

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMEN KINERJA TERMAL DINDING
KOMPOSIT SEBAGAI UPAYA EFISIENSI ENERGI
PADA PROTOTIPE BANGUNAN TROPIS**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I NYOMAN NOVA SUARDANA
NIM. 2115234026

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja termal dinding komposit sebagai upaya meningkatkan efisiensi energi pada bangunan tropis. Latar belakang penelitian ini didasarkan pada tingginya intensitas cahaya matahari di daerah tropis seperti Indonesia, yang menyebabkan peningkatan temperatur dalam ruangan dan kebutuhan energi pendinginan yang signifikan. Eksperimen dilakukan dengan membandingkan dua jenis dinding prototipe berukuran 50×50×40 cm: tipe A menggunakan bata merah tunggal, sementara tipe B menggunakan struktur komposit yang terdiri atas bata merah, celah udara, kayu, dan spandek. Proses pengujian dilakukan dengan pemantauan temperatur menggunakan termokopel selama 245 menit.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dinding komposit memiliki kemampuan isolasi termal yang jauh lebih baik dibandingkan dengan dinding bata tunggal. Laju perpindahan panas pada dinding bata merah tercatat sebesar 7,915 watt, sedangkan pada dinding komposit hanya sebesar 1,256 watt. Efisiensi termal dinding komposit mencapai 84,13% , yang menandakan bahwa struktur berlapis tersebut mampu menghambat aliran panas hampir 85% lebih baik. Dengan demikian, penggunaan material komposit pada bangunan tropis terbukti mampu meningkatkan kenyamanan termal sekaligus mengurangi kebutuhan energi untuk pendinginan. Temuan ini menunjukkan potensi besar dinding komposit sebagai solusi bangunan hemat energi di iklim tropis.

Kata Kunci: efisiensi energi, perpindahan panas, dinding komposit, bangunan tropis, tahanan termal, konduktivitas termal

EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PERFORMANCE OF COMPOSITE WALLS AS AN ENERGY EFFICIENCY EFFORT IN A TROPICAL BUILDING PROTOTYPE

ABSTRACT

This study aims to evaluate the thermal performance of composite walls as an effort to improve energy efficiency in tropical buildings. The background of this research is based on the high intensity of sunlight in tropical regions such as Indonesia, which leads to increased indoor temperatures and a significant demand for cooling energy. The experiment was conducted by comparing two types of prototype walls with dimensions of 50×50×40 cm: Type A utilized single-layer red bricks, while Type B employed a composite structure consisting of red bricks, an air gap, wood, and spandek. The testing process involved temperature monitoring using thermocouples over a duration of 245 minutes.

The test results show that the composite wall has significantly better thermal insulation capabilities compared to the single-layer brick wall. The heat transfer rate for the red brick wall was recorded at 7,915 watt, while the composite wall was only 1,256 watt. The thermal efficiency of the composite wall reached 84,13% , indicating that the layered structure can reduce heat transfer by nearly 85%. Therefore, the use of composite materials in tropical buildings is proven to enhance thermal comfort while reducing the energy required for cooling. These findings demonstrate the great potential of composite walls as an energy-efficient solution for tropical architecture.

Keywords: *energy efficiency, heat transfer, composite wall, tropical buildings, thermal resistance, thermal conductivity*

DAFTAR ISI

halaman Judul.....	ii
Pengesahan Oleh Pembimbing.....	iii
Persetujuan Dosen Penguji.....	iv
Pernyataan Bebas Plagiat	v
Ucapan Terima Kasih.....	vi
Abstrak	viii
<i>Abstract</i>	ix
Kata Pengantar	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Lampiran.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan umum.....	3
1.4.2 Tujuan khusus	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Manfaat bagi penulis	4
1.5.2 Manfaat bagi politeknik negeri bali	4
1.5.3 Manfaat bagi masyarakat.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Perpindahan Panas	6
2.1.1 Konduksi.....	7
2.1.2 Konveksi	9
2.1.3 Radiasi	11

2.2 Nilai Tahanan Termal	12
2.3 Konduktivitas Termal.....	13
2.4 Material Komposit	14
2.5 Efisiensi Termal pada Bangunan Tropis.....	16
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Jenis Penelitian.....	18
3.2 Alur Penelitian.....	21
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	22
3.3.1 Lokasi penelitian.....	22
3.3.2 Waktu penelitian	22
3.4 Penentuan Sumber Data	22
3.5 Sumber Daya Penelitian.....	23
3.6 Instrumen Penelitian.....	23
3.7 Prosedur Penelitian.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Deskripsi Data Hasil Penelitian	25
4.1.1 Hasil pengujian dinding bata	26
4.1.2 Hasil pengujian dinding komposit.....	29
4.1.3 Perbandingan temperatur dinding bata dengan dinding komposit	31
4.2 Analisis Perhitungan / Pengolahan data	33
4.2.1 Perhitungan laju perpindahan panas dinding bata merah (Box A)	34
4.2.2 Perhitungan dinding komposit (Box B).....	34
4.2.3 Efisiensi termal dinding komposit.....	35
BAB V PENUTUP	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Konduktivitas termal berbagai bahan.....	13
Tabel 3. 1	Waktu penelitian.....	22
Tabel 3. 2	Data pengujian.....	23
Tabel 4. 1	Temperatur dengan dinding bata.....	26
Tabel 4. 2	Temperatur dengan dinding komposit.....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Laju Perpindahan panas melalui satu dinding.....	7
Gambar 2. 2	Perpindahan panas konduksi pada dinding	8
Gambar 2. 3	Analogi perpindahan panas dalam alira listrik	9
Gambar 2. 4	Perpindahan panas konveksi suatu peralatan	10
Gambar 2. 5	Pergerakan perpindahan panas secara radiasi	11
Gambar 3. 1	Detail box dengan dinding komposit.....	18
Gambar 3. 2	Detail dengan dinding bata.....	19
Gambar 3. 3	Gambar box dengan dinding komposit dan dengan dinding bata.	20
Gambar 3. 4	Alur penelitian	21
Gambar 4. 1	Grafik temperatur dinding bata.....	27
Gambar 4. 2	Grafik temperatur dinding komposit	30
Gambar 4. 3	Grafik perbandingan temperatur bata dengan dinding komposit	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Dokumentasi proses pembuatan alat uji.....	39
Lampiran 2 : Dokumentasi pengambilan data	43
Lampiran 3 : Gambar detail alat uji	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang menerima paparan sinar matahari tinggi sepanjang tahun. Suhu udara tahunan rata-rata berkisar antara 26–27°C, dengan suhu maksimum harian dapat mencapai 34°C dengan kelembaban relatif yang tinggi, yakni antara 70–90% (Sabarinah, 2006), turut memperparah kondisi termal dalam ruangan. Kondisi ini menimbulkan tantangan terhadap kenyamanan termal bangunan, yang pada akhirnya berdampak pada meningkatnya konsumsi energi untuk sistem pendingin buatan seperti pendingin udara.

Salah satu pendekatan dalam mengurangi beban termal pada bangunan adalah melalui pemilihan material dinding yang memiliki karakteristik isolasi termal yang baik. Pemanfaatan material dengan tahanan termal tinggi dapat mengurangi laju aliran panas dari luar ke dalam ruangan, sehingga membantu menjaga kestabilan suhu interior. Penggunaan material seperti bata merah, kayu, spandek, dan celah udara diketahui memiliki sifat termal yang berbeda, dan jika dikombinasikan secara tepat dalam bentuk dinding komposit, dapat meningkatkan efisiensi termal bangunan (Nasution et al., 2024).

Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kombinasi material tertentu dapat menghasilkan kinerja termal yang lebih baik daripada penggunaan satu jenis material saja. Misalnya, Gagliano dan Asdrubali et al. (2015) menegaskan bahwa penggunaan material berlapis dengan fungsi massa termal dan isolasi yang saling melengkapi mampu mengurangi kebutuhan energi pendinginan. Dalam hal ini, bata merah berfungsi sebagai penyerap panas, kayu sebagai isolator alami, dan celah udara sebagai penghambat tambahan aliran panas secara konduksi.

Namun, masih diperlukan penelitian eksperimental untuk mengetahui secara langsung seberapa besar pengaruh kombinasi material tersebut terhadap temperatur dalam ruangan serta karakteristik perpindahan panas (konduksi). Dengan membandingkan kinerja termal dinding tunggal seperti bata merah dengan dinding

komposit (bata merah + spandek + celah udara + kayu), diharapkan dapat diketahui efektivitas komposit dalam menghambat perpindahan panas serta efisiensi termalnya. Studi ini juga menggunakan pendekatan eksperimental dengan miniatur box sebagai media pengujian, serta es gel pack sebagai sumber pendingin, guna mensimulasikan kondisi nyata dan mengamati perilaku termal dari masing-masing jenis dinding secara lebih akurat.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh data yang berguna sebagai dasar dalam merekomendasikan desain dinding bangunan yang efisien dan ramah lingkungan, khususnya pada bangunan di wilayah tropis seperti Indonesia. Penelitian ini juga mendukung upaya pengurangan konsumsi energi dan penerapan prinsip bangunan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perbandingan temperatur antara box dinding bata merah saja dibandingkan dengan dinding komposit
2. Bagaimana karakteristik perpindahan panas (konduksi) pada dinding bata merah saja dibandingkan dengan dinding komposit serta efisiensi termal dinding komposit ?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan dapat diselesaikan secara efektif, maka batasan-batasan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek Penelitian terbatas pada dua jenis struktur dinding prototipe berukuran $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$, yaitu:
 - a. Tipe A: Dinding tunggal yang terbuat dari bata merah.
 - b. Tipe B: Dinding komposit yang terdiri dari lapisan bata merah, spandek (galvanis), celah udara, dan lapisan kayu.
2. Fokus Kajian difokuskan pada mekanisme perpindahan panas secara konduksi, karena panas mengalir melalui lapisan padat dari dinding. Proses konveksi dan radiasi tidak dianalisis.

3. Media Pendingin yang digunakan dalam pengujian adalah es gel pack sebanyak 7 buah, masing-masing seberat 210 gram didinginkan hingga suhu -22°C , diletakkan di dalam box sebagai simulasi pendinginan ruangan.
4. Lingkup Pengamatan hanya mencakup perubahan temperatur dalam dan luar dinding selama periode uji eksperimental selama 245 menit (4 jam 5 menit), dengan pencatatan data temperatur setiap 5 menit menggunakan sensor termokopel dan data logger.
5. Lingkungan Uji dilakukan dalam kondisi terbuka di siang hari dengan asumsi suhu udara luar konstan, tanpa mempertimbangkan variabel lain seperti kelembaban udara, angin, atau paparan radiasi matahari langsung.
6. Parameter yang Diamati terbatas pada:
 - a. Temperatur udara dalam ruangan (T1)
 - b. Temperatur permukaan dalam dinding (T2)
 - c. Temperatur udara luar (T3)
 - d. Temperatur permukaan luar dinding (T4)
7. Kajian kelayakan dampak ekonomi tidak dibahas

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yang diangkat untuk menjawab rumusan masalah dibagi menjadi tujuan umum dan tujuan khusus adalah antara lain :

1.4.1 Tujuan umum

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mencapai beberapa hal berikut:

- a. Mengaplikasikan pengetahuan yang diperoleh selama perkuliahan di bidang Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali ke dalam praktik nyata.
- b. Memperdalam pemahaman ilmu yang telah dipelajari selama masa studi dan menerapkannya dalam penyusunan proposal penelitian skripsi.
- c. Memenuhi syarat akademik yang diperlukan untuk menyelesaikan pendidikan pada jenjang Sarjana Terapan di program studi Teknologi Rekayasa Utilitas Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan khusus

- a. Menganalisis perbedaan temperatur dalam ruang antara dinding bata merah dan dinding komposit pada kondisi paparan suhu lingkungan tropis dengan simulasi pendinginan menggunakan es gel pack.
- b. Mengevaluasi karakteristik perpindahan panas (konduksi) yang terjadi pada kedua jenis dinding (bata merah dan komposit).
- c. Memberikan rekomendasi penggunaan material komposit untuk meningkatkan kenyamanan termal dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat bagi penulis

Melalui penelitian ini, penulis dapat mengaplikasikan teori-teori yang telah dipelajari selama perkuliahan ke dalam praktik nyata. Selain itu, penelitian ini juga memperkaya wawasan penulis mengenai permasalahan yang diteliti, sehingga meningkatkan pemahaman yang lebih komprehensif.

1.5.2 Manfaat bagi politeknik negeri bali

Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang Teknik Mesin, khususnya di lingkungan Politeknik Negeri Bali. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai rujukan dalam upaya meningkatkan kualitas pendidikan dan penelitian di masa mendatang.

1.5.3 Manfaat bagi masyarakat

Penelitian mengenai tahanan termal material komposit, khususnya kombinasi bata air layer dan kayu, memiliki sejumlah manfaat yang signifikan, baik bagi masyarakat secara luas.

Dengan tantangan iklim yang semakin kompleks dan kebutuhan akan bangunan berkelanjutan yang semakin meningkat, penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi inovatif untuk meningkatkan kenyamanan termal dan efisiensi energi pada bangunan di Indonesia

Berikut adalah beberapa manfaat utama yang dapat diperoleh dari penelitian ini:

- a. Nilai tahanan termal yang lebih tinggi pada material komposit dibandingkan material konvensional.
- b. Temperatur ruangan yang lebih stabil dengan kebutuhan pendinginan yang lebih rendah.
- c. Rekomendasi material dinding komposit yang optimal untuk rumah tinggal

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian eksperimental terhadap kinerja termal dinding komposit dibandingkan dengan dinding bata merah konvensional pada prototipe bangunan tropis, maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Perbandingan temperatur

Dinding komposit menunjukkan performa termal yang lebih unggul dibandingkan dinding bata merah tunggal. Selama periode pengamatan 245 menit atau 4 jam 5 menit pengujian (peluruhan temperatur es gel pack dalam ruang uji), temperatur udara dalam ruangan pada dinding komposit (T1) tercatat lebih rendah dan stabil dibandingkan dinding bata. Hal ini menunjukkan bahwa dinding komposit mampu menahan aliran panas dari luar lebih efektif.

2. Karakteristik perpindahan panas serta efisiensi termal dinding komposit

Dari hasil perhitungan laju perpindahan panas, diketahui bahwa dinding bata merah mentransfer panas sebesar 7,915 watt per sisi, sedangkan dinding komposit hanya sebesar 1,256 watt. Selisih yang signifikan ini mengindikasikan bahwa komposisi material berlapis pada dinding komposit termasuk celah udara sebagai isolator tambahan secara nyata meningkatkan resistansi termal serta efisiensi termal dinding komposit memberikan efisiensi termal sebesar 84,13% , yang berarti dinding ini mampu menghambat laju perpindahan panas hampir 85% lebih baik dibandingkan dinding bata merah. Hal ini berimplikasi positif terhadap pengurangan kebutuhan energi pendinginan dalam bangunan tropis.

Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan material dinding komposit secara signifikan dapat meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan termal, menjadikannya solusi potensial bagi perancangan bangunan berkelanjutan di wilayah beriklim tropis.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan dalam penelitian ini, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan:

1. Bagi Peneliti Selanjutnya

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menguji variasi lain dari material komposit, seperti penambahan insulasi alami atau material reflektif serta memiliki nilai konduktivitas yang rendah. Selain itu, studi dapat diperluas ke bentuk bangunan yang lebih kompleks dan mempertimbangkan pengaruh radiasi matahari secara langsung.

2. Bagi Praktisi dan Perancang Bangunan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan dinding komposit dapat menjadi alternatif strategis dalam desain bangunan tropis yang hemat energi. Oleh karena itu, para arsitek dan insinyur disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan material berlapis dalam konstruksi bangunan rumah tinggal maupun bangunan komersial guna meningkatkan kenyamanan termal tanpa bergantung pada pendingin mekanis.

3. Untuk Pengembangan Ilmu dan Pendidikan

Studi ini dapat menjadi referensi ilmiah dalam bidang rekayasa utilitas dan efisiensi energi bangunan. Institusi pendidikan tinggi diharapkan dapat mengadopsi topik-topik sejenis sebagai bahan ajar yang kontekstual dan aplikatif, terutama dalam menyikapi tantangan pembangunan berkelanjutan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdrubali, F., D'Alessandro, F., & Schiavoni, S. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*, 4, 1–17.
- Budhyowati, M. Y. N., & Pandeiroth, Y. C. S. (2022). Pengaruh Desain Konstruksi Terhadap Nilai Perpindahan Panas Pada Dinding Batu Bata Merah. *Jurnal Arsitektur DASENG*, 11(1), 1–9.
- Davis, J. R. (1992). *ASM materials engineering dictionary*. ASM international.
- Dumanauw, J. F. (1990). *Mengenal kayu*. Kanisius.
- Gagliano, A., Patania, F., Nocera, F., & Signorello, C. (2014). Assessment of the dynamic thermal performance of massive buildings. *Energy and Buildings*, 72, 361–370.
- Holman, J. P., & Jasjfi, E. (1994). Perpindahan Kalor, edisi keenam. *Jakarta: Penerbit Erlangga*.
- 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.
- Sabarinah, S. H. A. (2006). Thermal Comfort and Building Performance of Naturally Ventilated Apartment Building In the Klang Valley. *A Simulation Study Proceedings of the Energy in Building (Sustainable Symbiosis) Seminar*.
- Sirait, D. H. (2010). *Material Komposit*. Penerbit: Erlangga. Jakarta.
- Zahra, R. F., Sari, A. N., Aqila, D. N., Maharani, A., Puspitasari, N. R. N., Lajuardi, A. M., Nuraini, L., & Harijanto, A. (2024). Analisis Standarisasi Laboratorium IPA dalam Mendukung Proses Belajar Pembelajaran di MA Darus Sholah Jember. *Jurnal Fisika Papua*, 3(1), 31–36. <https://doi.org/10.31957/jfp.v3i1.125>