

LDPE Core Material High Temperature Resistance Test Analysis for Aluminum Composite Panels (ACP)

[Analisa Uji Ketahanan Suhu Tinggi Pada Aluminium Composite Panel (ACP) Menggunakan Material Inti LDPE]

Mukhammad Imam Baihaqi¹⁾, Prantasi Harmi Tjahjanti^{1*)}

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: prantasiharmi@umsida.ac.id

Abstract. . Because of its mechanical strength and aesthetic qualities, aluminum composite panel, or ACP, is a material that is frequently employed in high-rise structures. Low Density Polyethylene (LDPE), one of the ACP core components, is susceptible to high temperatures. The goal of this study is to enhance the LDPE-based ACP's resistance to high temperatures and microstructural alterations during high-temperature testing. 5052 aluminum plates and LDPE core materials were used to create ACP samples, which were subsequently tested in a heating furnace in accordance with SNI 01-4449-2006 guidelines. According to test results, LDPE experiences notable microstructural alterations at high temperatures, which affects how well the LDPE core material adheres to aluminum. The final result affirms that LDPE is not advised for use as an ACP core material in locations that are vulnerable to fire or high temperatures.

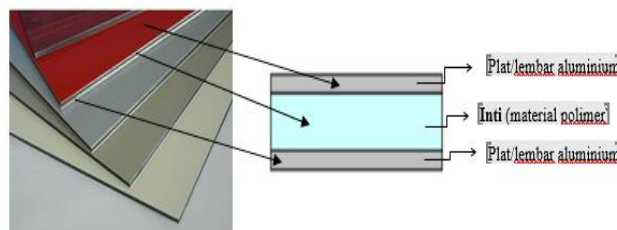
Keywords - Aluminum Composite Panel, LDPE, high resistance temperature, microstructure.

Abstrak. Aluminium Composite Panel (ACP) merupakan material yang banyak digunakan pada bangunan bertingkat karena sifat estetikanya serta kekuatan mekaniknya. Namun, material inti dari ACP seperti Low Density Polyethylene (LDPE) memiliki kerentanan terhadap suhu tinggi. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan suhu tinggi dan perubahan mikrostruktur ACP berbasis LDPE setelah uji suhu tinggi. Sampel ACP difabrikasi menggunakan plat aluminium 5052 dan material inti LDPE, kemudian diuji dalam tungku pemanas sesuai standar SNI 01-4449-2006. Hasil pengujian menunjukkan bahwa LDPE mengalami perubahan mikrostruktur signifikan pada suhu tinggi, yang berdampak pada daya rekat antara material inti LDPE dengan aluminium. Kesimpulan akhir menegaskan bahwa LDPE sebagai material inti ACP tidak direkomendasikan untuk aplikasi di area yang rawan terhadap suhu tinggi atau api.

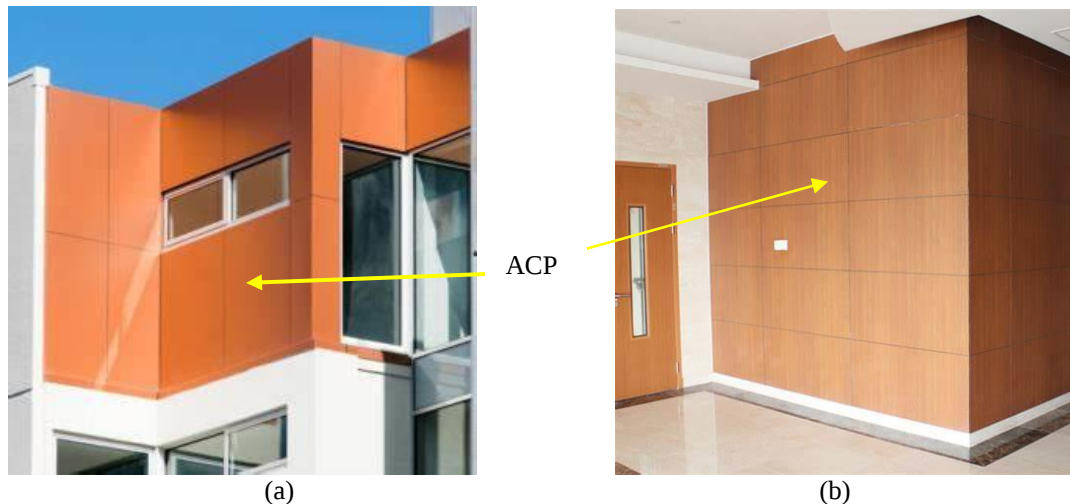
Kata Kunci – Aluminium Composite Panel (ACP), LDPE, ketahanan suhu tinggi, mikrostruktur.

I. PENDAHULUAN

Aluminium Composite Panel (ACP) merupakan material pelapis yang banyak digunakan pada bangunan modern karena tampilannya yang megah dan kemampuannya untuk meningkatkan nilai estetika. ACP tersusun dari lapisan, yaitu lapisan atas dan bawah menggunakan aluminium, lapisan tengah merupakan material inti umumnya menggunakan material polietilen/PE atau poliuretan/PU, dengan ketebalan total sekitar 4 mm (Gambar 1.1). ACP umumnya dipakai pada gedung bertingkat sebagai pelapis dinding, baik interior maupun ekterior [1] (Gambar 1.2a,b).



Gambar 1.1 Skema ACP



Gambar 1.2 Gedung yang menggunakan ACP untuk (a) eksterior dan (b) interior

Pada material *core* dari *polyurethane* salah satu permasalahan yang terjadi adalah kerusakan retak pada *core* materialnya, yang menyebabkan lepasnya *faceplate* dari *core*-nya, karena *polyurethane* relatif getas (*brittle*), sehingga rentan mengalami kerusakan ketika terkena pembebanan lebih atau berulang [2]. Sementara material inti dari *polyethylene* dikenal sebagai bahan termoplastik yang memiliki keterbatasan dalam ketahanan terhadap suhu tinggi sehingga berakibat pada keamanan dan kelayakan penggunaannya pada bangunan. ACP dengan material inti dari *polyethylene*, merupakan bahan yang mudah terbakar dan tidak tahan panas sehingga berpengaruh signifikan terhadap daya bakar dan penyebaran api di luar atau di dalam gedung. Saat ini pemakaian ACP dengan komposisi polietilen lebih dari 30% sudah dilarang penggunaannya sebagai panel *cover* gedung di negara-negara maju di benua Australia, dan Eropa [3]. Dalam beberapa tahun terakhir, karena kekhawatiran yang mengkhawatirkan akan insiden kebakaran signifikan yang disebabkan oleh terbakarnya aluminium komposit seperti kebakaran *Grenfell Tower* dan kebakaran *Dubai Tower*, baru baru ini ditemukan bahwa bahan polimer didalam panel ini termasuk gabus atau *Expanded Polystyrene System* (EPS), PU, dan PE adalah akar penyebab kebakaran [4].

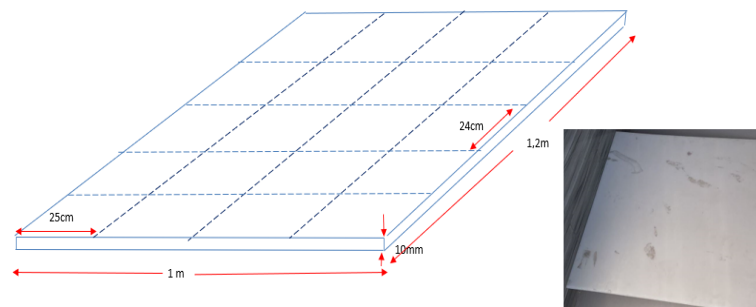
Low Density Poly Ethylene (LDPE) adalah termoplastik yaitu jenis plastik yang bisa diolah lewat pemanasan dan pendinginan. Karakteristiknya berwarna putih mempunyai titik leleh bervariasi antara 110 °C-137 °C, relatif tipis, lentur, jernih, dan ringan sehingga mudah dijadikan beragam material atau produk. LDPE cenderung tidak tahan terhadap perubahan cahaya sehingga mudah berubah warna oleh pengaruh cahaya matahari dan menghasilkan material yang berwarna hitam [5]. Sifat dan karakteristik LDPE ditampilkan pada Tabel 1.1. Dimensi sampel LDPE untuk uji suhu tinggi dengan ukuran panjang 25 cm, lebar 24 cm, dan tebal 10 mm (Gambar 1.3).

Tabel 1.1. Sifat dan karakteristik LDPE [6]

Sifat Fisika dan Mekanik	LDPE Rantai Cabang
Berat jenis (g/cm ³)	0,91-0,94
Titik leleh (°C)	105-115 120
Kekerasan	44-48
Kapasitas panas (kj kg ⁻¹ K ⁻¹)	1,916
Regangan (%)	150-600
Tegangan Tarik (N mm ⁻²)	15,2-78,6
Modulus Elastisitas (N mm ⁻²)	55,1-172
Tegangan impak	>16
Konstanta dielektrik	2,28
Resistivitas (Ohm cm)	6 × 10 ¹⁵

Dalam penelitian ini akan dibuktikan LDPE dipakai untuk material inti pada ACP, dan akan dilakukan pengujian temperatur tinggi. Sehingga tujuan penelitian adalah menggunakan LDPE untuk *core* material ACP untuk di uji apakah tahan terhadap temperatur tinggi.

Beberapa penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa penggunaan ACP dengan inti polietilen sangat berisiko dalam penyebaran api pada gedung tinggi [6], [7]. Selain itu, aspek lingkungan juga menjadi perhatian karena limbah LDPE berkontribusi pada pencemaran plastik global [8].



Gambar 1.3 Material *Low Density Poly Ethylene* (LDPE) dan sampel untuk uji ketahanan suhu tinggi

II. METODE

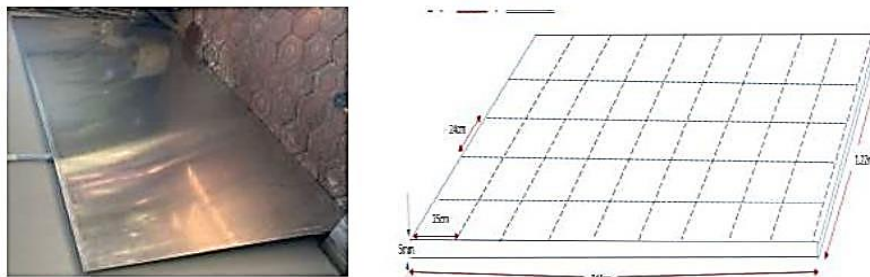
Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, untuk melakukan manufaktur/pembuatan ACP dengan material inti LDPE. Secara ringkas pelaksanaan penelitian ditunjukkan pada Diagram Alir (*Flow Chart*) Gambar 2.1.

1. MATERIAL DAN PERALATAN

Peralatan-peralatan yang dipakai untuk pembuatan ACP antara lain adalah penggaris siku, meteran, spidol hitam, kuas cat, timbangan digital, *thermo gun*, mesin gerinda, dan mesin press.

2. FABRIKASI MATERIAL PANEL

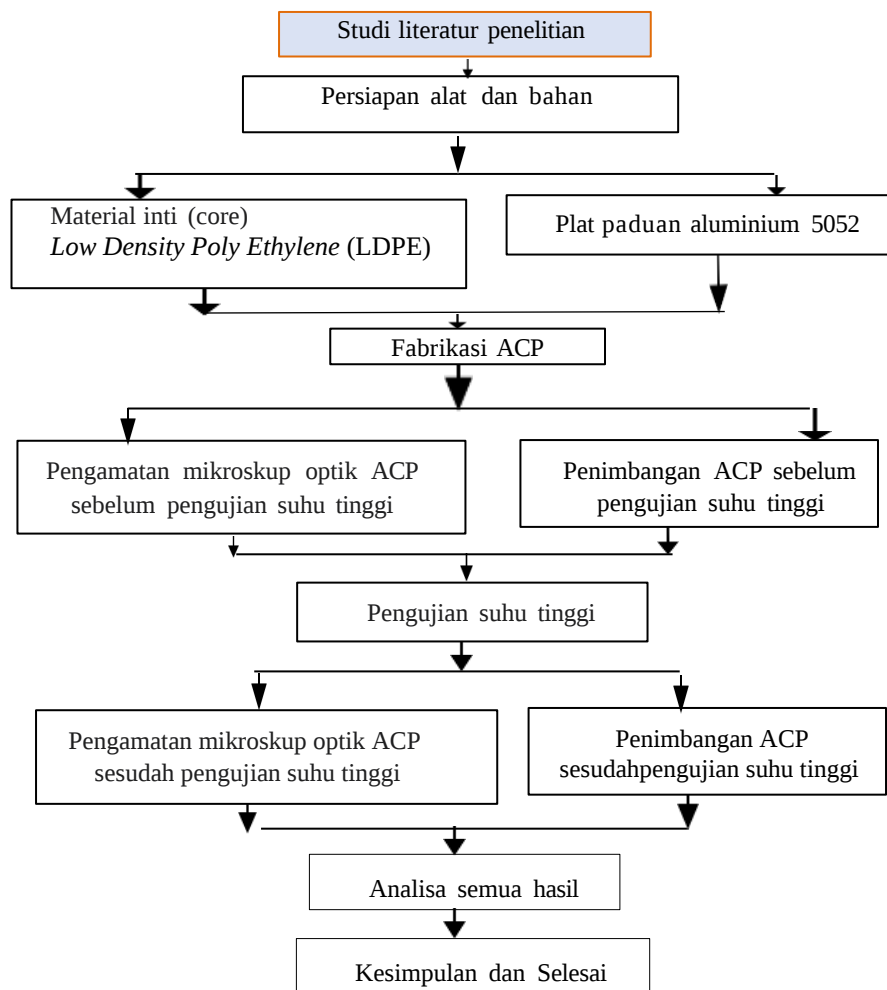
Pekerjaan selanjutnya setelah alat dan bahan tersedia maka dilakukan fabrikasi/manufaktur untuk pembuatan ACP. Dilakukan pengukuran dan pemotongan untuk lembar aluminium 5052 sebagai lapisan luar bagian depan dan belakang ACP (Gambar 2.2) dengan ukuran 25 cm × 24 cm × 5 mm (Gambar 2.3). Fabrikasi pengukuran dan pemotongan material LDPE pada Gambar 2.4 dengan ukuran sama dengan ukuran potongan lembar aluminium 5052. Hasil potongan aluminium 5052 dan LDPE, pada Gambar 2.5



lembar 2.2 Lembar Material Aluminium 5052 dan skema untuk sampel ACP dengan material inti LDPE



Gambar 2.3 Fabrikasi aluminium 5052



Gambar 2.1 Diagram alir pelaksanaan penelitian



Gambar 2.4 Fabrikasi pengukuran dan pemotongan material LDPE



Gambar 2.5 Hasil potongan aluminium 5052 dan LDPE

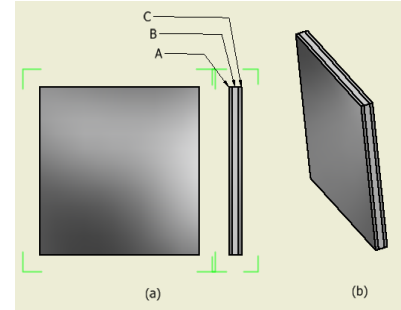
Selanjutnya material aluminium 5052 dan LDPE yang telah dipotong, dilengketkan dengan lem aluminium N 193 (Gambar 2.6 a), dan dilakukan pengepressan agar lengketnya lebih kuat selama 1 jam 45 menit (Gambar 2.6 b). Setelah menjadi ACP benar-benar lengket kemudian dilapisi cairan tahan api. Skema hasil jadinya ditunjukkan pada Gambar 2.6 c (A dan C adalah aluminium dan B material inti LDPE), dan sampel ACP pada Gambar 2.7a,b,c.



(a)

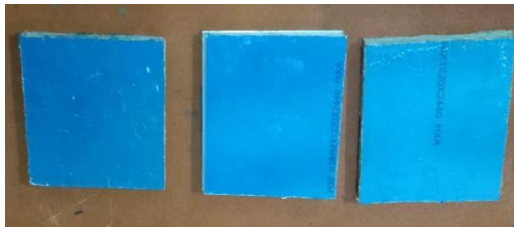


(b)



(c)

Gambar 2.6 (a) Pelengketan ACP
(b) Pengepressan ACP
(c) Skema Material ACP yang telah jadi



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.7 Material ACP dengan material inti adalah LDPE

- (a) ACP dilihat dari atas
(b) ACP dilihat dari samping
(c) ACP yang telah jadi

3. PENIMBANGAN MATERIAL ACP DAN PENGAMATAN MIKROSTRUKTUR SEBELUM PENGUJIAN SUHU TINGGI

Pekerjaan selanjutnya adalah menimbang material ACP dengan material inti LDPE sebelum pengujian suhu tinggi, dengan timbangannya ditunjukkan pada Gambar 2.8. Dilakukan juga pengamatan mikrostruktur/struktur mikro ACP tersebut menggunakan Mikroskop Optik (Gambar 2.9).



Gambar 2.8 Timbangan untuk ACP



Gambar 2.9 Mikroskop Optik

4. PENGUJIAN SUHU TINGGI PADA MATERIAL ACP

Uji suhu tinggi dilakukan dalam *furnace*/tungku (Gambar 2.10) sesuai prosedur SNI 01-4449-2006, kondisi pengujian dengan memvariasikan suhu dengan penahanan (*holding*) waktu. Variasi suhu yang diujikan adalah suhu 300°C, 350°C, dan 400°C dengan *holding time* 1 jam, dengan pendinginan secara *annealing*. Uji suhu tinggi dilakukan di Pendopo UPT Industri Logam Dan Perkayasaan Sidoarjo, Jl. Raya Trosobo No.KM. 20, Tj. Anom, Tangungsari, Kec. Taman, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted..



Gambar 2.10 Furnace/Tungku

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

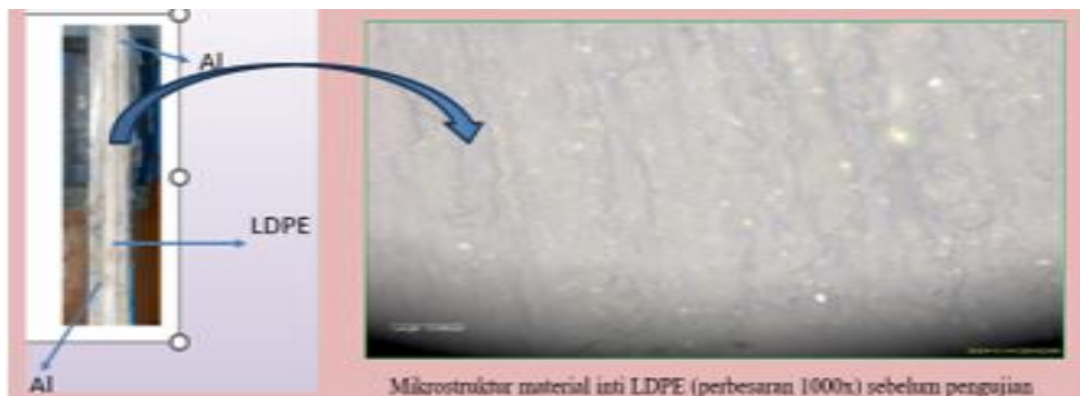
3.1 HASIL

Hasil setelah material ACP dilakukan pengepressan menjadi sangat lengket satu dengan lainnya (lingkaran merah) (Gambar 3.1). Material ACP untuk material inti/core LDPE seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7 (b) (sebelum dilakukan uji ketahanan suhu tinggi).



Gambar 3.1 Material ACP yang telah jadi dengan material inti LDPE

Pengamatan mikrostruktur/struktur mikro menggunakan Mikroskop Optik (MO) perbesaran 1000x, sebelum pengujian ketahanan suhu tinggi pada ACP dengan material inti LDPE ditunjukkan pada Gambar 3.2. Sedangkan saat dilakukan uji suhu tinggi, tampak bahwa material inti LDPE habis leleh dan menguap karena titik leleh LDPE hanya 115°C, sementara uji suhu tinggi hingga 400°C. Jadi yang tertinggal hanya aluminiumnya saja (Gambar 3.3). Titik leleh aluminium sekitar 700°C. Setelah dilakukan pemanasan, sampel diamati menggunakan mikroskop optik (MO). Setelah uji ketahanan suhu tinggi, maka terjadi gelembung udara dan retakan mikro pada permukaan LDPE, serta struktur mikro LDPE menunjukkan penurunan homogenitas, menandakan penurunan kualitas ikatan molekuler akibat suhu tinggi [9].



Gambar 3.2 Mikrostruktur/struktur mikro ACP dengan material inti LDPE menggunakan Mikroskop Optik (MO) perbesaran 1000x



Gambar 3.3 ACP dengan material inti LDPE yang leleh dan menguap habis saat uji suhu tinggi

Massa (berat) ACP dengan material inti LDPE sebelum dan sesudah uji ketahanan api ditampilkan pada Tabel 3.1. Berat/massa sesudah di uji suhu tinggi lebih tinggi dari pada sebelum uji suhu tinggi. Massa ACP dengan material inti LDPE, setelah uji ketahanan panas massanya bertambah kecil dibandingkan sebelum di uji. Kondisi ini terjadi karena material inti LDPE meleleh dan menguap hilang semua, karena uji panas di atas suhu lelehnya. yang tertinggal hanya aluminium (Gambar 3.3). Saat material inti LDPE meleleh maka akan kehilangan kekakuan struktural. Terpisahnya lapisan aluminium dari material inti LDPE akibat penurunan daya rekat setelah LDPE mengalami deformasi termal, juga ditandai adanya delaminasi antara aluminium dan material inti LDPE yang muncul pada batas antar-lapisan tersebut. Terjadi juga bau khas bahan plastik terbakar yang muncul selama proses pengujian suhu tinggi, ini menandakan degradasi termal dari polimer [10], [11].

Tabel 3.1 Berat sampel ACP untuk material inti/core

Sampel ke	Jenis Material Inti/core	Berat (gram) sebelum di uji	Rata-rata (gram)	Berat (gram) setelah di uji	Rata-rata (gram)	Keterangan
LDPE (untuk Uji Suhu Tinggi)			2289		1775,667	Setelah di uji suhu tinggi, LDPE leleh dan menguap semua, yang tertinggal hanya aluminium
1		2251		1756		
2		2314		1686		
3		2302		1885		

Hasil dengan penelitian menggunakan simulasi numerik *software* Ansys 2024 R2, menganalisis pengaruh terhadap ketahanan api pada ACP dengan variasi material inti menggunakan LDPE dengan variasi suhu 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, diperoleh hasil suhu rata-rata material inti LDPE pada suhu 400°C menghasilkan suhu rata-rata 102,86°C [12]. Jadi nampak bahwa LDPE sebagai material inti pada ACP memiliki kelemahan utama yaitu rendahnya ketahanan terhadap suhu tinggi. Sehingga dapat mengakibatkan penyebaran api lebih cepat apabila terjadi kebakaran, struktur panel menjadi rapuh dan tidak lagi berfungsi sebagai pelindung luar bangunan, dan potensi delaminasi dan keruntuhan mekanik pada aplikasi bangunan bertingkat tinggi.

Temuan ini konsisten dengan penelitian [13], yang menyatakan bahwa LDPE mudah terdegradasi secara termal pada suhu menengah. Selain itu, penelitian [14] menekankan bahwa variasi material inti sangat mempengaruhi ketahanan kebakaran ACP, sehingga pemilihan material yang tepat menjadi faktor penting dalam desain bangunan modern.[15]

IV. Simpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Material inti LDPE pada ACP tidak memiliki ketahanan suhu tinggi yang memadai, terbukti dari melelehnya material pada suhu sekitar 110°C–115°C.
2. Pengamatan mikrostruktur setelah pemanasan menunjukkan kerusakan fisik dan retakan yang dapat mengurangi performa mekanik panel secara keseluruhan.

3. Delaminasi antara aluminium dan material inti LDPE menunjukkan menurunnya daya rekat akibat degradasi termal.
4. Penggunaan LDPE sebagai inti ACP berisiko tinggi terhadap bahaya kebakaran dan tidak sesuai untuk bangunan bertingkat yang membutuhkan ketahanan terhadap suhu ekstrem.
5. LDPE sebagai material inti ACP tidak direkomendasikan untuk aplikasi di area yang rawan terhadap suhu tinggi atau api.

REFERENSI

- [1] M. Tanubranta, 2015, *Bahan-Bahan Konstruksi Dalam Konteks Teknik Sipil*. J. Tek. Sipil, 132-154.
- [2] Hiwang Rafika Wingrum, & Intan Pramesti Rochana., 2024, *Perbandingan Penerapan Material Fasad ACP Dan Aluminium Sheet Terhadap Iklim Tropis Pada Bangunan Apartemen Di Surabaya*. Siar-V, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [3] Priyanka Mohaney, Er. Gaurav Soni, 2018, *Aluminium Composite Panel as a Facade Material*, International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) – Volume 55 Number 2-January 2018.
- [4] J. I. Duruaku, P. A. C. Okoye, N. H. Okoye, J. O. Nwadiogbu, V. I. Onwukeme, dan R. U. Arinze, 2023, *An Evaluation of the Physicochemical , Structural and Morphological Properties of Selected Tropical Wood Species for Possible Utilization in the Wood Industry*, J. Sustain. Bioenergy Syst., vol. 13, hal. 131–148, 2023, doi: 10.4236/jsbs.2023.134008.
- [5] Wesli, Mhd. Afrizam Syahputra, Said Jalalul Akbar, Muthmainnah, 2024, *Pemanfaatan Plastik Low Density Polyethylene (LDPE) dan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Parameter Marshall Sebagai Substitusi Sebagian Aspal Pada Lapisan AC-WC*, Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil P-ISSN 2088-0561, Vol 14, No 02, September 2024 E-ISSN 2502-1680.
- [6] A. A. Alhazmi, A. S. Alqahtani, and M. A. Alshahrani, “Fire Safety Assessment of Building Facades with Aluminium Composite Panels,” *Fire Technology*, vol. 59, no. 2, pp. 841–860, 2023, doi: 10.1007/s10694-022-01388-1.
- [7] H. Yang, X. Liu, and Z. Li, “Experimental Study on Fire Performance of ACP with Polyethylene Core,” *Journal of Building Engineering*, vol. 65, p. 105732, 2023, doi: 10.1016/j.job.2023.105732.
- [8] R. C. Gupta, A. Kumar, and S. Singh, “Recycling and Environmental Impact of Polyethylene Waste: A Review,” *Polymer Degradation and Stability*, vol. 210, p. 110326, 2023, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2023.110326.
- [9] Lucky Zaehir Maulana, Agus Yulianto, Sulhadi, 2013, *Aplikasi Low Density Polyethylene (LDPE) Pada Pembuatan Magnet Ferrite Komposit*, Unnes Physics Journal, hal. 13-16, <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj>, ISSN 2252-6978.
- [10]. Pilipenets O, Gunawardena T, Kin Peng Hui F, Nguyen K, Mendis P, Aye L, 2022, *Upcycling opportunities and potential markets for aluminium composite panels with polyethylene core (ACP-PE) cladding materials in Australia*, A review. Constr Build Mater. 2022 Nov;357:129194, doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129194>.
- [11]. Prantasi Harmi Tjahjanti, Mulyadi, Majdi Ervandrie Wicaksono, 2025, *Analysis of PolyTetraFluoroEthylene (PTFE) fire resistance as core material for Aluminium Composite Panel (ACP)*, JEMMME (Journal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing Engineering) Vol. 10, No. 1, 2025, ISSN 2541-6332 | e-ISSN 2548-4281 Journal homepage: <http://ejournal.umm.ac.id/index.php/JEMMME>.
- [12]. Prantasi Harmi Tjahjanti, A'rasy Fahrudin, Mulyadi, Septia Hardy Sujiatanti, Majdi Ervandrie Wicaksono, Ribangun Bambang Jakaria, 2024, *Core Material Manufacturing Study On Aluminum Composite Panel (ACP)*, Journal Of Engineering Sciences (Improsci), Vol 2 No 3 December 2024, e-ISSN 3031-7088, p-ISSN 3032-3452, <https://annpublisher.org/ojs/index.php/improsci/article/view/579>
- [13]. [Majdi Ervandrie Wicaksono](#), [Prantasi Harmi Tjahjanti](#), [Metatia Intan Mauliana](#), [Edi Widodo](#), 2024, *Simulasi Numerik Aluminium Composite Panel (ACP) Dengan Variasi Material Inti*, 2025, [Prosiding Seminar Sosial Politik Bisnis Akuntansi dan Teknik](#) 6, page: :189-196, February 2025, DOI:[10.32897/sobat.2024.6.1.4182](https://doi.org/10.32897/sobat.2024.6.1.4182), <https://www.researchgate.net/publication/389875129>.

- [14] A. Velmurugan and P. Sakthivel, "Thermal Degradation Behavior of Polyethylene Composites," *Materials Today: Proceedings*, vol. 62, pp. 2331–2337, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.03.105.
- [15] Y. Wang, J. Sun, and T. Zhang, "Effect of Core Material on Fire Safety of Aluminium Composite Panels," *Construction and Building Materials*, vol. 348, p. 128701, 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.128701.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.