

Examination of High-Temperature Tests Regarding PolyOxyMethylbenzene(POM) Core Material on Aluminum Composite Panels(ACP)

[Investigasi Uji Suhu Tinggi pada Aluminium Composite Panel(ACP) untuk Material Inti PolyOxyMethylene(POM)]

Naufal Gigih Prahantanuza¹⁾, Prantasi Harmi Tjahjanti²⁾

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

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

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

Abstract. Because it is lightweight, corrosion-resistant, and has outstanding structural strength, aluminum composite panel, or ACP, is a composite material that is frequently used in the industrial and construction sectors. Thermal stability is a crucial consideration for its application, particularly when the material is subjected to high temperatures. The purpose of this study is to examine how the Polyoxymethylene (POM) core material used in ACP melts at temperatures of 300°C, 350°C, and 400°C while being held for an hour. The 5052 aluminum alloy was used as the cover layer, N-193 type aluminum glue was used as the adhesive, and a fire-retardant coating was applied. An optical microscope (MO) was used to make microstructural studies both prior to and following testing. The POM core material stuck to the metal at high temperatures (300, 350, and 400 degrees Celsius), according to the study's findings, making the aluminum heavier. Using MO magnification 1000x, the microstructure of ACP with POM core material was observed. Prior to high temperature testing, it seemed that the POM core material included a lot of carbon (C) elements since POM is made up of hydrogen (H), oxygen (O), and carbon (C). But when tested at high temperatures, just the element C remains after H and O are expelled (due to gas). The C element adheres to the aluminum and spreads more, but it does not melt due to its high melting point of 3,550°C.

Keywords - Aluminum Composite Panel, Polyoxymethylene (POM), high temperature test, microstructure

Abstrak. Aluminium Composite Panel (ACP) merupakan material komposit yang banyak diaplikasikan pada bidang konstruksi maupun industri karena sifatnya yang ringan, tahan korosi, serta memiliki kekuatan struktural yang baik. Salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam penggunaannya adalah stabilitas termal, terutama ketika material dihadapkan pada kondisi suhu tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki perilaku leleh material inti Polyoxymethylene (POM) yang digunakan dalam ACP pada variasi suhu 300°C, 350°C, dan 400°C dengan waktu tahan 1 jam. Fabrikasi ACP dilakukan menggunakan paduan aluminium 5052 sebagai lapisan penutup dan lem aluminium tipe N-193 sebagai perekat, serta dilapisi dengan fire-retardant coating. Dilakukan pengamatan mikrostruktur sebelum dan sesudah pengujian menggunakan mikroskop optik (MO). Hasil penelitian untuk uji suhu tinggi yaitu suhu 300oC, 350oC, dan 400oC material inti POM le n g k e t j a d i s a t u d e n g a n a l u m i n i u m , s e h i n g g a m a s s a n y a m e n j a d i b e r a t . Pengamatan mikrostruktur/strukturmikro ACP dengan material inti POM menggunakan MO perbesaran 1000x, sebelum pengujian suhu tinggi nampak unsur karbon (C) banyak pada material inti POM, karena POM terdiri dari unsur Hidrogen (H), Oksigen (O) dan C. Namun saat diuji suhu tinggi, H dan O terlepas (karena gas), yang tinggal hanya unsur C. Unsur C makin menyebar lebih banyak menempel ke aluminium, namun C tidak meleleh, karena suhu leleh C tinggi mencapai 3.550°C.

Kata Kunci -- Aluminium Composite Panel, Polyoxymethylene (POM), uji suhu tinggi, mikrostruktur

I. PENDAHULUAN

Aluminium Composite Panel (ACP) merupakan inovasi dalam material konstruksi yang menawarkan kombinasi keunggulan seperti ketahanan terhadap korosi, estetika yang menarik, serta sifat mudah dibentuk, dan memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang sangat baik [1], [2], menjadikannya pilihan populer dalam aplikasi teknik dan arsitektur [3]. Kinerja termal ACP menunjukkan bahwa bahan ini memiliki toleransi tinggi terhadap fluktuasi suhu, yang berarti kemampuannya dalam mempertahankan integritas struktural pada kondisi ekstrim dapat diandalkan. Sifat-sifat yang disebutkan tersebut memperkuat posisi ACP sebagai pilihan unggul dalam berbagai aplikasinya [4]. ACP merupakan material komposit yang terdiri dari dua lapisan aluminium dengan material inti (*core material*) berupa polimer (Gambar 1.1). Kombinasi ini menghasilkan material dengan sifat ringan, dan kuat, sehingga banyak digunakan pada bidang konstruksi, otomotif, maupun industri manufaktur [5]. Material inti pada umumnya menggunakan Polyethylene (PE) dan Polyurethane (PU) [6], namun kedua material inti tersebut tidak tahan terhadap suhu tinggi dan api, karena

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.

titik leleh mereka masing-masing adalah untuk LDPE (*Low-Density Polyethylene*) meleleh sekitar 105-115°C dan HDPE (*High-Density Polyethylene*) meleleh di sekitar 120-135°C, sementara untuk PU titik lelehnya adalah 163°C [7].



Gambar 1.1 Aluminium Composite Panel (ACP) [1]

Kekurangan/kelemahan material inti dari PE dan PU tidak tahan terhadap suhu tinggi, merupakan latar belakang dalam tujuan penelitian ini, yaitu mengganti material inti dengan menggunakan *PolyOxyMethylene* (POM), atau yang dikenal juga dengan nama acetal atau polyacetal (Gambar 1.2) yang di uji ketahanan suhu tinggi. Pemilihan material ini karena memiliki titik leleh lebih tinggi sedikit daripada LDPE/HDPE dan PU, yaitu sekitar 165°C. POM merupakan salah satu plastik teknik yang memiliki kekuatan tinggi, ketahanan aus yang baik, serta stabilitas dimensi yang menjadikannya banyak diaplikasikan pada komponen teknik presisi [8].

Keunggulan POM dibandingkan polimer lain adalah sifat mekanisnya yang mirip dengan logam ringan serta kemampuannya mempertahankan kekakuan hingga suhu mendekati titik lelehnya [9], [10]. Namun, dalam konteks ACP, fenomena pelelehan POM pada suhu tinggi menjadi aspek kritis yang perlu diteliti lebih lanjut. Kinerja termal ACP sangat dipengaruhi oleh interaksi antara material inti dan lapisan aluminium. Pada suhu tertentu, inti polimer tidak hanya mengalami pelelehan, tetapi juga dapat menyebabkan delaminasi antar lapisan, perubahan distribusi tegangan, serta penurunan kekuatan struktural secara keseluruhan. Fenomena ini menimbulkan risiko terhadap keandalan ACP dalam aplikasi industri yang beroperasi pada suhu tinggi, misalnya di fasilitas energi, transportasi, maupun manufaktur [11].

Penggunaan material POM dipilih dalam bidang teknik karena memiliki kombinasi sifat mekanik dan fisik yang unggul. Dengan densitas yang relatif tinggi dibandingkan plastik teknik lainnya, POM mampu memberikan kekuatan serta kestabilan dimensi yang baik. Material ini tetap stabil pada suhu kerja menengah, sedangkan konduktivitas termalnya memungkinkan terjadinya pelepasan panas secara merata. Selain itu, POM dikenal memiliki sifat tahan aus, koefisien gesek rendah, serta ketahanan yang baik terhadap berbagai bahan kimia seperti pelarut, oli, dan bahan bakar. Oleh karena itu, POM juga sering diaplikasikan pada komponen mesin seperti *gear*, *bushing*, *bearing*, hingga komponen pompa yang membutuhkan presisi, kekuatan, dan umur pakai yang panjang. POM memiliki beberapa kelebihan yang menjadikannya sesuai untuk digunakan sebagai material teknik, antara lain memiliki kekuatan dan kekakuan yang baik, ketahanan aus yang tinggi, koefisien gesek yang rendah, stabilitas dimensi yang baik, serta ketahanan terhadap berbagai bahan kimia [12]. Di samping kelebihannya, POM juga memiliki beberapa kekurangan. POM memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi yang terbatas dan dapat mengalami degradasi termal ketika mendapatkan pembebanan panas. Degradasi POM dapat diawali dengan pemutusan rantai utama polimer dan menghasilkan produk degradasi seperti formaldehida [13].

Sifat fisik dan mekanik POM ditunjukkan pada Tabel 1.1. Dari tabel 1.1 nampak bahwa material POM ini memiliki potensi yang cukup baik untuk digunakan sebagai material inti dalam pembuatan ACP. Kombinasi sifat seperti densitas yang relatif tinggi, titik lebur yang cukup stabil, konduktivitas termal yang moderat, serta ketahanan terhadap gesekan dan bahan kimia menjadikan POM sesuai untuk aplikasi teknik yang memerlukan presisi, ketahanan aus, dan stabilitas dimensi. Struktur kimia POM pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Material *Polyoxymethylene* (POM) dalam bentuk lembaran

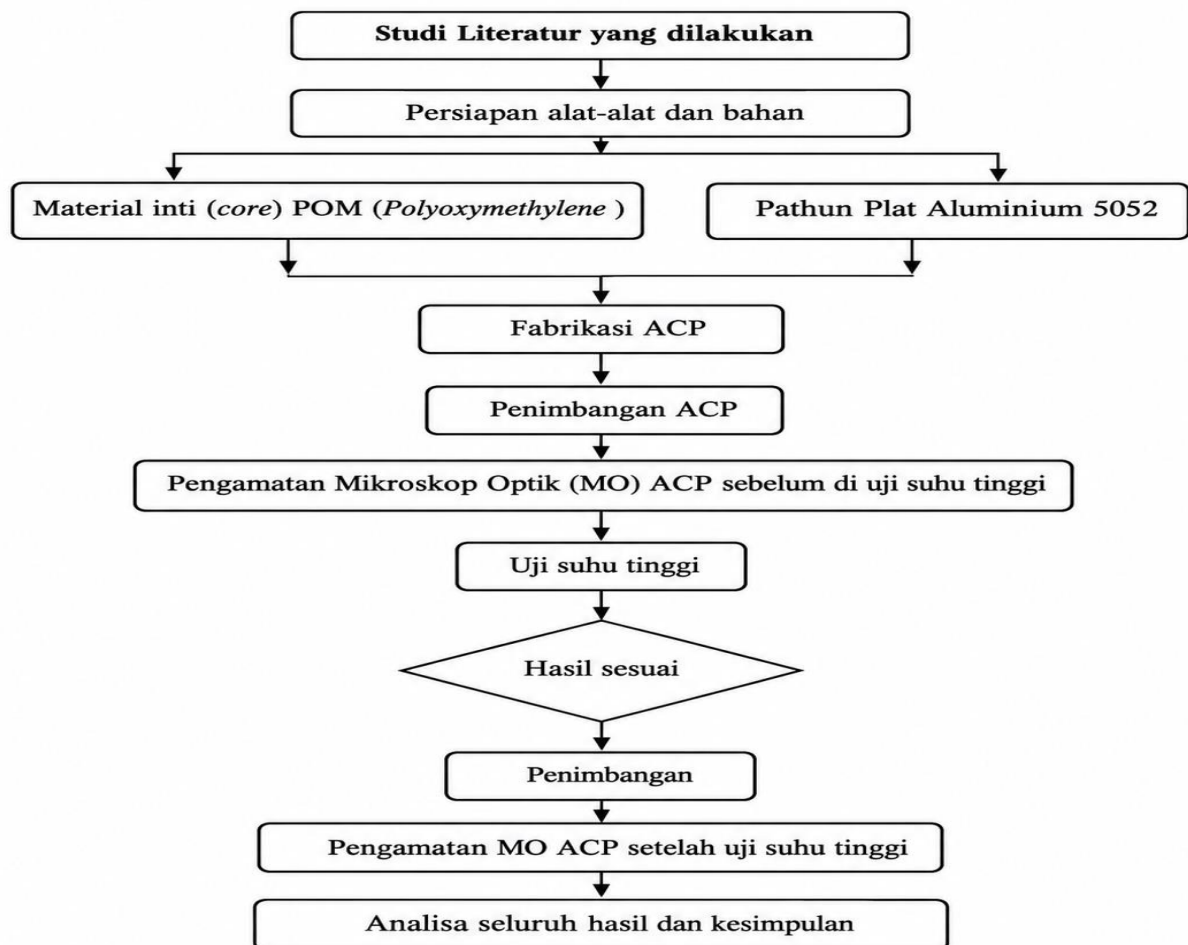
TABEL 1.1 SIFAT FISIK DAN MEKANIK POM (*POLYOXYMETHYLENE*)

Sifat	Nilai
Rumus kimia	$(\text{CH}_2\text{O})_n$
Densitas	$\pm 1.41 \text{ g/cm}^3$ (1410 kg/m ³)
Titik lebur	$\pm 165 \text{ }^\circ\text{C}$
Knduktivitas termal	0.31 W/(m·K)
Kekerasan	80-90 HRM(Rockwell M)
Koefisien gerak	Rendah(self-lubricating)
Ketahanan kimia	Tahan terhadap pelarut,oli,bahan bakar

**GAMBAR 1.3** STRUKTUR KIMIA *POLYOXYMETHYLENE* (POM),

II. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Teknik mesin univrsitas Muhammadiyah sidoarjo, dimulai pada bulan juli 2024. Diawali dengan penyediaan bahan/material untuk penelitian ini, kemudian dilanjutkan dengan fabrikasi, pengujian dan analisa hasilnya. Secara lengkap tahapan-tahapan penelitian ditampilkan dalam *flow chart*/diagram alir Gambar 2.1.

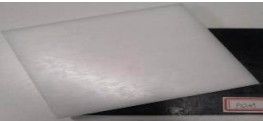
**Gambar 2.1** Diagram alir Penelitian

2.1 Alat-alat Untuk Fabrikasi ACP

Peralatan yang di pakai untuk fabrikasi ACP antara lain adalah penggaris siku, meteran, spidol hitam, *compressor*, timbangan digital, *thermo gun*, mesin gerinda, dan mesin press.

2.2 Diagram Morfologi Fabrikasi ACP

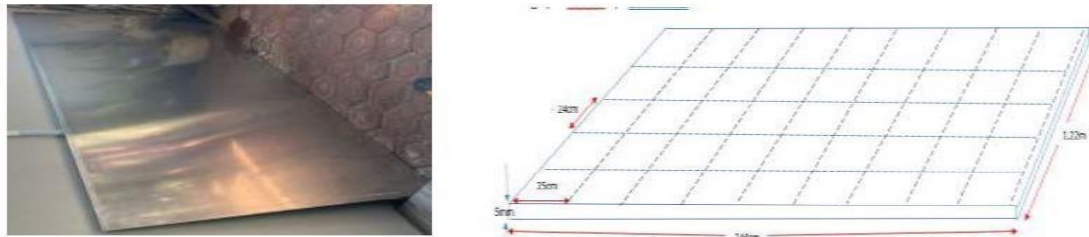
Tabel 2.1 Diagram Morfologi Fabrikasi ACP

Proses / Bagian	Pilihan yang Digunakan	Keterangan
A. Material Lapisan (Skin)	Aluminium 5052 	Sebagai lapisan luar bagian depan dan belakang ACP.
B. Material Inti (Core)	POM (Polyoxymethylene) 	Sebagai material inti (core) ACP.
C. Perekat (Adhesive)	Lem aluminium tipe N-193 	Sebagai perekat antara aluminium dan POM.
D. Proses Pemotongan	Pengukuran dan pemotongan Aluminium 5052 dan POM 	Aluminium 5052: 25 cm × 24 cm × 5 mm. POM: 25 cm × 25 cm × 5 mm.
E. Proses Penyatuan	Aluminium – POM – Aluminium menggunakan lem N-193 	Lembar aluminium 5052 dan POM disatukan menggunakan lem aluminium N-193.
F. Proses Pengepresan (Press)	Pengepresan menggunakan mesin press 	Untuk memperkuat ikatan antar lapisan. Waktu press perlu disesuaikan dengan data asli karena naskah mencantumkan 1 jam 45 menit pada uraian dan 45 menit pada keterangan Gambar 2.4.
G. Finishing / Pelapisan	Fire-Retardant Coating (FRT) 	Sampel ACP yang telah jadi dilapisi cat tahan api (fire-retardant coating/FRT).

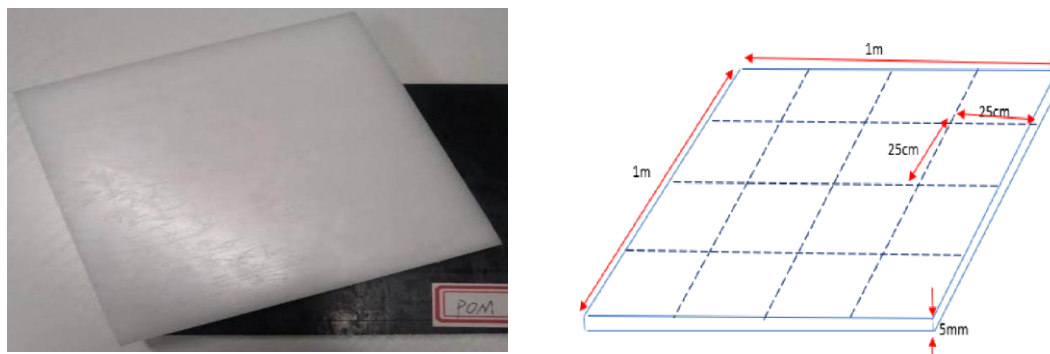
Keterangan: Diagram morfologi menunjukkan material dan tahapan fabrikasi ACP dengan material inti POM dan lapisan Aluminium 5052.

2.3 Fabrikasi Pembuatan ACP

Untuk tahap selanjutnya setelah alat dan bahan tersedia adalah melakukan fabrikasi untuk pembuatan ACP dengan melakukan pengukuran dan pemotongan lembar aluminium 5052 (Gambar 2.2) sebagai lapisan luar bagian depan dan belakang ACP dengan ukuran panjang 25 cm x lebar 24 cm x tebal 5mm dan fabrikasi pengukuran dan pemotongan material core POM (Gambar 2.3) dengan ukuran sampel yang dipakai untuk ACP adalah panjang 25cm, lebar 25cm dan tebal 5 mm.

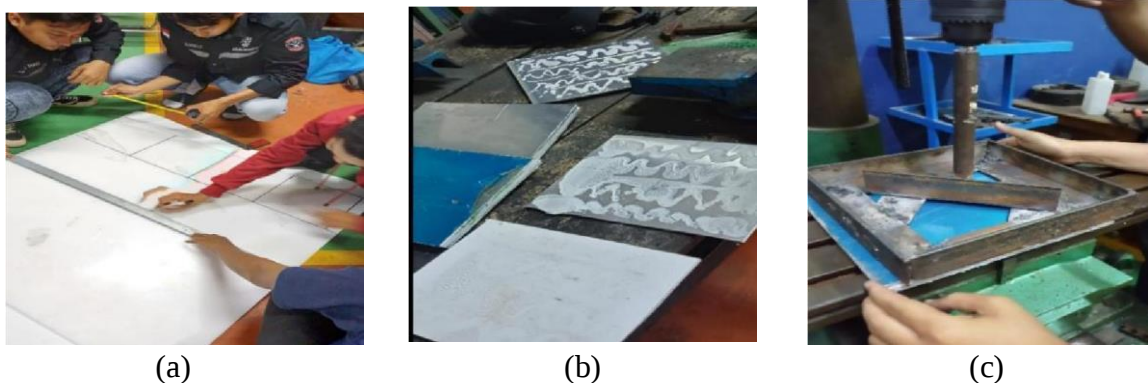


GAMBAR 2.2 LEMBAR ALUMINIUM 5052 DENGAN SKEMA PEMOTONGANNYA

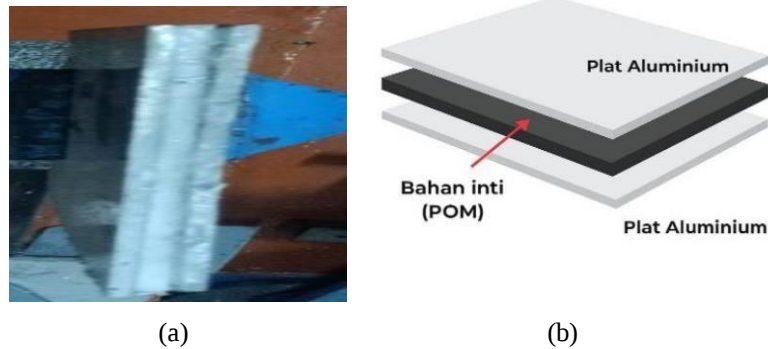


GAMBAR 2.3 LEMBAR MATERIAL (POM) DENGAN SKEMA PEMOTONGANNYA

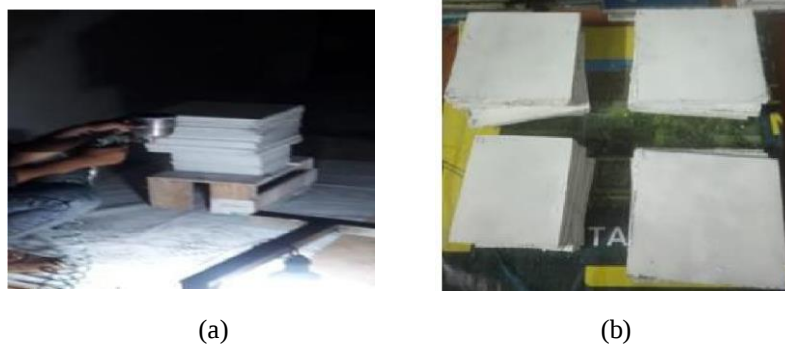
Langkah berikutnya adalah mengukur dan memotong lembar aluminium 5052 dan POM (Gambar 2.4 a) selanjutnya dilengketkan dengan lem aluminium N 193 (Gambar 2.4 b), dan dilakukan pengepresan agar lengketnya lebih kuat selama sekitar 1 jam 45 menit (Gambar 2.4 c). Setelah menjadi ACP benar-benar lengket, untuk hasil jadi ACP ditunjukkan pada Gambar 2.5a,b dan skema ACP-nya Gambar 2.5c. . Sampel ACP pada yang telah jadi ditunjukkan pada Gambar 2.6 dan tahap akhir sampel ACP dilapisi dengan lapisan cat tahan api (*fire-retardant coating/FRT*) di Gambar 2.7.



Gambar 2.4 (a) Mengukur dan memotong lembar aluminium 5052 dan POM
(b) Melengketkan ACP dengan lem aluminium N 193
(c) Pengepresan agar lengketnya lebih kuat selama 45 menit



Gambar 2.5 (a) Sampel ACP dengan material inti POM yang telah jadi (dilihat dari atas)
(b) Skema ACP yang telah jadi

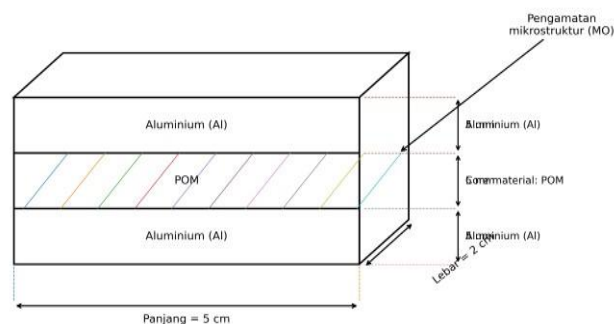


Gambar 2.6 (a) ACP dilapisi lapisan cat tahan api (*fire-retardant coating/FRT*) menggunakan *compressor*
(b) ACP telah dilapisi cat tahan api

2.4 Skema Sampel ACP Untuk Pengamatan Mikrostruktur (MO)

Skema sampel Aluminium Composite Panel (ACP) untuk pengamatan mikrostruktur menggunakan Mikroskop Optik (MO) ditunjukkan pada gambar berikut. Sampel disusun dari tiga lapisan, yaitu aluminium (Al) sebagai lapisan luar bagian atas dan bawah, serta Polyoxymethylene (POM) sebagai material inti (core). Sampel untuk pengamatan MO dibuat dengan ukuran panjang 5 cm dan lebar 2 cm.

SKEMA SAMPEL ACP UNTUK PENGAMATAN MIKROSTRUKTUR (MO)



GAMBAR 2.7 SKEMA SAMPEL ACP UNTUK PENGAMATAN MIKROSTRUKTUR (MO)

Berdasarkan skema sampel ACP untuk pengamatan mikrostruktur menggunakan Mikroskop Optik (MO), sampel terdiri dari tiga lapisan yaitu aluminium (ACP) sebagai lapisan luar bagian atas dan bawah serta (POM) sebagai material inti (core). Dimensi sampel yang digunakan untuk pengamatan MO meliputi panjang 5 cm dan lebar 2 cm, dengan ketebalan masing-masing lapisan 5 mm. Adapun rincian dimensi dan ketebalan setiap lapisan sampel ACP ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Dimensi Sampel

Bagian	Material	Dimensi/Ketebalan
Lapisan atas	Aluminium (Al)	5 mm
Material inti	POM (Polyoxymethylene)	5 mm
Lapisan bawah	Aluminium (Al)	5 mm
Ukuran sampel	ACP	5 cm × 2 cm
Ketebalan total	ACP	15 mm

Mengacu pada dimensi tersebut, sampel ACP yang telah dibuat selanjutnya ditimbang untuk mengetahui massa awal sebelum dilakukan pengujian suhu tinggi. Setelah proses penimbangan, sampel dilakukan pengamatan mikrostruktur menggunakan Mikroskop Optik (MO) dengan perbesaran 1000 $\times$.

2.5 Penimbangan Material ACP dan Pengamatan Mikrostruktur Sebelum Pengujian Suhu Tinggi

Pekerjaan selanjutnya yaitu melakukan penimbangan sampel ACP yang telah jadi dengan material inti POM sebelum dilakukan uji ketahanan suhu tinggi (Gambar 2.8a). Kemudian setelah proses penimbangan dilanjutkan pengamatan mikrostruktur/struktur mikro ACP menggunakan Mikroskop Optik dengan perbesaran 1000 $\times$ (Gambar 2.8b).



(a)



(b)

Gambar 2.8 (a) Penimbangan sampel ACP
(b) uji mikroskop optik

2.6 Pengujian Suhu Tinggi Pada Material ACP

Uji suhu tinggi dilakukan dalam *furnace*/tungku (Gambar 2.9), kondisi pengujian dengan memvariasikan suhu dengan penahanan (*holding*) waktu. Variasi suhu yang diujikan adalah suhu 300 $^{\circ}$ C, 350 $^{\circ}$ C, dan 400 $^{\circ}$ 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, Tanjungsari, Kec. Taman, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.



(a)



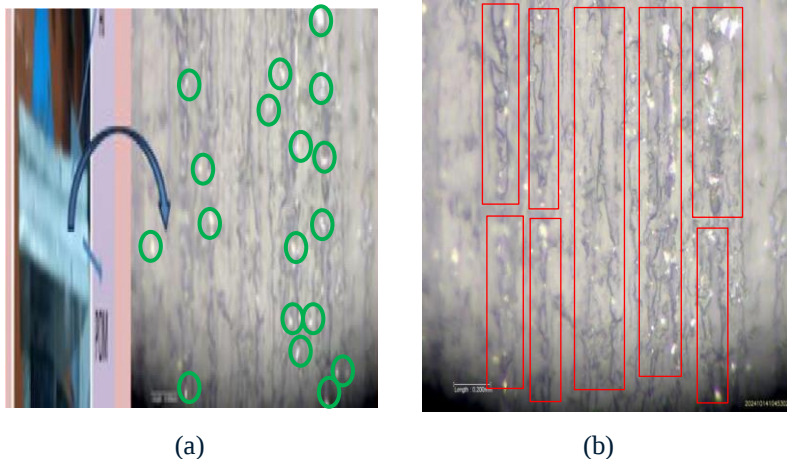
(b)

Gambar 2.9 (a) Sampel ACP dengan material inti POM saat uji suhu tinggi
(b) *Furnace*/Tungku untuk uji suhu tinggi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengamatan Mikrostruktur/Struktur mikro ACP Dengan Material Inti POM

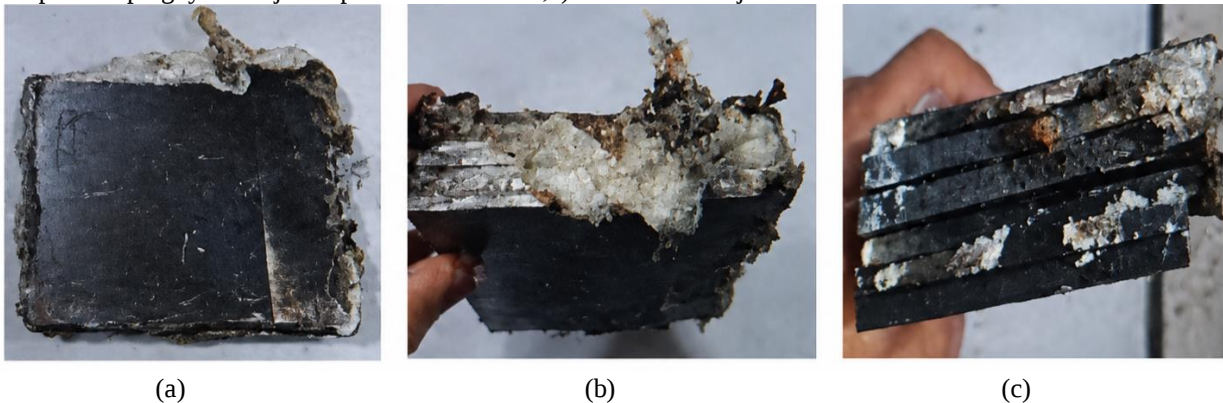
Pengamatan mikrostruktur/struktur mikro ACP dengan material inti POM menggunakan Mikroskop Optik (MO) perbesaran 1000x, sebelum pengujian suhu tinggi ditunjukkan pada Gambar 3.1(a). Nampak unsur karbon (C) (lingkaran hijau) ada banyak pada mikrostruktur/struktur mikro material inti POM, karena POM terdiri dari unsur Hidrogen (H), Oksigen (O) dan C. H dan O adalah gas, jadi yang nampak hanya unsur C. Sedangkan pengamatan mikrostruktur/struktur mikronya setelah uji suhu tinggi dengan perbesaran 1000x, ditunjukkan pada Gambar 3.1 (b). Nampak bahwa unsur C makin menyebar lebih banyak menempel ke aluminium, (Gambar kotak merah), namun C tidak meleleh, karena suhu leleh karbon (C) tinggi mencapai 3.550°C



Gambar 3.1 (a) Pengamatan mikrostruktur/struktur mikro ACP dengan material inti POM sebelum uji suhu tinggi menggunakan Mikroskop Optik (MO) perbesaran 1000x.
(b) Pengamatan mikrostruktur/struktur mikro ACP dengan material inti POM sesudah uji suhu tinggi menggunakan Mikroskop Optik (MO) perbesaran 1000x.

3.2 ACP Dengan Material Inti POM Setelah Uji Suhu Tinggi

Semua material inti POM setelah uji suhu tinggi, menjadi leleh dan lengket dengan aluminium (Gambar 3.2a). Tampak sampingnya ditunjukkan pada Gambar 3.2 b,c). Kondisi ini terjadi karena titik leleh POM sekitar 165°C .



Gambar 3.2 (a) ACP dengan material inti POM setelah uji suhu tinggi, tampak atas lengket POM dengan aluminium
(b),(c) Tampak samping, meleleh POM menempel ke aluminium

Tabel 3.1 Berat/massa sampel ACP Untuk Material Inti/core POM

Sampel ke	Jenis Material Inti/core	Berat (gram) sebelum di uji	Rata-rata (gram) sebelum di uji	Berat rata-rata setelah di uji (gram)	Keterangan
POM (untuk Uji Suhu Tinggi)			2350,333	4925	Berat bertambah karena ketiga sampel ACP lengket menjadi satu saat uji tahan tinggi.
1		2259			
2		2479			
3		2313			

uji suhu tinggi mencapai 400°C. Sementara untuk aluminium tetap utuh karena titik leleh aluminium mencapai 700°C. Massa ACP dengan material inti POM sebelum dan sesudah pengujian suhu tinggi ditunjukkan pada Tabel 3.1, nampak bahwa berat/massa rata-rata setelah uji suhu tinggi, ACP dengan material inti POM memiliki nilai lebih tinggi daripada sebelum uji suhu tinggi. Penyebabnya karena ketiga sampel melekat menjadi satu (POM dan aluminium). Sebagai pembandingan penelitian ACP dengan material inti *Low Density Polyethylene* (LDPE), hasil yang diperoleh seluruh material inti telah habis menguap yang tinggal hanya logam aluminium saja [14].

Sementara 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. Sehingga nampak bahwa material inti LDPE tidak tahan terhadap suhu tinggi [15].

KESIMPULAN

Hasil penelitian di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Telah dapat dibuat Aluminium *Composite Panel* (ACP) dengan material inti *Polyoxymethylene* (POM).
2. Hasil uji suhu tinggi yaitu suhu 300oC, 350oC, dan 400oC material inti POM l en g k et j a d i s a t u d e n g a n a l u m i n i u m, s e h i n g g a m a s s a n y a m e n j a d i b e r a t .
3. Pengamatan mikrostruktur/struktur mikro ACP dengan material inti POM menggunakan Mikroskop Optik (MO) perbesaran 1000x, sebelum pengujian suhu tinggi nampak unsur karbon (C) banyak pada mikrostruktur/struktur mikro material inti POM, karena POM terdiri dari unsur Hidrogen (H), Oksigen (O) dan C. Namun saat diuji suhu tinggi, H dan O terlepas (karena gas), yang tinggal hanya unsur C. Unsur C makin menyebar lebih banyak menempel ke aluminium, namun C tidak meleleh, karena suhu leleh C tinggi mencapai 3.550°C.

Ucapan terima kasih

Ucapan Terima Kasih untuk pendanaan penelitian yang diperoleh dari Hibah Riset Muhammadiyah (RisetMu) Majelis Pendidikan Tinggi Penelitian dan Pengembangan Pimpinan Pusat Muhammadiyah dengan SK Ditlitbang PP Muhammadiyah No: 1587/I.3/D /2024 dan Penelitian Dasar Fundamental 2024 Kemendikbud-Ristek Nomor : 0667/E5/AL.04/2024 Tanggal: 30 Mei 2024

Daftar Pustaka

- [1] M. Ramesh, M. T. Selvan, and A. Saravanakumar, "Evolution and recent advancements of composite materials in structural applications," in *Applications of composite materials in engineering*, Elsevier, 2025, pp. 97–117.
- [2] M. S. Ashok Kumar, S. Raghavendra, and K. S. Rudra, *Fundamentals of Composite Processing: Materials, Methods and Applications: A Guide to Composite Material Selection*. Shashwat Publication, 2024.
- [3] E. Lahoz and F. Hernández de Olivares, "Preliminar Assessment of Durability for Aluminium Composite Panels," in *Construction and Building Research*, Springer, 2014, pp. 453–461.
- [4] P. Mohaney and E. G. Soni, "Aluminium composite panel as a facade material," *Int. J. Eng. Trends Technol*, vol. 55, no. 2, pp. 75–80, 2018.
- [5] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering: An Introduction*. Wiley, 2020. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=dmoTEQAAQBAJ>
- [6] R. Sihotang, B. M. Suherlan, and D. Rahmawaty, "Analisis Perbandingan Penggunaan Gypsum, Grc, Acp, Panel Anyaman Rotan Sintetis Dalam Interior Rumah Dan Gedung," *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, vol. 7, no. 2, pp. 43–54, 2021.
- [7] Rydtooling, "Plastic Melting Temperature Chart : what's the Melting Point of Different Plastic Materials." Accessed: May 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.rydtooling.com/plastic-melting-temperature-chart/>
- [8] B. K. Goriparthi, P. N. E. Naveen, H. R. Shankar, and S. Ghosh, "Mechanical, wear and fatigue behavior of functionalized CNTs reinforced POM/PTFE composites," *Mater. Res. Express*, vol. 6, no. 6, p. 065051, 2019.
- [9] Z. Liu, R. Zhang, X. Liu, Z. Yin, Z. Li, and H. Guo, "Optimized preparation and aerospace applications of wear-resistant POM composites: a mini-review," *Journal of Materials Science: Materials in Engineering*, 2026.
- [10] P. Mallapur, A. S. Reddy, M. A. Umarfarooq, and N. R. Banapurmath, "Polyoxymethylene Reinforced With Multiwalled Carbon Nanotubes and Tungsten Disulfide Hybrid Nanocomposites: Experimental and Micromechanical Studies for Gear Applications," *Polym. Compos.*, 2026.
- [11] R. Prasetya, A. Hariono, A. P. Laksono, and M. F. Agustio, "Performansi keselamatan kebakaran penggunaan aluminum composite panel (ACP) pada bangunan gedung," *Jurnal Permukiman*, vol. 18, no. 2, pp. 92–102, 2023.
- [12] I. Rustamov, L. Xiang, Y. Xia, and W. Peng, "Filler processing and mixing effects of polyoxymethylene/graphene nanocomposite on tribo-mechanical performances," *Tribol. Int.*, vol. 201, p. 110267, 2025.
- [13] S. Lüftl, V. M. Archodoulaki, and S. Seidler, "Thermal-oxidative induced degradation behaviour of polyoxymethylene (POM) copolymer detected by TGA/MS," *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 91, no. 3, pp. 464–471, Mar. 2006, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2005.01.029.
- [14] P. H. T. H. Tjahjanti, A. Fahrudin, M. Mulyadi, S. H. Sujatanti, M. E. Wicaksono, and R. B. Jakaria, "Core Material Manufacturing Study On Aluminum Composite Panel (ACP)," *Jurnal Improsci*, vol. 2, no. 3, pp. 186–196, 2024.
- [15] M. E. Wicaksono, P. H. Tjahjanti, M. I. Mauliana, and E. Widodo, "Simulasi Numerik Aluminium Composite Panel (Acp) Dengan Variasi Material Inti," *Prosiding Seminar Sosial Politik, Bisnis, Akuntansi dan Teknik*, vol. 6, pp. 189–196, Feb. 2025, doi: 10.32897/sobat.2024.6.1.4182.
- [16] Mustaka Group, "Apa itu Aluminium Composite Panel?" Accessed: Sep. 04, 2026. [Online]. Available: <https://mustakagroup.com/apa-itu-aluminium-composite-panel/>

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.

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.