di Malang berhasil menurunkan suhu permukaan atas atap hingga 6,6°C dan suhu permukaan bawah atap hingga 6,3°C. penelitian lain di Gorontalo, Indonesia, menunjukkan bahwa penerapan *cool roof coating BeCool* pada atap metal berhasil menurunkan suhu permukaan atap hingga sekitar 20°C dan meningkatkan suhu udara di dekat permukaan rata-rata sebesar 0,8°C (Djafar et al., 2024).

Penelitian yang membandingkan *cool roof coating* berbasis akrilik air dan menemukan bahwa ketebalan lapisan kering merupakan faktor penting yang mempengaruhi reflektansi (Cheng et al., 2014). Fenomena ini menunjukkan bahwa ketebalan *coating* memiliki pengaruh terhadap kinerja termal, namun belum banyak dikaji secara sistematis untuk kondisi iklim Indonesia. Namun, penelitian tersebut hanya menguji satu material *coating* tanpa membandingkan dengan material *coating* lain. Sementara itu, penelitian tentang *coating* reflektif di iklim tropis lainnya menunjukkan bahwa aplikasi dua material dapat meningkatkan reflektansi solar hingga 92,9% dibandingkan dengan satu material yang hanya mencapai 84% (Feng et al., 2025).

Perlu eksplorasi secara sistematis bagaimana ketebalan aplikasi *cool roof coating* dapat mempengaruhi efektivitas pendinginan radiatif pasif, karena diperkirakan penambahan lapisan dapat meningkatkan reflektansi solar namun juga berpotensi mengalami fenomena *diminishing return* yang tidak sebanding dengan tambahan biaya material dan tenaga kerja (Cheng et al., 2014). Fenomena tersebut menjadi landasan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas *cool roof coating* dalam menurunkan suhu permukaan atap dan langit-langit pada rumah tipe 36 di iklim tropis lembab Indonesia. Serta pengurangan beban pendinginan yang dapat

dicapai melalui simulasi menggunakan program *DesignBuilder*. Serta mencari tahu bagaimana pengaruh karakteristik material *coating* yang lebih baik dapat memberikan peningkatan performa yang lebih signifikan dibandingkan sekedar menambah jumlah ketebalan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini berangkat dari kebutuhan untuk mengetahui seberapa besar penurunan suhu permukaan atap galvalum dan langit-langit yang dihasilkan oleh pengaplikasian *cool roof coating* pada rumah tipe 36 di perkotaan dan seberapa besar pengurangan beban pendinginan yang dapat dicapai serta melihat sejauh mana variasi ketebalan 200 μm , 400 μm , 600 μm , 800 μm memberikan peningkatan kinerja yang signifikan, atau justru mengalami fenomena *diminishing return*. Lebih lanjut, penelitian ini juga mengevaluasi seberapa besar peningkatan performa yang dapat dicapai dengan pergantian karakteristik material dibandingkan sekedar menambah jumlah ketebalan.

1.3 Tujuan Penelitian

Setelah meninjau landasan yang telah disediakan, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis efektivitas *cool roof coating* dalam menurunkan suhu dan beban pendinginan pada rumah tipe 36 di perkotaan dan untuk mengetahui sejauh mana variasi ketebalan 200 μm , 400 μm , 600 μm , 800 μm memberikan peningkatan kinerja yang signifikan, atau justru mengalami fenomena *diminishing return*. Lebih lanjut, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui seberapa besar peningkatan performa yang dapat dicapai dengan mengganti karakteristik material dibandingkan sekedar menambah jumlah ketebalan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat teoritis: Memperkaya keilmuan dibidang fisika bangunan tropis, khususnya dalam keilmuan yang berkaitan dengan strategi pendinginan pasif rumah tinggal melalui optimalisasi *cool roof coating*. Penelitian ini memberi kontribusi data kuantitatif tentang perbandingan efektivitas ketebalan *cool roof coating* dan peningkatan kinerja dengan mengganti material yang masih jarang dikaji di Indonesia.
2. Manfaat praktis: Memberikan rekomendasi jumlah ketebalan *coating* yang paling efektif dan efisien bagi arsitek, kontraktor, dan pengembang perumahan dalam menerapkan *cool roof coating* pada rumah tipe 36 di Indonesia.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan pada penelitian ini hanya meliputi ruang lingkup strategi pendinginan radiatif pasif yang menggunakan *cool roof coating* sebagai objek utama kajian. Beberapa batasan yang ditetapkan sebagai berikut:

1. Objek studi adalah rumah tinggal tipe 36 dengan ukuran $6\text{ m} \times 6\text{ m}$ (luas bangunan 36 m^2 dengan material atap galvalum yang dilapisi *cool roof coating* dengan spesifikasi reflektansi surya 84%, dinding dengan material bata dan plester serta orientasi utara-selatan.
2. Penelitian ini melakukan simulasi dengan *DesignBuilder*, bukan eksperimen lapangan.
3. Lokasi *baseline* Lhokseumawe (menggunakan *weather file* EPW) dipilih sebagai representasi iklim tropis lembab di Indonesia sekaligus memungkinkan validasi dengan data lapangan dari penelitian sejenis di lokasi yang sama (Atthaillah et al., 2025).
4. Pembanding utama atap eksisting tanpa *cool roof coating* (*baseline*) dengan atap yang diaplikasikan *cool roof coating* dengan ketebalan 200 μm , 400 μm , 600 μm , 800 μm . Serta mengganti material *coating* menjadi material dengan

karakteristik optic yang lebih baik. Penelitian ini tidak membandingkan dengan strategi pendinginan pasif lainnya seperti insulasi atap, *green roof*, *radiant barrier*, atau ventilasi silang. Fokus penelitian ini hanya pada efektivitas *cool roof coating* pada berbagai ketebalan terhadap kondisi *baseline*.

5. Parameter yang dianalisis dibatasi pada tiga variabel utama:
 - Suhu permukaan atap luar (*Ext Surface Temp*)
 - Suhu permukaan langit-langit (*Inside Surface Temp*)
 - Total *cooling load* (kWh/tahun)
6. Model bangunan di sederhanakan menjadi 1 zona termal dengan asumsi distribusi suhu merata diseluruh ruangan. Atap diasumsikan datar untuk menghilangkan variabel tambahan berupa sudut kemiringan atap terhadap matahari. Tidak ada bayangan dari bangunan sekitar yang mempengaruhi paparan radiasi matahari, dan tidak ada ventilasi alami atau infiltrasi yang signifikan karena bangunan diasumsikan tertutup dengan sistem pendinginan aktif (*always on*).

1.6 Skematika Penulisan

Berikut sistematika pembahasan dalam penyusunan penelitian dengan urutan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Merupakan gambaran mengenai penelitian yang dilakukan antara lain, latar belakang permasalahan, rumusan masalah yang memunculkan pertanyaan penelitian, maksud dan tujuan, manfaat penelitian serta sistematika pembahasan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang tinjauan teori pendinginan radiatif pasif serta landasan teori dan mengemukakan hipotesis penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab selanjutnya membahas mengenai kerangka penelitian yang didasarkan ditinjauan Pustaka mulai dari landasan dasar penelitian, objek wilayah penelitian,

metode pendekatan penelitian, variable penelitian dan strategi atau langkah langkah penelitian.

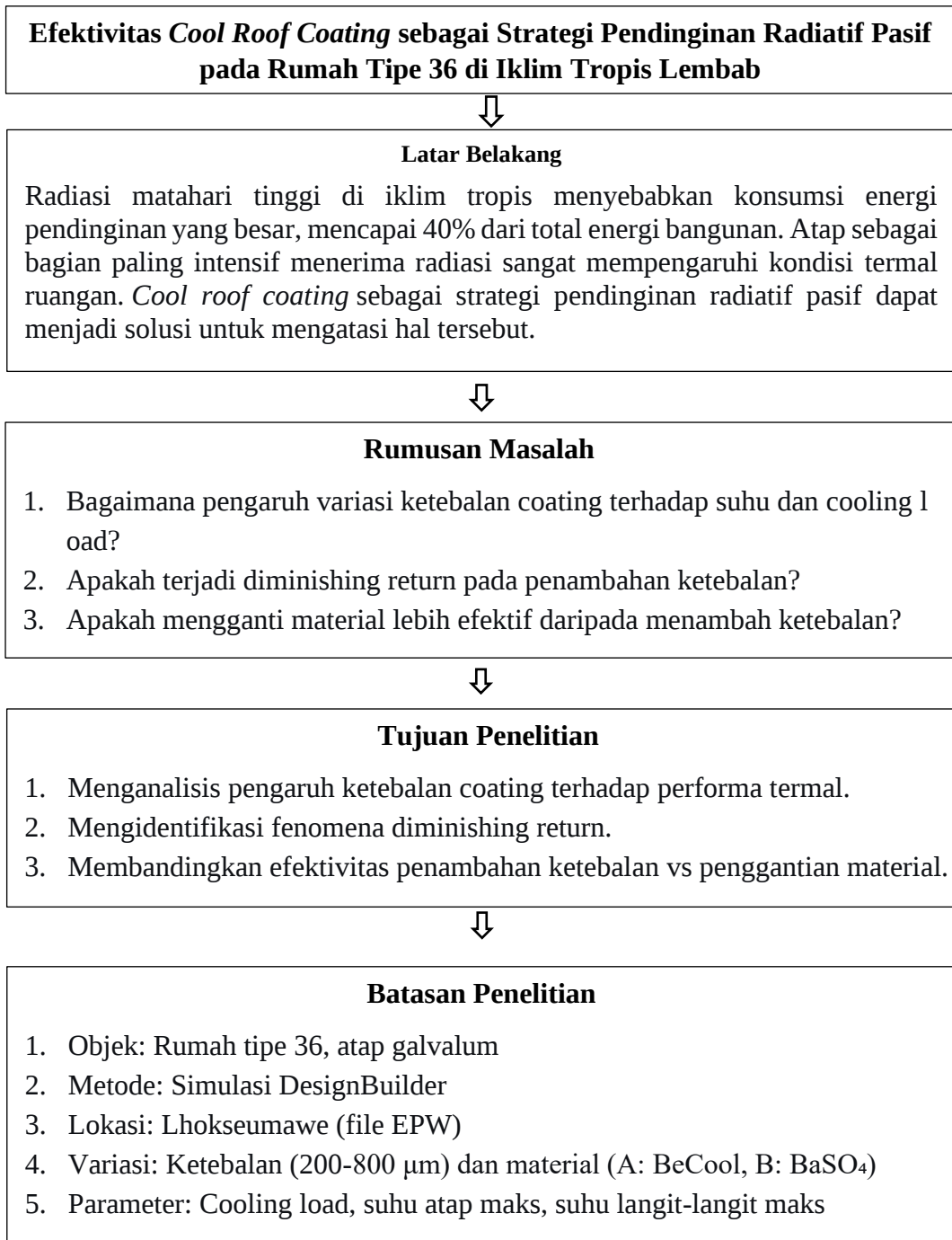
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Memberikan rangkuman mengenai hasil yang didapat dari pengamatan, pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis data yang dilakukan selama penelitian berlangsung.

BAB V PENUTUP

Menjelaskan kesimpulan dari hasil analisis penelitian pada bab IV dan juga saran untuk penelitian selanjutnya.

1.7 Kerangka Berfikir



Gambar 1.1 Kerangka berpikir (Penulis, 2026)