

PERBANDINGAN KACA ISOLASI 2 LAPIS CLEAR IG LOW E HARDCOAT PLANIBEL DAN CLEAR IG LOW E SOFTCOAT OPTITHERM UNTUK BANGUNAN BERDASARKAN COMPREHENSIVE PERFORMANCE DAN THERMAL INSULATED DI PT. ABEBERSA PRATAMA (ABEGLASS)

Dean Anggara Putra¹, Rahmat², Jefri Imron³, Rifo Nurlaksana Restu⁴, Mahendra Natawibawa⁵, Hery Sumardiyanto⁶, Thomas Junaidi⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Program Studi Teknik Industri, Universitas Sains Indonesia Jl.Tol Arteri Cibitung No. 50 Kec. Cikarang Barat Kab. Bekasi

Email : dean.anggara@lecturer.sains.ac.id

Penggunaan kaca Low-Emissivity (Low-E) menjadi salah satu solusi dalam meningkatkan efisiensi energi bangunan karena mampu mengurangi perpindahan panas matahari tanpa mengurangi pencahayaan alami secara signifikan. Penelitian ini bertujuan membandingkan performa kaca Low-E Hardcoat Planibel dan Low-E Softcoat Optitherm menggunakan metode Glass Comprehensive Performance Test dan Glass Thermal Insulated Test. Parameter yang dianalisis meliputi thermal blocking, visible light transmission (VLT), infrared rejection pada panjang gelombang 940 nm dan 1400 nm, serta ultraviolet rejection. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kaca Low-E Softcoat Optitherm memberikan performa termal yang lebih baik dengan thermal blocking sebesar 89%, sedangkan Hardcoat Planibel sebesar 51,5%. Nilai VLT Softcoat mencapai 64,7%, lebih tinggi dibanding Hardcoat sebesar 50,6%. Selain itu, kemampuan penolakan radiasi inframerah Softcoat mencapai 100% pada 1400 nm dan 78,8% pada 940 nm, jauh lebih tinggi dibanding Hardcoat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi Low-E Softcoat lebih efektif dalam mengurangi perpindahan panas sekaligus mempertahankan pencahayaan alami, sehingga lebih sesuai diterapkan pada bangunan hemat energi di daerah beriklim tropis.

Kata Kunci:

Low-E Glass; Hardcoat; Softcoat; Thermal Insulation; Infrared Rejection; Building Energy Efficiency

Abstract

The use of Low-Emissivity (Low-E) glass has emerged as an effective solution for improving building energy efficiency by reducing solar heat transfer while maintaining adequate natural daylight transmission. This study aims to compare the performance of Low-E Hardcoat Planibel and Low-E Softcoat Optitherm glazing systems using the Glass Comprehensive Performance Test and Glass Thermal Insulated Test methods. The evaluated parameters include thermal blocking, visible light transmission (VLT), infrared (IR) rejection at wavelengths of 940 nm and 1400 nm, and ultraviolet (UV) rejection. The experimental results demonstrate that Low-E Softcoat Optitherm exhibits superior thermal performance, achieving a thermal blocking efficiency of 89.0%, compared with 51.5% for Low-E Hardcoat Planibel. In addition, the Softcoat glass provides a higher VLT value of 64.7%, whereas the Hardcoat glass achieves 50.6%. The Softcoat glazing also shows significantly greater infrared rejection, reaching 100% at 1400 nm and 78.8% at 940 nm, substantially outperforming the Hardcoat glazing. These findings indicate that Low-E Softcoat technology is more effective in minimizing solar heat transfer while preserving natural daylight transmission, making it a more suitable glazing solution for energy-efficient buildings in tropical climates..

Keywords: Low-emissivity glass; Hardcoat; Softcoat; thermal insulation; visible light transmission; infrared rejection; energy-efficient buildings..

1. PENDAHULUAN

Bangunan merupakan salah satu sektor dengan konsumsi energi terbesar di dunia, di mana sekitar 30–40% kebutuhan energi digunakan untuk sistem pendingin dan pemanas bangunan. Salah satu penyebab utama tingginya beban pendinginan adalah radiasi matahari yang masuk melalui bukaan kaca (Abdel-Moneim et al., 2022).

Teknologi Low-Emissivity (Low-E) glass dikembangkan untuk mengurangi perpindahan panas melalui radiasi dengan cara memantulkan gelombang inframerah sekaligus tetap mempertahankan transmisi cahaya tampak sehingga mampu meningkatkan efisiensi energi bangunan (Abdel-Moneim et al., 2022).

Berdasarkan metode pelapisannya, kaca Low-E dibedakan menjadi Hardcoat (pyrolytic coating) dan Softcoat (magnetron sputtered coating). Hardcoat memiliki ketahanan mekanik yang lebih baik karena lapisan menyatu dengan permukaan kaca, sedangkan Softcoat memiliki emisivitas lebih rendah sehingga memberikan performa insulasi panas yang lebih tinggi (Arasteh et al., 1988).

Pemilihan jenis Low-E coating menjadi faktor penting dalam menentukan nilai Solar Heat Gain Coefficient (SHGC), Visible Light Transmission (VLT), dan thermal insulation pada sistem glazing bangunan (ASTM International, 2020).

1.1 Kaca Low-Emissivity (Low-E)

Kaca Low-Emissivity (Low-E) merupakan salah satu inovasi pada material selubung bangunan (building envelope) yang dirancang untuk mengurangi perpindahan panas melalui mekanisme radiasi tanpa mengurangi transmisi cahaya tampak secara signifikan (Basher et al., 2023). Prinsip kerja kaca Low-E didasarkan pada pemberian lapisan logam atau oksida logam dengan nilai emisivitas rendah (low emissivity coating) sehingga mampu

memantulkan radiasi inframerah gelombang panjang, namun tetap meneruskan sebagian besar spektrum cahaya tampak. Teknologi ini telah banyak diterapkan pada bangunan hemat energi karena mampu menurunkan beban pendinginan maupun pemanasan ruangan Battista et. Al., 2014). penggunaan kaca Low-E dapat meningkatkan efisiensi energi bangunan melalui penurunan Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) dan U-value, sehingga konsumsi energi sistem HVAC dapat berkurang secara signifikan. Selain meningkatkan performa termal, kaca Low-E juga mampu mempertahankan tingkat pencahayaan alami (daylighting) yang diperlukan untuk kenyamanan visual penghuni bangunan (Biswas, A., et al., 2025).

1.2 Jenis Kaca Low-E: Hardcoat dan Softcoat

Berdasarkan metode pelapisan, kaca Low-E dibedakan menjadi dua jenis, yaitu Hardcoat (Pyrolytic Low-E) dan Softcoat (Magnetron Sputtered Low-E) (International Organization for Standardization ISO 10292:1994, 1994).

Hardcoat diproduksi melalui proses pyrolytic coating ketika kaca masih berada pada temperatur tinggi sehingga lapisan oksida logam menyatu dengan permukaan kaca. Metode ini menghasilkan lapisan yang tahan terhadap goresan dan korosi, namun memiliki nilai emisivitas yang relatif lebih tinggi dibandingkan Softcoat sehingga kemampuan refleksi radiasi inframerah masih terbatas (International Organization for Standardization ISO 9050:2003, 2003).

Sebaliknya, Softcoat dibuat menggunakan teknologi magnetron sputtering vacuum deposition yang menghasilkan lapisan logam multilayer, umumnya berbasis perak (Ag). Struktur multilayer tersebut memberikan emisivitas yang sangat rendah sehingga mampu memantulkan radiasi inframerah secara lebih efektif dibandingkan Hardcoat (Jelle, B. P. Et. Al., 2015).

1.3 Karakteristik Optik dan Termal Kaca

Kinerja kaca arsitektural umumnya dievaluasi berdasarkan karakteristik optik dan karakteristik termal. Parameter optik meliputi Visible Light Transmission (VLT), Visible Reflectance, dan Ultraviolet (UV) Rejection, sedangkan karakteristik termal meliputi Infrared (IR) Rejection, Solar Heat Gain Coefficient (SHGC), U-value, dan Thermal Blocking Lin, (X., Zhang, Y., et. Al., 2021).

Visible Light Transmission (VLT) menunjukkan persentase cahaya tampak yang mampu diteruskan oleh kaca. Nilai VLT yang tinggi memungkinkan pemanfaatan pencahayaan alami sehingga konsumsi energi pencahayaan dapat dikurangi. Di sisi lain, kemampuan menolak radiasi inframerah menjadi indikator utama dalam mengurangi panas matahari yang masuk ke dalam bangunan (National Fenestration Rating Council NFRC 100-2023, 2023).

1.4 Thermal Insulation pada Insulating Glass Unit (IGU)

Insulating Glass Unit (IGU) merupakan sistem kaca berlapis yang terdiri atas dua atau lebih lembar kaca yang dipisahkan oleh rongga udara atau gas inert seperti argon. Kombinasi ruang udara dan lapisan Low-E mampu mengurangi perpindahan panas melalui mekanisme konduksi, konveksi, dan radiasi secara bersamaan (Nur-E-Alam, et. Al., 2024).

(Rubin, M. D., 1995). menjelaskan bahwa performa termal IGU dapat dianalisis menggunakan metode termografi inframerah untuk mengevaluasi distribusi temperatur permukaan kaca serta efektivitas lapisan Low-E dalam menghambat perpindahan panas.

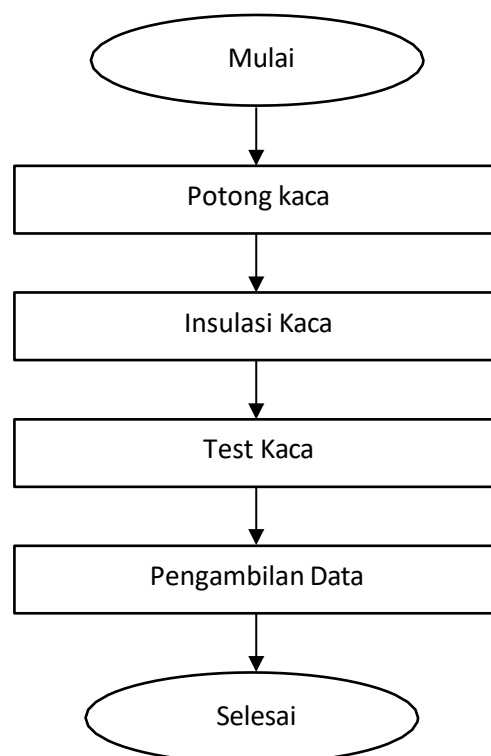
1.5 Comprehensive Performance Test

Comprehensive Performance Test merupakan metode pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi performa optik dan termal kaca secara simultan. Pengujian ini meliputi

pengukuran Visible Light Transmission (VLT), Infrared Rejection, Ultraviolet Rejection, dan Thermal Blocking sebagai parameter utama dalam menentukan kualitas kaca arsitektural. Standar ISO 9050 menetapkan metode pengukuran transmisi cahaya, transmisi energi matahari, transmisi ultraviolet, dan karakteristik solar glazing, sedangkan EN 410 digunakan sebagai acuan dalam menentukan karakteristik optik kaca bangunan.

2. Metode

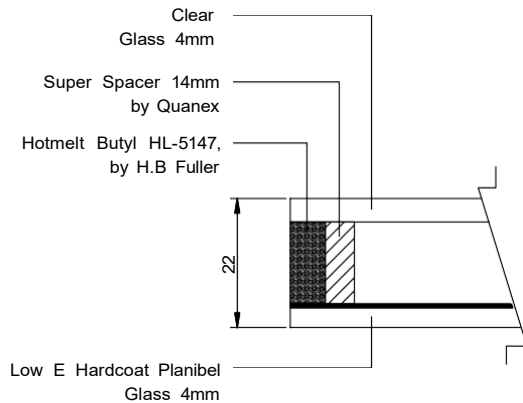
Pengujian dilakukan menggunakan dua instrumen, yaitu Glass Comprehensive Performance Test dan Glass Thermal Insulation Test. Parameter yang diamati meliputi: Visible Light Transmission (VLT), Infrared Rejection (940 nm), Infrared Rejection (1400 nm), UV Rejection, Thermal Blocking. Parameter-parameter tersebut banyak digunakan sebagai indikator performa optik dan termal kaca arsitektural pada penelitian sebelumnya (Sweitzer, G. et. Al., 2019)



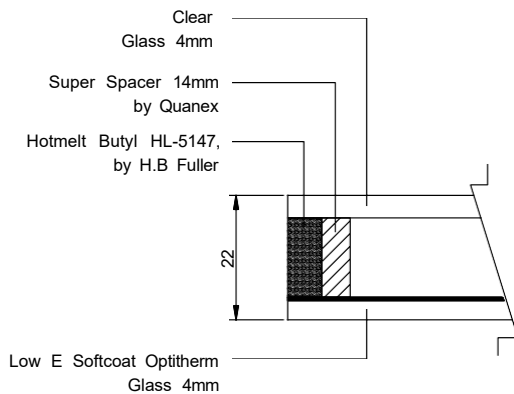
Gambar 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

2.1 Sample Uji

Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan dua spesimen Insulating Glass Unit (IGU).



Gambar 2 . Kaca Low E Hardcoat Planibel



Gambar 3 . Kaca Low E Softcoat Optitherm

2.2 Alat Uji

Pengujian kaca dilakukan menggunakan 2 alat :



Gambar 4 . Glass Comprehensive Performance Test



Gambar 5 . Glass Thermal Insulated Test

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh dari rangkaian penelitian, mulai dari tahapan pemotongan material, insulasi kaca hingga pengujian kaca pada alat uji dilakukan pada dua sampel kaca yang berbeda sebagai berikut :

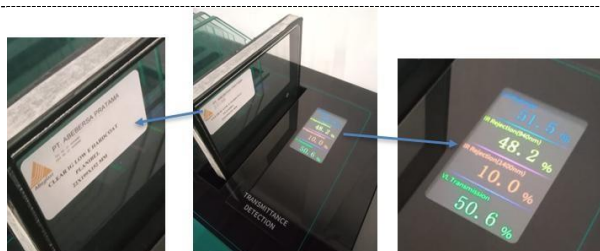
3.1 Comprehensive Performance Test

Tabel 1. Comprehensive Performance Test

No	Parameter	Hardcoat Glass	Softcoat Glass
1	Visible Light Transmission	50.6 %	64.7 %
2	Penurunan Transmisi Cahaya	49.4 %	35.3 %
3	IR Rejection 1400 nm	10 %	100 %
4	IR Rejection 940 nm	48.2 %	78.8 %
5	UV Rejection	51.5 %	55.5 %



Gambar 6 . Alat Uji - Comprehensive Performance Test (Kondisi Tanpa Kaca)



Gambar 7 . Pengujian Kaca Low E Hardcoat Planibel (Comprehensive Performance Test)



Gambar 10 . Pengujian Kaca Low E Hardcoat Planibel (Thermal Insulated Test)



Gambar 8 . Pengujian Kaca Low E Softcoat Optitherm (Comprehensive Performance Test)



Gambar 11 . Pengujian Kaca Low E Softcoat Optitherm (Thermal Insulated Test)

3.2 Thermal Insulated Test

Tabel 2. Thermal Insulated Test

No	Parameter	Hardcoat Glass	Softcoat Glass
1	Thermal Kaca Tidak Terpasang	345 W/m ²	345 W/m ²
2	Thermal Setelah Kaca Terpasang	155 W/m ²	35 W/m ²
3	Thermal Blocking	51.5 %	89.0 %

Softcoat mampu menurunkan intensitas panas hingga 89%, sedangkan Hardcoat hanya 51,5%.



Gambar 9 . Glass Thermal Insulated Test (Kondisi Tanpa Kaca)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi Softcoat memberikan peningkatan performa yang signifikan dibandingkan Hardcoat. Pada pengujian thermal insulation, intensitas panas setelah melewati kaca Softcoat hanya sebesar 35 W/m², sedangkan Hardcoat masih sebesar 155 W/m². Artinya Softcoat mampu mengurangi panas sekitar 77% lebih baik dibandingkan Hardcoat. Pengujian IR Rejection memperlihatkan perbedaan yang sangat mencolok. Pada panjang gelombang 1400 nm, Softcoat mampu memantulkan hampir seluruh radiasi inframerah (100%), sedangkan Hardcoat hanya sekitar 10%.

Kondisi ini menjelaskan mengapa nilai thermal blocking Softcoat jauh lebih tinggi. Selain itu, Softcoat tetap mempertahankan transmisi cahaya tampak sebesar 64,7%, sehingga pencahayaan alami di dalam bangunan tetap optimal meskipun panas matahari berhasil dikurangi. Secara keseluruhan, kombinasi thermal blocking tinggi, infrared rejection tinggi, dan visible light transmission yang baik

menjadikan Softcoat lebih unggul sebagai material glazing untuk bangunan hemat energi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa:

1. Low-E Softcoat Optitherm memiliki kemampuan insulasi panas yang jauh lebih baik dibandingkan Low-E Hardcoat Planibel.
2. Thermal Blocking Softcoat mencapai 89%, sedangkan Hardcoat hanya 51,5%.
3. Visible Light Transmission Softcoat lebih tinggi (64,7%) dibanding Hardcoat (50,6%), sehingga memberikan pencahayaan alami yang lebih baik.
4. Softcoat menunjukkan kemampuan IR Rejection paling tinggi, yaitu 100% pada 1400 nm dan 78,8% pada 940 nm.
5. Berdasarkan seluruh parameter pengujian, Low-E Softcoat Optitherm merupakan pilihan yang lebih efektif untuk aplikasi bangunan hemat energi, khususnya di wilayah beriklim tropis.

5. Saran

1. Pengujian pada kondisi lingkungan nyata. Pengujian sebaiknya dilakukan pada bangunan uji (*test cell*) atau prototipe bangunan dengan mempertimbangkan variasi intensitas radiasi matahari, orientasi bangunan, musim, serta kondisi cuaca sehingga kinerja kaca Low-E dapat dievaluasi pada kondisi operasional yang sebenarnya.
2. Kajian keekonomian. Selain aspek teknis, perlu dilakukan analisis ekonomi yang meliputi biaya investasi, penghematan konsumsi energi listrik, life cycle cost analysis (LCCA), dan payback period sehingga dapat diketahui kelayakan penerapan kaca Low-E Hardcoat maupun

Low-E Softcoat pada bangunan komersial maupun perumahan.

3. Pengembangan variasi konfigurasi Insulating Glass Unit (IGU). Penelitian dapat diperluas dengan membandingkan berbagai konfigurasi IGU, seperti penggunaan gas argon atau krypton sebagai pengisi rongga, variasi ketebalan spacer, serta kombinasi kaca laminasi dan tempered untuk memperoleh konfigurasi yang memberikan performa energi terbaik.

Daftar Pustaka

- Abdel-Moneim, A., & Abdelkader, M. (2022). Using smart materials in smart windows for energy-efficient buildings. *Ain Shams Engineering Journal*. <https://doi.org/10.21608/AUEJ.2022.216822>
- Arasteh, D. K., Selkowitz, S. E., & Rubin, M. D. (1988). Heat transfer through windows. *ASHRAE Transactions*, 94(1), 31–46.
- ASTM International. (2020). ASTM E903-20: Standard test method for solar absorptance, reflectance, and transmittance of materials using integrating spheres. ASTM International.
- Basher, M. K., Nur-E-Alam, M., Rahman, M. M., Alameh, K., & Hinckley, S. (2023). Aesthetically appealing building integrated photovoltaic systems for net-zero energy buildings: Current status, challenges, and future developments—A review. *Buildings*, 13(4), Article 863. <https://doi.org/10.3390/buildings13040863>
- Battista, G., Evangelisti, L., Guattari, C., & de Lieto Vollaro, R. (2014). Buildings energy efficiency: Interventions analysis under a smart cities approach. *Sustainability*, 6(8), 4694–4705. <https://doi.org/10.3390/su6084694>
- Biswas, A., et al. (2025). Carbon doped boron nitride nano-coatings for durable, low emissivity



- glass windows. *Advanced Materials*.
<https://doi.org/10.1002/adma.202507557>
- International Organization for Standardization. (1994). ISO 10292:1994. Glass in building—Calculation of steady-state U-values (thermal transmittance) of multiple glazing. ISO.
- International Organization for Standardization. (2003). ISO 9050:2003. Glass in building—Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors. ISO.
- Jelle, B. P., Edsjö Kalnæs, S., & Gao, T. (2015). Low-emissivity materials for building applications: A state-of-the-art review and future research perspectives. *Energy and Buildings*, 96, 329–356.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.03.024>
- Lin, X., Zhang, Y., & Wang, Z. (2021). Potential building energy savings by passive strategies combining daytime radiative coolers and thermochromic smart windows. *Case Studies in Thermal Engineering*, 28, Article 101517.
<https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101517>
- National Fenestration Rating Council. (2023). NFRC 100-2023: Procedure for determining fenestration product U-factors. National Fenestration Rating Council.
- Nur-E-Alam, M., Vasiliev, M., & Yap, B. K. (2024). Machine learning-enhanced all-photovoltaic blended systems for energy-efficient sustainable buildings. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 62.
<https://doi.org/10.1016/j.seta.2024.103630>
- Rubin, M. D. (1995). Optical properties of windows. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 36(4), 405–419. [https://doi.org/10.1016/0927-0248\(94\)00105-6](https://doi.org/10.1016/0927-0248(94)00105-6)
- Sweitzer, G., Arasteh, D. K., & Selkowitz, S. E. (2019). Effects of Low-E glazing on energy use patterns in nonresidential daylighting buildings. Lawrence Berkeley National Laboratory.