

STUDY AWAL UJI KETAHANAN API MATERIAL INTI POLIETER ETER KETON (PEEK) UNTUK ALUMINIUM *COMPOSITE* PANEL (ACP)

Oleh:

Mohamad Fatur Rohman

211020200002

Progam Studi Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

2025

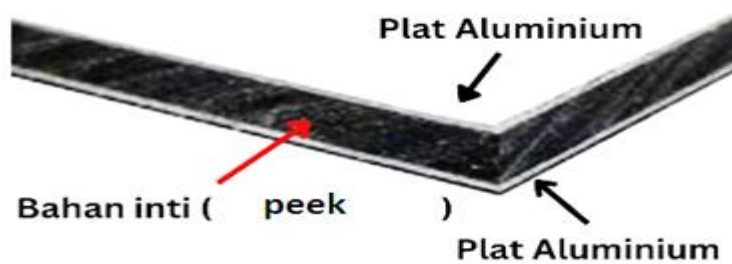


Outline Presentasi

- Pendahuluan
- Metodologi penelitian
- Hasil dan pembahasan
- Kesimpulan
- Daftar pustaka

BAB 1 PENDAHULUAN

Pembangunan membawa dampak yang besar terhadap perkembangan kehidupan manusia, termasuk kemajuan dibidang teknologi konstruksi. Ciri - ciri dari kemajuan tersebut adalah meluasnya penggunaan material dan teknologi baru pada bangunan, salah satunya adalah dinding eksterior bangunan. Sampai saat ini, untuk dinding luar bangunan, tidak hanya digunakan dinding plester biasa, tetapi juga bahan lain yang lebih kuat, lebih murah dan praktis, untuk mencapai tampilan bangunan dan fasad yang lebih indah. Beberapa di antaranya menggunakan kayu, aluminium, dan keramik untuk melengkapi material komposit seperti *Aluminum Composite Panel* (ACP) [Mohaney]. ACP berupa panel datar, dengan plat/lembaran aluminium yang kaku, kuat, tetapi memiliki berat yang relatif ringan, dan diantara kedua plat di isi material inti (*core*) yang umumnya terbuat dari polietilen (PE) dan poliuretan (PU) (Gambar 1.1), Terbuat dari bahan polietilen ringan dengan lapisan pelindung tahan api [Lahoz, E, and F Hernández de Olivares].

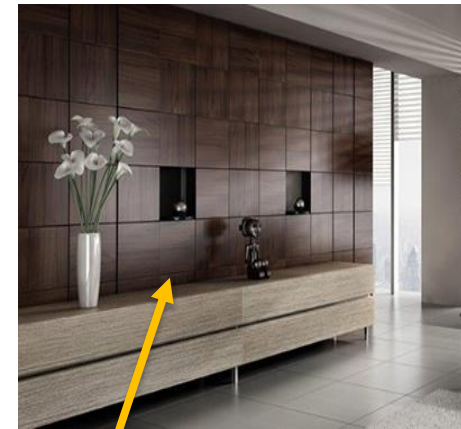


Gambar 1.1 plat/lembar Alumunium Composite Panel (ACP)

ACP umumnya bahan yang digunakan dalam berbagai aplikasi desain arsitektur baik interior (Gambar 1.2b) maupun eksterior (Gambar 1.2a). ACP sering digunakan sebagai material *finishing* pada bangunan modern tampilannya yang menarik dan mampu memberikan beragam pandangan serta membantu meningkatkan keselamatan bangunan sehingga dapat tahan terhadap bencana di masa depan dan bencana akibat ulah manusia dalam jangka panjang seiring dengan meningkatnya perubahan iklim dan bahaya lainnya Karena keindahannya yang luar biasa, kinerja dan daya tahan [Hiwang Rafika Wingrum]. Keunggulan ACP antara lain memiliki permukaan yang rata dan halus, memiliki daya tahan yang cukup kuat terhadap cuaca, mudah dibentuk, dilipat, dibor dan dilengkungkan. Memiliki bahan yang cukup ringan, mudah diaplikasikan dengan berbagai konsep dan tahan terhadap benturan tinggi. Sementara kelemahannya adalah apabila terkena suhu tinggi, maka lapisan akan menggelembung dan mengakibatkan permukaan aluminium tidak rata sehingga mengurangi keindahan, kurangnya kekuatan terhadap tekanan angin sehingga mengakibatkan beresiko pada keselamatan. Jika ACP tidak dipasang dengan benar/tepat, maka tidak dapat menahan kelembapan dibawah permukaannya [Rico Sihotang].



(a)



(b)

Gambar 1.2 (a) ACP untuk eksterior
(b) ACP untuk interior

Kekurangan/kelemahan material inti dari PE dan PU yang tidak tahan terhadap suhu tinggi, merupakan latar belakang dalam tujuan penelitian ini, yaitu mengganti material inti dengan menggunakan Polieter Eter Keton(PEEK) yang diuji ketahanan terhadap api. Pemilihan material karena memiliki titik leleh tinggi mencapai 334 °C.

PEEK adalah homopolymer termoplastik semikristalin dengan struktur molekul linier dan rantai tulang punggung yang relatif kaku. Polimer ini termasuk dalam keluarga poli (eter keton) yang gugus fungsi eternya dihubungkan bersama melalui gugus aromatik. PEEK adalah polimer berkinerja tinggi yang menampilkan kombinasi unik dari ketangguhan, kekakuan, ketahanan abrasi yang kuat dan kinerja tribologi, penyerapan air rendah, stabilitas termo-oksidatif, ketahanan kimia dan pelarut, biokompatibilitas, penghambat api, dan retensi sifat fisik pada suhu tinggi (hingga 200 °C) [Diez-Pascual AM]. Karena keseimbangan yang sangat baik antara sifat mekanik dan fisik, polimer dan komposit dengan matriks PEEK ini banyak digunakan dalam industri kedirgantaraan (Gambar 1.3) [Flanagan M, Kalra S., Munjal BS].



Gambar 1.4 Plat/lembaran Polieter eter keton (PEEK)

PEEK salah satu polimer termoplastik yang diperkenalkan dan dikembangkan oleh Imperial Chemical Industries (ICI) pada tahun 1977. Selain itu PEEK juga merupakan polimer yang sangat potensial dalam berbagai aplikasi terutama dimana stabilitas termal dan sifat mekanik yang baik diperlukan. Material ini adalah bahan yang sangat tahan api dan digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap suhu tinggi [8]. Polimer yang diperoleh melalui polimerisasi pertumbuhan bertahap melalui dialkylasi garam bis fenolat. Reaksi dilakukan sekitar 300 °C dalam pelarut aprotik polar seperti difenil sulfon [9,10]. PEEK memiliki keunggulan terhadap ketahanan panas, ketahanan api, ketahanan radiasi, ketahanan kimia, kekuatan benturan tinggi, ketahanan aus dan sifat listrik yang baik [Wu Zhong-Wen].

Material ini memiliki titik leleh adalah 334 °C, suhu transisi gelasnya (Tg) adalah 143 °C. Kristanilitas maksimum yang dapat dicapai adalah sekitar 48%, biasanya antara 20% dan 30%. Kepadatannya dalam keadaan amorf memiliki densitas 1,265 g/cm³. Densitas pada kristanilitas maksimum mencapai 1,320 g/cm³. Sifat-sifat PEEK ditunjukkan dalam Tabel 1.1 [Saya JS, Lee SK].

Tabel 1.1 Sifat PEEK

Sifat PolyEtherEtherKetone (PEEK)	
Rumus kimia	(C ₁₉ H ₁₂ O ₃) _n
Massa molar	288,3 gram/mol
Densitas	1,32 gram/ cm ³
Titik Lebur	343 °C (649 °F; 616 K)

Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar belakang diatas maka Rumusan masalah ini adalah :

1. Bagaimana melakukan fabrikasi Aluminium *Composite* Panel (ACP) dengan menggunakan material inti (*core*) PoliEter Eter Keton (PEEK)?
2. Bagaimana melakukan uji ketahanan api pada ACP dengan menggunakan material inti (*core*) PoliEter Eter Keton (PEEK)?
3. Bagaimana mikrostruktur ACP yang dibuat dengan plat Aluminium dan material inti PEEK sebelum dan sesudah uji ketahanan api?

Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Fabrikasi Aluminium *Composite* Panel (ACP) menggunakan material paduan aluminium 5052.
2. Material inti (*core*) menggunakan Polieter Eter Keton (PEEK)
3. Sampel yang dibuat untuk:
 - Ukuran aluminium sebagai lapisan penutup (depan dan belakang) dengan dimensi ukuran panjang 20 cm x lebar 17 cm x tebal 5mm.
 - Ukuran dimensi sampel PEEK dengan ukuran panjang 20 cm x lebar 17 cm x tebal 5mm.
4. Pelekatan/perekatan antara sampel aluminium dengan PEEK menggunakan lem aluminium jenis N 193.

Batasan masalah

5. Pengepresan menggunakan mesin pengepress manual dengan waktu pengepressan tiap sampel selama 45 menit.
6. Fabrikasi ACP yang telah jadi sebelum dilakukan uji ketahanan api akan dilapisi dengan lapisan tahan api (*fire-retardant coating*) yang pemakaiannya dicampur dengan thinner.
7. Pengujian ketahanan api dilakukan dengan membakar plat sampel ACP dengan variasi suhu dan variasi waktu pembakaran (menggunakan SNI 1741 2008 tentang cara uji ketahanan api komponen struktur bangunan dan ASTM E119: *Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials*)
8. Pengamatan mikrostruktur ACP menggunakan Mikroskop Optik (MO)

Tujuan Penelitian

Dengan adanya permasalahan tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah untuk :

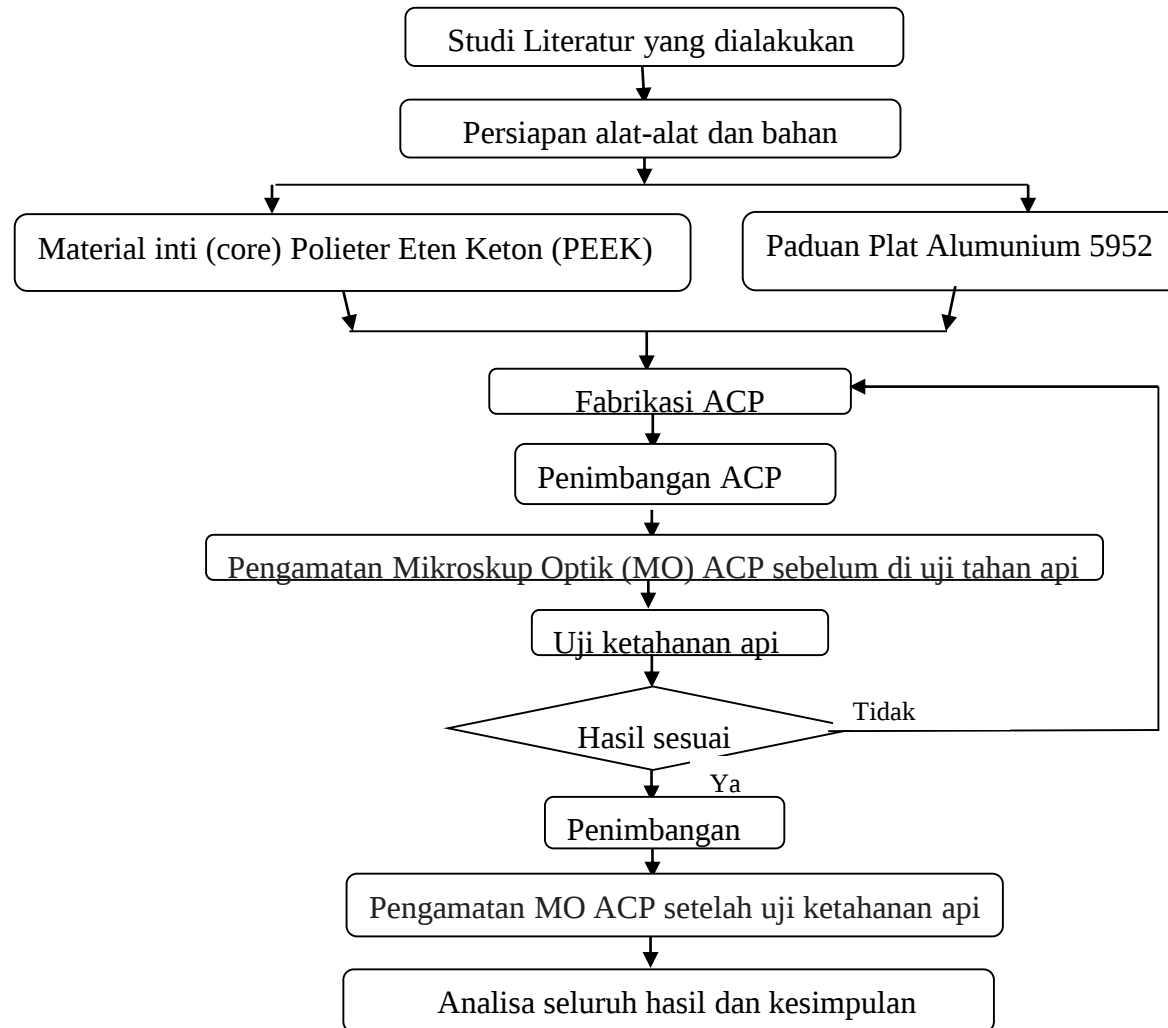
1. Melakukan fabrikasi Aluminium *Composite* Panel (ACP) dengan menggunakan material inti (*core*) Polieter éter keton (PEEK).
2. Melakukan uji ketahanan api pada ACP) dengan menggunakan material inti (*core*) Polieter Eter Keton (PEEK).
3. Memperoleh pengamatan mikrostruktur ACP yang dibuat dengan plat Aluminium dan material inti PEEK sebelum dan sesudah uji ketahanan api.

BAB 2 METODOLOGI

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, dimulai pada bulan Juli 2024. Diawali dengan penyediaan bahan/material untuk penelitian ini, kemudian dilanjutkan dengan fabrikasi, pengujian-pengujian, dan analisa hasilnya seperti pada Gambar diagram alir di slide selanjutnya.

Alur Penelitian



Alat – alat untuk fabrikasi ACP

Adapun pelatan yang digunakan untuk pembuatan ACP adalah sebagai berikut:

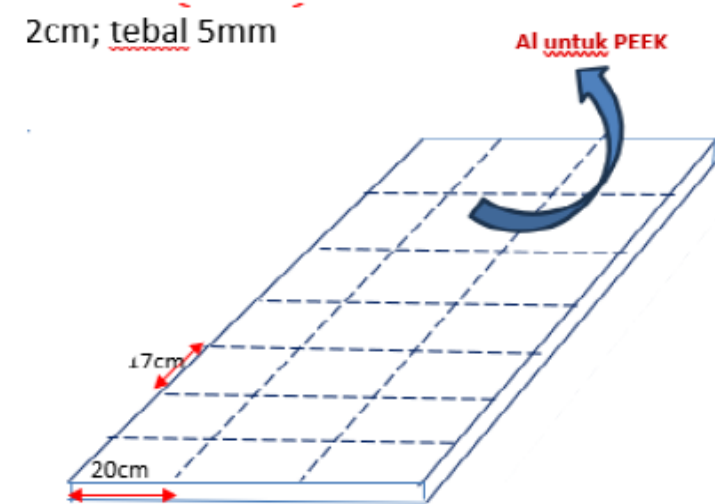
- 1) penggaris siku
- 2) meteran
- 3) sopidol hitam
- 4) *compressor*
- 5) timbangan digital
- 6) *thermo Gun*
- 7) mesin gerinda
- 8) mesin press

Fabrikasi pembuatan ACP

Untuk tahap selanjutnya setelah alat dan bahan tersedia adalah melakukan fabrikasi untuk pembuatan ACP dengan melakukan pengukuran dan pemotongan lembar alumunium 5052 (Gambar 2.2) sebagai lapisan luar bagian depan dan belakang ACP dengan ukuran panjang 20 cm x lebar 17 cm x tebal 5 mm dan fabrikasi pengukuran dan pemotongan material *core* PEEK (Gambar 2.3) dengan ukuran yang sama dengan ukuran untuk potongan lembar alumunium 5052.



Gambar 2.2 Lembar alumunium 5052



Gambar 2.3 Skema ukuran PEEK

Langkah berikutnya adalah mengukur dan memotong lembar alumunium 5052 dan PEEK (Gambar 2.4 a) selanjutnya dilengketkan dengan lem alumunium N 193 (Gambar 2.4 b), dan dilakukan pengepresan agar lengketnya lebih kuat selama 45 menit (Gambar 2.4 c). Setelah menjadi ACP benar-benar lengket, untuk hasil jadi ACP ditunjukan pada Gambar 2.5. Sampel ACP tahap akhir dilapisi dengan lapisan cat tahan api (*fire-retardant coating/FRT*) di Gambar 2.6.



(a)



(b)

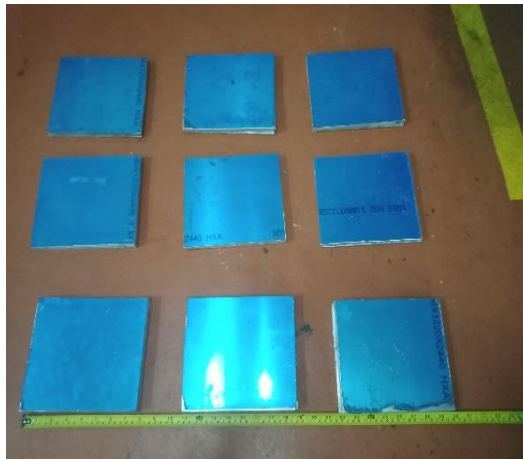


(c)

Gambar 2.4 (a) Mengukur dan memotong lembar alumunium 5052 dan PEEK

(b) Melengketkan ACP dengan lem alumunium N 193

(c) Pengepresan agar lengketnya lebih kuat selama 45 menit



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.5 (a) Sampel APC dengan material inti PEEK yang telah jadi
(b) Dilihat dari atas
(c) APC dengan material inti PEEK lengket dengan baik



(a)



(b)

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

(b) ACP telah dilapisi cat tahan api

Penimbangan Material ACP dan Pengamatan Mikrostruktur Sebelum Pengujian Tahan Api

Pekerjaan selanjutnya yaitu melakukan penimbangan sampel ACP yang telah jadi dengan material inti PEEK sebelum dilakukan uji tahan api (Gambar 2.7). Kemudian setelah proses penimbangan dilanjutkan pengamatan mikrostruktur/struktur mikro ACP menggunakan Mikroskop Optik dengan perbesaran 1000x (Gambar 2.8).



Gambar 2.7 Penimbangan sampel ACP



Gambar 2.8 uji mikroskop optik

Pengujian Ketahanan Api pada material ACP

Uji ketahanan api sesuai SNI 1741 2008 tentang: cara uji ketahanan api komponen struktur bangunan dan ASTM E119: *Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials*. Sampel ACP dijepit seperti di skema pada (Gambar 2.9), kemudian dilakukan proses pembakaran dengan api. Pengujian ketahanan api dimulai pada suhu kamar (saat waktu 0 menit), bergerak suhu 150°C selama 5 menit, lanjut ke suhu 200°C selama 10 menit, dan berakhir pada suhu 250°C selama 15 menit. Kontrol temperatur menggunakan *Thermal Thermocouple Gun*.

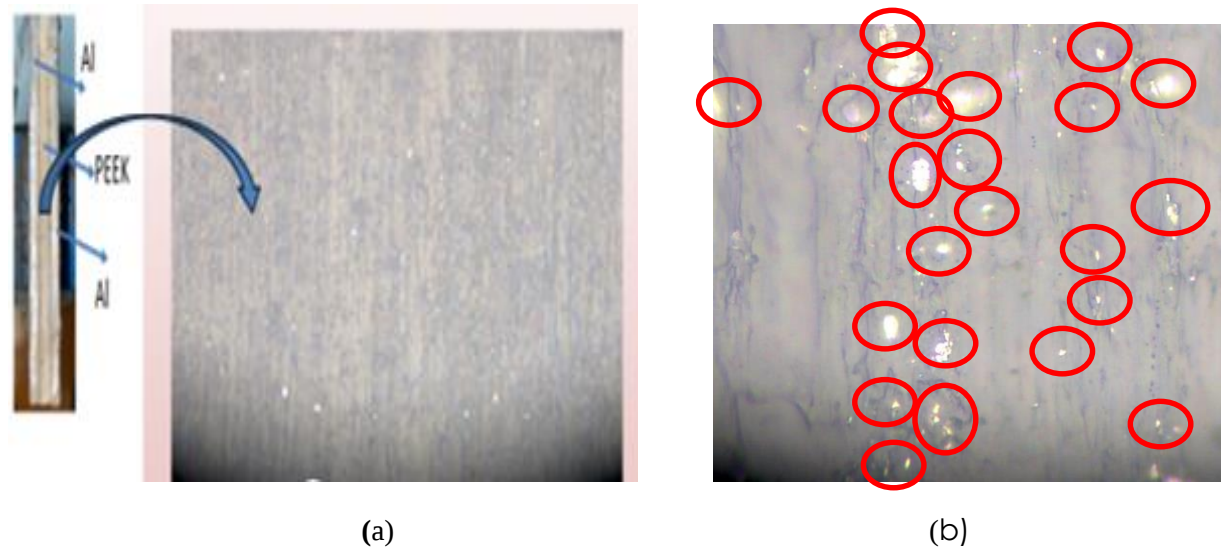


Gambar 2.9 Plat ACP di jepit untuk uji ketahanan api

BAB 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Mikrostruktur/Struktur mikro ACP Dengan Material Inti PEEK

Pengamatan mikrostruktur/struktur mikro ACP dengan material inti PEEK menggunakan Mikroskop Optik (MO) perbesaran 1000x, sebelum pengujian ketahanan api ditunjukkan pada (Gambar 3.1a). Nampak unsur karbon (C) (lingkaran biru) ada banyak pada mikrostruktur/struktur mikro material inti PEEK, karena PEEK 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 ketahanan api dengan perbesaran 1000x, ditunjukkan pada (Gambar 3.2b). Nampak bahwa unsur C makin menyebar lebih banyak karena mengalami uji ketahanan api, namun begitu unsur 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 PEEK sebelum uji ketahanan api (menggunakan Mikroskop Optik (MO) perbesaran 1000x)
(b) Pengamatan mikrostruktur/struktur mikro ACP dengan material inti PEEK sesudah uji ketahanan api (menggunakan Mikroskop Optik (MO) perbesaran 1000x)

Pengujian Ketahanan Api ACP Dengan Material Inti PEEK

Pengujian tahan api pada sampel ACP material inti PEEK dijepit pada ragum klem (Gambar 3.2a), kemudian sampel dibakar menggunakan *flame gun blow torch* (pemantik api) dimulai pada suhu 150°C menggunakan *thermal thermocouple gun* (tertulis suhu 152,6°C) (Gambar 3.2b). Dilanjutkan suhu - suhu 200°C selama 10 menit (tertulis suhu 202,2°C) (gambar 3.3 a,b), dan berakhir pada suhu 250°C (tertulis suhu 250,6°C) selama 15 menit (Gambar 3.4a,b,c). ACP material inti PEEK setelah mengalami uji api ditunjukkan pada Gambar 3.5a,b,c. Nampak aluminium tidak lagi lengket dengan material ini PEEK.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.2 (a) Sampel ACP material inti PEEK dijepit pada ragum klem
(b) Pengukuran suhu menggunakan *thermal thermocouple gu*
(c)Sampel ACP material inti PEEK sesudah uji api pada suhu 150°C



(a)



(b)

Gambar 3.3 (a) Sampel ACP material inti PEEK di uji api pada suhu 200°C menggunakan *thermal thermocouple gun*

(b) Sampel ACP material inti PEEK sesudah uji api pada suhu 200°C



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.4 (a) Sampel ACP material inti PEEK di uji api pada suhu 250°C menggunakan *thermal thermocouple gun*

(b) Sampel ACP material inti PEEK sesudah uji api pada suhu 250°C (tampak depan)

(c) Sampel ACP material inti PEEK sesudah uji api pada suhu 250°C (tampak belakang)



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.5 (a), (b) Sampel ACP material inti PEEK nampak tidak lengket lagi setelah uji ketahanan api.

thermal thermocouple gun

(c) Sampel ACP material inti PEEK sesudah uji api

Hasil Penimbangan Sampel ACP dengan Material Inti PEEK Sesudah Uji Ketahanan Api

Massa/berat sampel ACP dengan material inti PEEK sebelum dan sesudah uji ketahanan api ditampilkan pada Tabel 3.1. Hasilnya berat/masaa setelah uji ketahanan api lebih rendah sedikit dibandingkan dengan sebelum uji ketahanan api. Karena material inti PEEK dan alumunium tidak leleh, namun kelengketan PEEK dengan alumunium mengalami lepas atau tidak lengket dengan sempurna lagi. PEEK tidak leleh karena memiliki titik leleh 343 °C, sementara uji tahan api yang tertinggi memakai suhu 250°C.

Tabel 3.1 Massa sampel ACP untuk material inti/core PEEK

Sampel ke	Jenis Material Inti/core	Berat/massa (gram) Sebelum di uji tahan api	Rata-rata (gram)	Berat/mas sa (gram) Sesudah uji Suhu	Rata-rata (gram)	Keterangan
PEEK (untuk Uji Ketahanan Api)			1236,6	1219 1236 1223	1226	Material inti PEEK dan aluminun tidak leleh, namun kelengketan PEEK dengan aluminun mengalami lepas, tidak lengket dengan sempurna lagi.
1		1230				
2		1247				
3		1233				

Pembahasan serta perbandingan

Hasil ACP dengan material inti PEEK setelah uji ketahanan api lebih tahan terhadap api, bila dibandingkan dengan ACP dengan material inti dari *PolyOxyMethylene* (POM) [prof retno], karena POM memiliki titik leleh 260°C. Namun bila dibandingkan dengan material inti dari PoliTetraFluoroEtilena (PTFE)/Teflon, maka PTFE masih tahan terhadap uji api karena memiliki titik leleh 370°C lebih tinggi dari titik leleh PEEK [jemme]. Sementara itu APC material inti PEEK bila dibandingkan dengan material inti LDPE/*Low Density Polyethylene* dari simulasi numerik *software Ansys 2024 R2*, dengan variasi suhu 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, hasil suhu maksimal dari material inti LDPE menghasilkan suhu 116,12°C dari suhu maksimal 400°C dengan suhu rata rata 102,86°C [majdie]. Sementara hasil pengujian api ACP dengan material inti PEEK masih bertahan pada suhu 250°C.

BAB 4 KESIMPULAN



Kesimpulan dan saran

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Telah dibuat Alumunium *Composite* Panel (ACP) dengan bahan alumunium 5052 direkatkan dengan material inti menggunakan PolyEtherEtherKetone (PEEK).
2. Hasil uji ketahanan api dengan suhu 150°C, 200°C , dan 250°C pada ACP dengan material inti PEEK tidak leleh dan tidak lengket dengan alumunium, hanya keduanya tidak lengket lagi, namun massa ACP setelah uji tahan api berkurang sekitar 0,86% dari massa awal sebelum uji tahan api.
3. Pengamatan mikrostruktur/struktur mikro menggunakan Mikroskop Optik (MO) dengan perbesaran 1000x terlihat bahwa sebelum pengujian ketahanan api pada ACP dengan material inti PEEK, nampak banyak unsur karbon (C), sementara setelah uji ketahanan api unsur C makin menyebar lebih banyak, tidak meleleh, karena suhu leleh karbon (C) tinggi mencapai 3.550°C.
4. Secara keseluruhan material inti PEEK yang dipakai pada ACP ini dapat direkomendasikan untuk mengganti material inti dari LDPE.

Maka jika melihat hasil perbandingan diatas material inti PEEK sangat disarankan untuk pembuatan ACP menggantikan material inti dari LDPE karena jika melihat titik leleh dari kedua material inti tersebut yang dimana PEEK memiliki titik leleh 334°C sedangkan LDPE memiliki titik leleh sekitar 105-115°C, melihat perbandingan titik leleh dari kedua material diatas, PEEK sangat disarankan sebagai material inti pengganti untuk pembuatan ACP karena ketahanan pada suhu panas yang tinggi.

Daftar pustaka

1. Mohaney, Priyanka, and Er Gaurav Soni, 2018, *Aluminium Composite Panel as a Facade Material*, International Journal of Engineering Trends and Technology 55.
2. Lahoz, E, and F Hernández de Olivares, 2014, *Preliminar Assessment of Durability for Aluminium Composite Panels*, In Construction and Building Research, 453–61, Springer.
3. 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.
4. Rico Sihotang, Bugy Muhamad Suherlan, & Debby Rahmawaty, 2021, *Analisis Perbandingan Penggunaan Gypsum, Grc, ACP, Panel Anyaman Rotan Sintesis Dalam Interior Rumah Dan Gedung*, Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra. Vol. 7.
5. Diez-Pascual AM, Naffakh M., Marco C., Ellis G., Gomez-Fatou MA, *Nanokomposit Berkinerja Tinggi Berdasarkan Polieterketon*, 2012, Prog. Mater. Sci. 2012; 57 :1106–1190. doi: 10.1016/j.pmatsci.2012.03.003. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
6. Flanagan M., Grogan DM, Goggins J., Appel S., Doyle K., Leen SB, O'Bradaigh CM, 2017, *Permeabilitas Komposit PEEK Serat Karbon Untuk Tangki Penyimpanan Kriogenik Peluncur Ruang Angkasa Masa Depan*, Composites A. 2017; 101 :173–184. doi: 10.1016/j.compositesa.2017.06.013. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
7. Kalra S., Munjal BS, Singh VR, Mahajan M., Bhattacharya B, 2019, *Investigasi Tentang Kesesuaian Material PEEK Dalam Kondisi Lingkungan Antariksa Dan Penerapannya Dalam Antena Antariksa Parabola*. Adv. Space Res. 2019; 63 :4039–4045. doi: 10.1016/j.asr.2019.03.006. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

8. Won J., S. W. Choi, Y. S. Kang, H.Y. Ha, In-H. Oh, H. S. Kim, K. T. Kim and W. H. JO, 2014, J.Membr. Sci., 214 (2003) 245-257
9. Jan Bussink; Hendrik T.van de Grampe; Gary W.Wheatley; Ernst-Ulrich Dorf; Edgar Ostlinning; Klaus Reinking (15 April 2012). *Polimer, Suhu Tinggi . Ensiklopedia Kimia Industri Ullmann*.
10. Kemmish, David (2010). *Update Teknologi dan Aplikasi PolyArylEtherKetones . Akulah yang pandai. ISBN 978-1-84735-408-2*.
11. Wu Zhong-Wen, Situasi penelitian dan produksi dan pengembangan untuk plastik rekayasa khusus polieter sulfon dan polieter eter keton dalam dan luar negeri[J], *Bahan Kimia Baru*, 2002 30 (06):15-18.
12. Saya JS, Lee SK, In SJ, dkk. Peningkatan sifat tahan api resin epoksi dengan aditif MMT/MWCNT berfluorinasi[J]. *J Anal Appl Pirolisis*, 2010, 89(2): 225-232.
13. 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>
14. 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>
15. [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>.

TERIMA KASIH



