

## PERFORMANSI KESELAMATAN KEBAKARAN PENGGUNAAN ALUMINUM COMPOSITE PANEL (ACP) PADA BANGUNAN GEDUNG

### *Fire Safety Performance of the Use of Aluminum Composite Panel (ACP) In Building*

Ajun Hariono<sup>1</sup>, Azhar Pangarso Laksono<sup>2</sup>,  
Rahmandia Prasetia<sup>3</sup>, Muhammad Firhand Agustio<sup>4</sup>

Balai Sains Bangunan Direktorat Bina Teknik Perumahan dan Perumahan  
Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  
Jalan Panyawungan, Cileunyi Wetan, Kabupaten Bandung 40393

Surel: <sup>1</sup>ajun.hariono@pu.go.id , <sup>2</sup>azhar.pl@pu.go.id , <sup>3</sup>rahmandia.prasetia@pu.go.id ,  
<sup>4</sup>muhammad.firhand@pu.go.id

Diterima : 21 Agustus 2023      Disetujui : 16 Oktober 2023

#### **Abstrak**

ACP (aluminum composite panel) umum digunakan sebagai sistem pelapis selubung bangunan gedung pada eksterior gedung. ACP yang beredar di pasaran umumnya belum teruji sesuai standar terkait tingkat ketahanan api. Terdapat banyak kasus penyebaran api pada kebakaran gedung di tahun 2020 akibat penggunaan sistem pelapis berbahan ACP sebagai selubung bangunan. ACP yang akan dikaji adalah ACP jenis Non-Fire Rated dengan metode pengujian yang digunakan yaitu pengujian skala intermediate (mengacu pada ISO 13785-1 "Reaction to fire tests for facades - Intermediate-scale test"). Eksperimen dilakukan terhadap tiga buah konstruksi ACP dengan inti PE (polyethylene) menunjukkan fenomena perambatan api yang unik. Terlihat secara visual bahwa api merambat dari bawah langsung ke bagian atas sampel di sisi belakang dan terlihat bahwa udara panas mengalir ke atas melalui celah yang terbentuk antara lembaran ACP dengan dinding tempat sampel, efek cerobong inilah yang memungkinkan api merambat dengan cepat dari bawah ke atas. Dapat disimpulkan bahwa penyebaran api pada sistem selubung bangunan ACP dapat terjadi saat polyethylene mulai terbakar dan menyebar antar panel. Sehingga pada penerapannya diperlukan cara agar sebisa mungkin material inti PE tidak mudah terekspos api atau dilapisi dengan material Fire Retardant serta diperhatikan kompartemenisasi-nya.

**Kata Kunci** : Aluminum Composite Panel, kebakaran, skala intermediate, penyebaran api, fasad

#### **Abstract**

ACP (aluminum composite panel) is commonly used as a building envelope coating system on the exterior of the building. ACP on the market generally has not been tested according to standards related to the level of fire resistance. There were many cases of fire spread in building fires in 2020 due to the use of ACP coating systems as building envelopes. The ACP to be studied is a Non-Fire Rated type ACP with the test method used are intermediate scale test (refer to ISO 13785-1 "Reaction to fire tests for facades - Intermediate-scale test"). Experiments conducted on three ACP constructions with PE (polyethylene) cores showed a unique flame propagation phenomenon. It can be visually seen that the fire propagates from the bottom directly to the top of the sample on the back side. It can be visually seen that the fire propagates from the bottom directly to the top of the sample on the back side. It can be seen that hot air flows upward through the gap formed between the ACP sheet and the wall where the sample is located. It is this chimney effect that allows the fire to propagate quickly from bottom to top. Based on the results of medium-scale fire tests, fire spread in ACP building housing systems can occur when polyethylene begins to burn and spread between panels. So that in its application, a way is needed so that as much as possible the PE core material is not easily exposed to fire or coated with Fire Retardant material and attention to its compartmentization.

**Keywords**: Aluminum Composite Panel, fire, intermediate scale, fire spread, facade

## PENDAHULUAN

Modernisasi telah membawa pengaruh besar terhadap perkembangan kehidupan manusia termasuk salah satunya kemajuan di bidang teknologi konstruksi. Kemajuan ini ditandai dengan mulai maraknya penggunaan bahan atau teknologi baru pada bangunan gedung yang salah satunya berfungsi sebagai selubung bangunan gedung.

Saat ini, selubung bangunan gedung tidak lagi hanya terpaku pada penggunaan dinding plester biasa melainkan sudah mulai dikombinasikan dengan beberapa bahan lain yang lebih kuat, murah dan praktis untuk menghasilkan tampak/fasad bangunan yang lebih indah. Beberapa di antaranya ada yang menambahkan penggunaan bahan kayu, aluminium, keramik hingga bahan komposit seperti ACP. Akan tetapi, kemajuan teknologi juga akan berdampak pada risiko keselamatan pengguna. Sering terjadinya kecelakaan pada sebuah bangunan gedung akibat dari penggunaan teknologi yang tidak sesuai merupakan bukti bahwa kemajuan teknologi selain dapat membawa nilai positif pada bangunan gedung tetapi disisi lain juga dapat menjadi ancaman tersendiri. Belum adanya standar pengujian pada teknologi-teknologi yang berkembang menjadi salah satu faktor yang menyebabkan kecelakaan semakin sering terjadi, sehingga sulit diantisipasi.

Sebagai contoh teknologi yang saat ini sering digunakan di masyarakat adalah material ACP sebagai selubung bangunan gedung karena dinilai memiliki kelebihan pada berat panel yang relatif ringan, kuat (Mohaney and Soni 2018). Namun penerapan sistem pelapis selubung bangunan berbahan ACP yang beredar di pasaran belum teruji sesuai standar terkait tingkat ketahanan api sehingga mempengaruhi terhadap tingkat risiko kebakaran gedung. Terjadi banyak kasus penyebaran api pada kebakaran gedung di dunia dari tahun 2009 hingga 2020 yang melibatkan ACP sebagai selubung bangunan (Chen et al. 2019). Paling dikenal adalah pada tahun 2017, terjadi kebakaran pada bangunan gedung Grenfell Tower, London, United Kingdom pada tanggal 14 Juni. Kejadian kebakaran dimulai dari lantai 4 dan menyebar dengan cepat melalui kelongsong (*cladding*) eksternal yang terdiri panel ACP dengan inti PE sehingga menelan banyak korban jiwa (Lane 2018; McKenna et al. 2019). Tentunya kejadian kebakaran pada gedung yang berkaitan dengan penggunaan material ACP sebagai selubung bangunan juga sering terjadi di Indonesia. Dari beberapa kejadian tersebut perlu dilakukan kajian dan pengujian lebih lanjut mengenai sifat ketahanan api yang dimiliki sistem pelapis berbahan ACP

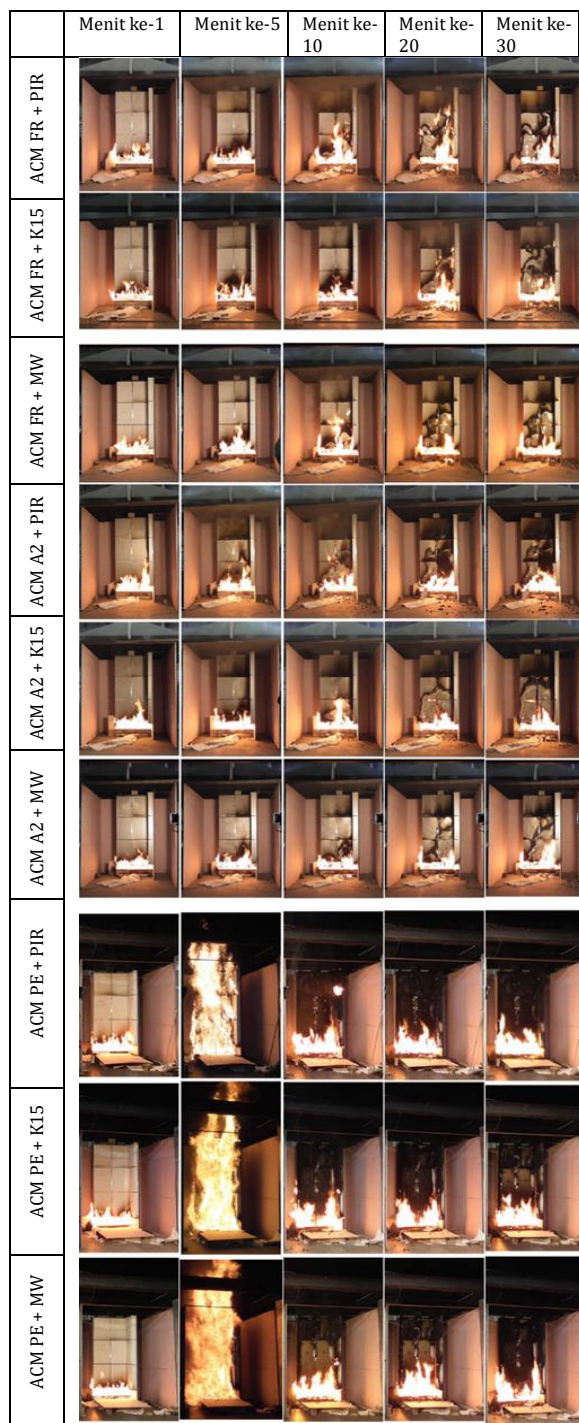
sesuai standar yang berlaku agar dapat diketahui perilaku ACP ketika terkena api serta memberikan petunjuk terkait hal-hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan ACP khususnya di Indonesia. Standar ISO 13785 - 1 merupakan salah satu standar yang digunakan dalam menguji sifat ketahanan dan penyebaran api terskala menengah dari material *cladding* eksternal (Guillaume et al. 2018; International Organization for Standardization 2002). Pengujian ini berfokus pada kinerja reaksi terhadap api dari sistem dinding pelapis berbahan ACP dari sistem terskala untuk mengkaji sifat ketahanan apinya.

Standar yang digunakan sebagai acuan dalam pemilihan material bahan bangunan sebagai upaya mengurangi risiko bahaya kebakaran adalah SNI 03-6765-2002 tentang Spesifikasi Bahan Bangunan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah Dan Gedung. SNI ini mengklasifikasikan material berdasarkan hasil uji reaksinya terhadap api menjadi lima, yaitu Mutu Tingkat 1 (M1), Mutu Tingkat 2 (M2), Mutu Tingkat 3 (M3), Mutu Tingkat 4 (M4), dan Mutu Tingkat 5 (M5). Mutu Tingkat 1 (M1) adalah bahan yang tidak terbakar dan Mutu Tingkat 5 (M5) adalah bahan yang paling mudah terbakar. SNI 03-6765-2002 memberikan ketentuan persyaratan bahan pelapis untuk komponen non-struktur sebagaimana disampaikan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 diperoleh informasi bahwa material dinding luar disyaratkan minimum berupa material M3. Kriteria material mutu M3 antara lain meskipun tergolong material terbakar, namun tidak boleh terjadi perubahan bentuk berupa terjadinya lelehan melebihi tebalnya dan tidak boleh terjadi deformasi yang membahayakan. Material M3 juga tidak boleh menyala lebih dari 30 detik setelah pembakaran dihentikan dan tidak boleh mengeluarkan gas beracun.

*Aluminum Composite Panel* (ACP) adalah material sandwich panel yang tipis dan ringan terdiri dari dua lapisan aluminium yang direkatkan dengan material pengisi non insulatif yang terbuat dari *polyethylene* dengan berat jenis rendah, baik dengan maupun tanpa lapisan pelindung api (Lahoz and Hernández de Olivares 2014).

Pengujian pada ACP dengan cara menggabungkan ACP dengan beberapa tipe Insulasi di antaranya Busa Fenolik Kingspan (K15), Celotex RS5000 (PIR) dan Rockwool Duoslab (MW). Sedangkan ACP yang digunakan ada 3 tipe yaitu tipe FR, A2 dan PE (Guillaume et al. 2018). Metode pengujian menggunakan *Intermediate Scale Test* dengan mengacu pada ISO 13785-1 "Reaction to fire tests for facades - Intermediate-scale test". Adapun

pengukuran yang dilakukan berupa Temperatur dan Panas, Tingkat Pelepasan Kalor, Tingkat Produksi Asap dan Perubahan Gas. Ada 9 (sembilan) konfigurasi yang dilakukan pada pengujian ini dapat terlihat pada tabel 1.



**Gambar 1** Pengamatan Selama Tes  
 Sumber : (Guillaume et al. 2018)

Hasil pengujian didapatkan bahwa selubung (*cladding*) memiliki pengaruh besar terhadap kebakaran gedung secara keseluruhan. Terutama

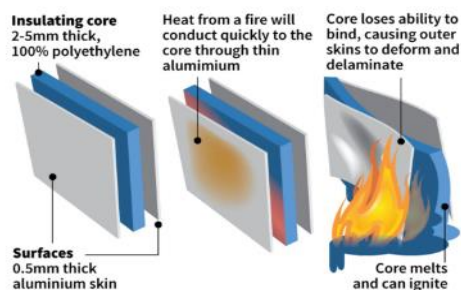
**Tabel 1** Konfigurasi Pengujian ACP Penelitian Guillaume

Konfigurasi	Selubung	Bahan Insulasi
Konfigurasi 1		PIR
Konfigurasi 2	ACP - FR	K15
Konfigurasi 3		MW
Konfigurasi 4		PIR
Konfigurasi 5	ACP – A2	K15
Konfigurasi 6		MW
Konfigurasi 7		PIR
Konfigurasi 8	ACP - PE	K15
Konfigurasi 9		MW

Sumber : (Guillaume et al. 2018)

pada ACP PE, memiliki hasil yang sangat berbeda dari selubung ACP yang lain apapun bahan insulasi yang digunakan. Pelepasan panas yang dihasilkan selubung berbahan ACP PE sangat tinggi terlihat pada Gambar 1.

Sifat ketahanan api material ACP juga telah dikaji oleh *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)*, Australian Government pada tahun 2020 yang dipublikasikan dalam bentuk *technical report*. Secara umum dijelaskan bahwa lapisan aluminium ACP PE tidak akan menyalakan api pada pengujian bakar skala kecil karena sumber *ignition*-nya hanya berasal dari radiasi panas. Namun pada pengujian bakar skala besar dan pada kejadian insiden kebakaran, material ACP memiliki kinerja ketahanan api yang buruk. Lapisan aluminium dapat menghantarkan panas ke dalam material inti PE, inti PE akan meleleh dan terbakar saat mulai terekspos api (White 2020). Gambaran proses degradasi ACP akibat paparan api dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2** Proses *Ignition* Inti PE pada Panel ACP (fairfax & Jamie Brown)

Sumber : (White 2020)

Hasil pengujian dan kajian teknis yang telah dilaksanakan oleh CSIRO terutama dari Pengujian *Intermediate Scale* akan dijelaskan sebagai berikut.

**Tabel 2** Daftar Klasifikasi Sifat Bahan terhadap Api (SNI 03-6765-2002)

Pengujian	Klasifikasi Sifat Bahan Pengamatan	M1	Bahan Dapat Terbakar			
			M2	M3	M4	M5
Bakar	Kenaikan suhu dalam tungku pengujian bakar	Kenaikan suhu kurang dari/sama dengan 50 dan dalam tungku tidak terjadi nyala kontinu selama 10 detik atau lebih	Kenaikan suhu dalam tungku di atas 50°C			
Penjalaran api pada permukaan ( <i>Surface Test</i> )	Luas kurva suhu - waktu ( $t d\theta$ ) °C, menit	$t d\theta = 0$	tidak lebih dari 100	tidak lebih dari 350	tidak lebih dari 350	tidak terbatas
	Kepadatan asap (CA)	CA < 30	tidak lebih dari 60	tidak lebih dari 120	tidak terbatas	tidak terbatas
	Perubahan bentuk	- Tidak terjadi lelehan melebihi tebalnya. - Tidak terjadi deformasi yang membahayakan				
	Retak	Kedalaman retak pada permukaan bagian belakang bahan uji harus lebih kecil dari 1/10 tebalnya.				
	Nyala Api Lain-lain	Tidak terjadi nyala lebih 30 detik setelah pembakaran dihentikan. Tidak mengeluarkan gas beracun.				

Sumber : (Badan Standardisasi Nasional 2002)

Berdasarkan pengujian tersebut didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

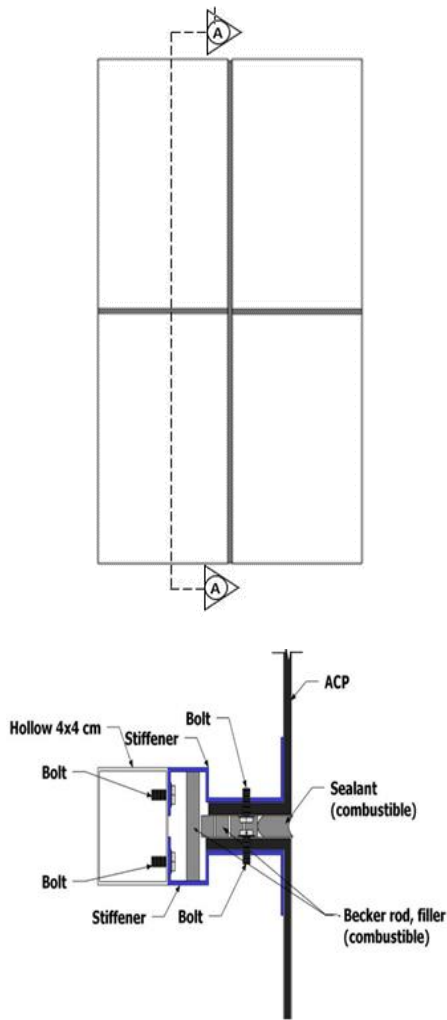
- ACP PE sebagai penyebab utama timbulnya api dan satu-satunya material yang menyebabkan penyebaran api pada bagian atas benda uji. Pertumbuhan api secara signifikan terjadi di menit ke-4, dan pada menit ke-8 ACP sudah terbakar secara keseluruhan.
- Pengujian berbeda antara ACP FR dan ACP A2 berdasarkan nilai *Heat Release Rate* (HRR) (300 kW dan 200 kW), meskipun demikian perbedaan antara kedua bahan ACP tersebut kecil dibandingkan dengan ACP PE.
- Hasil pengujian untuk material ACP - FR dan ACP - A2 memperlihatkan kontribusi yang minimum dari material insulasi (PIR dan K15), material insulasi PIR lebih berkontribusi pada nilai HRR dan THR maksimum dibandingkan dengan material insulasi K15.
- Pengujian yang dilakukan pada ACP-FR dan ACP A2, menunjukkan bahwa lapisan material pengganjal (*cavity barrier*) lebih efektif dalam mencegah terjadinya penyebaran api pada selubung bangunan ke atas lapisan material pengganjal.

- Pengujian yang dilakukan pada ACP PE, menunjukkan bahwa lapisan material pengganjal (*cavity barrier*) tidak efektif, api menyebar pada selubung bangunan dan lapisan insulasi di atasnya.
- Pada semua pengujian, lapisan tahan api PIR dan K15 terbakar/hangus hingga kedalaman 10 mm saja di area yang terbakar. Sehingga lapisan insulasi (*combustible*) tidak terbakar habis.

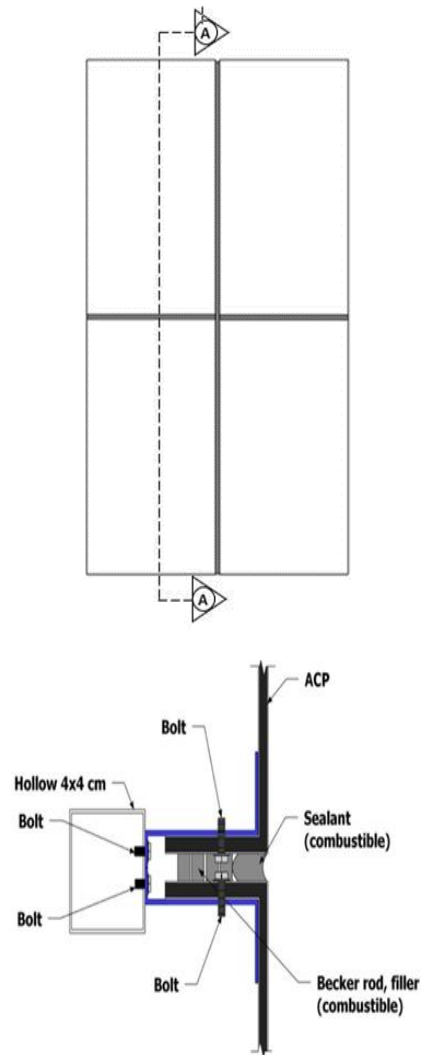
## METODE

Standar ISO 13785-1 digunakan untuk mengetahui kinerja ACP terhadap api sebagai konstruksi selubung atau fasad. Pemeriksaan visual dilakukan saat sistem selubung bangunan terpapar panas yang dihasilkan dari api eksternal dengan lidah api yang menyentuh secara langsung ke permukaan selubung.

Benda uji dikonstruksikan dengan sudut 90°, dengan dinding yang luasnya lebih kecil sejajar dengan bidang konstruksi. Penyebaran api dan pola kerusakan dari benda uji diamati secara visual di seluruh bagian fasad, atau secara langsung di permukaan depan fasad.



**Gambar 3** Tampak Depan dan Potongan A-A Konfigurasi 1



**Gambar 4** Tampak Depan dan Potongan A-A Konfigurasi 2

Data yang disampaikan sebagai hasil uji antara lain:

1. Grafik *heat flux* dalam fungsi waktu
2. Grafik termokopel dalam fungsi waktu
3. Nilai maksimum *heat flux*
4. Deskripsi penyebaran api (foto)
5. Pengamatan visual selama pengujian

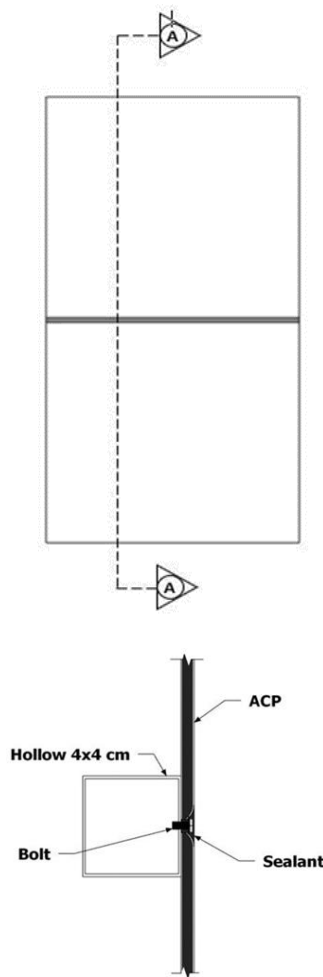
Benda uji yang akan diuji terdiri dari tiga konfigurasi sistem pemasangan material ACP sebagai selubung bangunan gedung pada kajian ini dapat dilihat pada tabel berikut :

1. Konfigurasi 1  
Sistem tipe 1, dapat dilihat pada Gambar 3, merupakan sistem konvensional dengan profil hollow 4x4 cm, *spacer stiffener*, *sealant*, dan *backer rod*.
2. Konfigurasi 2  
Sistem tipe 2, dapat dilihat pada Gambar 4, merupakan sistem konvensional dengan

3. Konfigurasi 3  
Sistem tipe 3, dapat dilihat pada Gambar 5, merupakan sistem konvensional tanpa *spacer*, dengan profil hollow 4x4 cm dan *sealant*.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan merupakan simulasi konfigurasi selubung bangunan yang menempel pada dinding luar *non bearing*. Walaupun dalam hal ini tidak disyaratkan memiliki tingkat ketahanan api (TKA), namun ada syarat lain yang perlu dipertimbangkan dalam memilih material untuk dinding luar. SNI 03-6765-2002 mensyaratkan dinding luar adalah minimum dari material dengan mutu M3 yang meskipun termasuk material dapat



**Gambar 5** Tampak Depan dan Potongan A-A Konfigurasi 3

terbakar namun tidak boleh terjadi pelelehan, tidak boleh terjadi deformasi yang membahayakan, dan tidak mengeluarkan gas beracun. NFPA 220 klausul 4.3.2.12 menyatakan bahwa material dinding luar harus terbuat dari material tidak terbakar (*noncombustible*), "Nonbearing exterior walls shall be constructed of noncombustible materials, limited-combustible materials, or materials specified in 4.3.2.12.1 or 4.3.2.12.2". Namun, penggunaan material *combustible* tidak sepenuhnya dilarang untuk dinding luar. Material dinding luar yang mengandung material mudah terbakar diizinkan untuk digunakan apabila telah teruji memenuhi kriteria NFPA 285, "*Standard Fire Test Method for Evaluation of Fire Propagation Characteristics of Exterior Non-Load-Bearing Wall Assemblies Containing Combustible Components*".

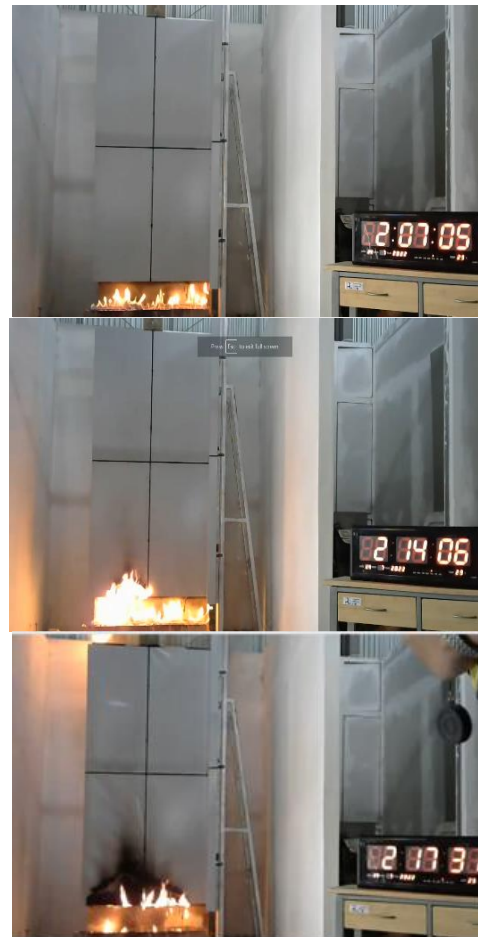
Selanjutnya dari pelaksanaan pengujian skala menengah berdasarkan ISO 13785-1 ini dapat diketahui reaksi masing-masing konfigurasi terhadap api berupa pola persebaran api dan

konsentrasi beban api (tingkat kritis), serta pola kerusakan sistem selubung bangunan ACP.

### **Konfigurasi 1**

Pengujian dilakukan dengan kondisi temperatur ruangan 26,9°C dan kondisi kecepatan angin ruang uji 0,08 m/s. Hal ini sesuai dengan persyaratan kecepatan angin pada ruangan uji yang tidak boleh lebih dari 0,5 m/s.

Dari pengamatan visual, diketahui munculnya lidah api di bagian atas ACP, di antara ACP dan *Frame Aluminum* pada menit ke-12 seperti pada Gambar 6.



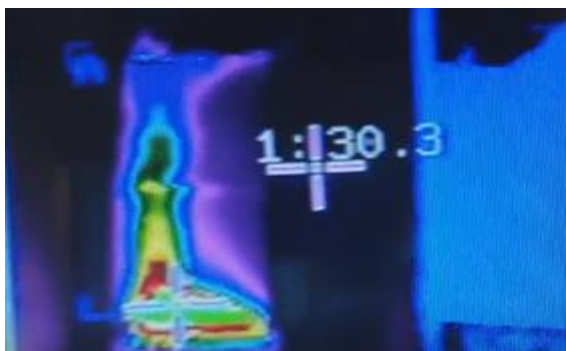
**Gambar 6** Kondisi Awal Pengujian Konfigurasi Ke-1, Menit ke 8 dan Menit Ke-12

Penyalan api secara kasat mata hanya terjadi di bawah bagian panel ACP namun penyalan api terjadi melalui celah di belakang permukaan ACP hingga api menjangar secara tidak terkendali pada bagian atas benda uji.

Berdasarkan pengukuran *thermal imaging* dengan menggunakan kamera *thermal trotec* didapatkan visualisasi kenaikan temperatur yang bertahap dimulai pada bagian bawah benda uji hingga bagian

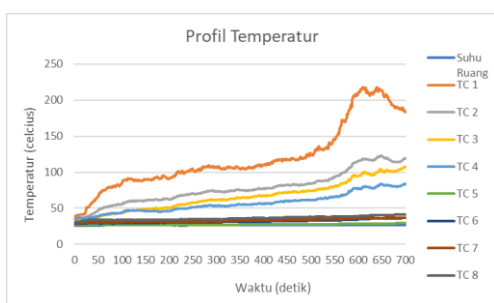


atas benda uji. Dari *thermal image*, pada Gambar 7, terlihat kenaikan temperatur yang signifikan dan merambat ke atas, hal ini tidak terlihat pada pengamatan visual benda uji. Hal ini disebabkan oleh perambatan api yang terjadi pada celah ACP dan *frame aluminum*, dengan demikian dapat disimpulkan pengamatan *thermal imaging* sangat penting karena dapat mendeteksi perambatan api melalui bagian yang tidak terlihat oleh operator.



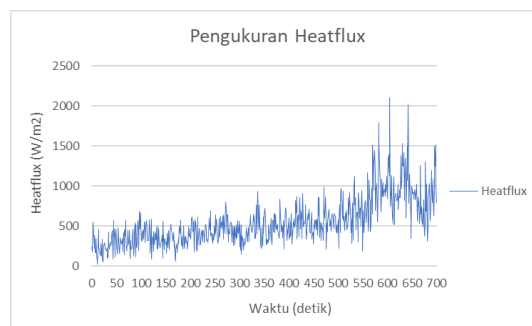
**Gambar 7** Foto Pencitraan Kamera Infra Merah Pengujian Konfigurasi 1

Berdasarkan pengukuran temperatur pada benda uji dengan termokopel (TC) didapatkan bahwa temperatur benda uji mengalami penyalaan api sejak menit ke 7, kemudian suhu pada panel ACP mengalami pertumbuhan hingga menit ke 9. Sampel uji mengalami *flashover* atau peningkatan secara tajam dari menit ke 9 hingga tahap *fully developed* (pembakaran penuh) di menit ke 10, terutama pada TC *channel 1* (titik terdekat dengan *burner*, bagian bawah benda uji). Pada TC 2, TC 3, dan TC 4 memiliki pola kenaikan temperatur yang sama, dikarenakan perambatan api terjadi di belakang posisi masing-masing termokopel tersebut (di dalam celah antara ACP dan *frame* belakang). Pada TC 5, TC 6, TC 7, dan TC 8 tidak mengalami kenaikan yang signifikan, dikarenakan posisi TC tersebut berada pada sisi siku sebelah kanan dan tidak terpapar oleh api, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8** Profil Pengukuran Temperatur pada Pengujian Konfigurasi 1

Berdasarkan pengukuran *heat flux* menggunakan acuan standar uji ISO 13085 2012, didapatkan profil pengukuran *heat flux* seperti ditampilkan pada gambar berikut. Hasil pengukuran *heat flux* menunjukkan terjadi fluktuasi nilai antara, seperti pada Gambar 9.



**Gambar 9** Profil Pengukuran Temperatur pada Pengujian Konfigurasi 1

### Konfigurasi 2

Pengujian dilakukan pada temperatur ruangan 29,5°C dan kecepatan angin ruang uji 0,08 m/s. Hal ini sesuai dengan persyaratan kecepatan angin pada



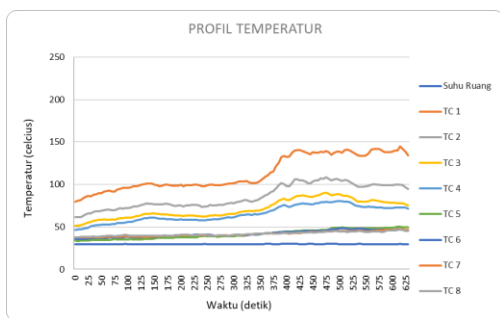
**Gambar 10** Kondisi Awal Pengujian Konfigurasi Ke-2, Menit ke-8, dan Menit Ke-11 Pembakaran

ruangan uji yang tidak boleh lebih dari 0,5 m/s. Dari pengamatan visual, diketahui munculnya lidah api di bagian atas ACP, di antara ACP dan *Frame Aluminum* pada menit 10.52 seperti pada Gambar 10.

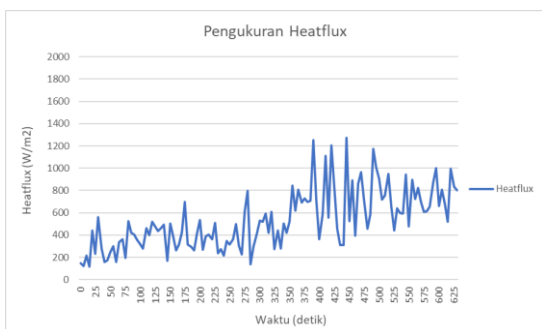
Berdasarkan pengukuran *thermal imaging* dengan menggunakan kamera *thermal trotec*, pada Gambar 11, didapatkan visualisasi kenaikan temperatur yang bertahap dimulai pada bagian bawah benda uji hingga bagian atas benda uji. Dari *thermal image* terlihat kenaikan temperatur yang signifikan dan merambat ke atas, hal ini tidak terlihat pada pengamatan visual benda uji.



**Gambar 11** Foto Pencitraan Kamera Infra Merah Pengujian Konfigurasi 1



**Gambar 12** Profil Pengukuran Temperatur pada Pengujian Konfigurasi 2



**Gambar 13** Profil Pengukuran Temperatur pada Pengujian Konfigurasi 2

Berdasarkan pengukuran temperatur pada benda uji dengan termokopel didapatkan bahwa temperatur benda uji mengalami penyalaan api sejak menit ke 3, kemudian suhu pada panel ACP mengalami pertumbuhan hingga menit ke 5. Sampel uji mengalami *flashover* atau peningkatan secara tajam dari menit ke 5 hingga menit ke 7, tahap *fully developed* (pembakaran penuh) di menit ke 7 hingga menit ke 10, terutama pada TC *channel 1* (titik terdekat dengan *burner*, bagian bawah benda uji). Setelah menit ke 10 hingga pengujian diakhiri terjadi tahap *decay* / tahap surut. Pada TC 2, TC 3, dan TC 4 memiliki pola kenaikan temperatur yang sama, dikarenakan perambatan api terjadi di belakang posisi masing-masing termokopel tersebut (di dalam celah antara ACP dan *frame* belakang). Pada TC 5, TC 6, TC 7, dan TC 8 tidak mengalami kenaikan yang signifikan, dikarenakan posisi TC tersebut berada pada sisi siku sebelah kanan dan tidak terpapar oleh api seperti ditunjukkan pada Gambar 12. Berdasarkan pengukuran *heat flux* menggunakan acuan standar uji ISO 13085 2012, didapatkan profil pengukuran *heat flux* seperti ditampilkan pada gambar berikut. Hasil pengukuran *heat flux* menunjukkan terjadi fluktuasi nilai antara, seperti pada Gambar 13.



**Gambar 14** Kondisi Awal Pengujian Konfigurasi Ke-2, Menit Ke-8, dan Menit Ke-10



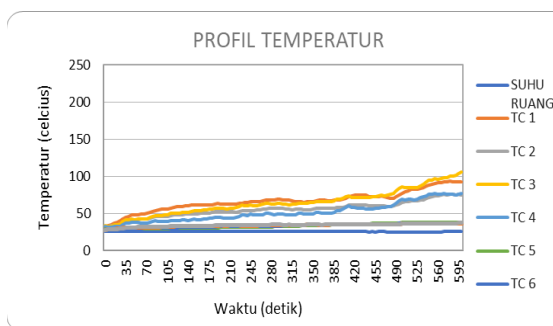
### Konfigurasi 3

Pengujian dilakukan dengan kondisi temperatur ruangan 25,3°C dan kondisi kecepatan angin ruang uji 0,08 m/s. Hal ini sesuai dengan persyaratan kecepatan angin pada ruang uji yang tidak boleh lebih dari 0,5 m/s. Dari pengamatan visual, diketahui munculnya lidah api di bagian atas ACP, di antara ACP dan *Frame Aluminum* pada menit ke-10 seperti pada Gambar 14.



**Gambar 15** Kondisi ACP pada Menit Ke-10 Pembakaran

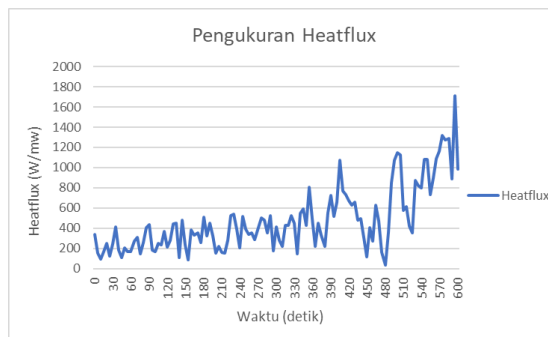
Berdasarkan pengukuran *thermal imaging* dengan menggunakan kamera *thermal trotec*, pada gambar 15, didapatkan visualisasi kenaikan temperatur yang bertahap dimulai pada bagian bawah benda uji hingga bagian atas benda uji. Dari *thermal image* terlihat kenaikan temperatur yang signifikan dan merambat dari sumber api di bawah ke atas benda uji, hal ini tidak terlihat pada pengamatan secara visual benda uji di bagian depan.



**Gambar 16** Profil Pengukuran Temperatur pada Pengujian Konfigurasi 3

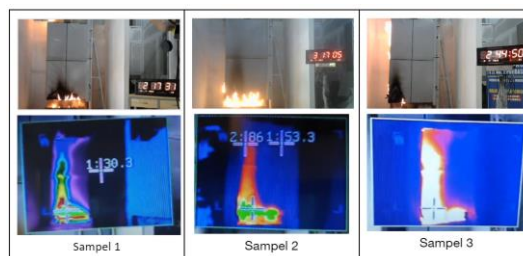
Berdasarkan pengukuran temperatur pada benda uji dengan termokopel didapatkan bahwa temperatur benda uji mengalami penyalaan api sejak menit ke 3, kemudian suhu pada panel ACP mengalami pertumbuhan secara perlahan hingga pengujian berakhir pada TC 1, TC 2, TC 3, dan TC 4 memiliki pola kenaikan temperatur yang sama, dikarenakan perambatan api terjadi di belakang

posisi masing-masing termokopel tersebut (di dalam celah antara ACP dan *frame* belakang). Pada TC 5, TC 6, TC 7, dan TC 8 tidak mengalami kenaikan yang signifikan, dikarenakan posisi TC tersebut berada pada sisi siku sebelah kanan dan tidak terpapar oleh api, seperti ditunjukkan pada Gambar 16.



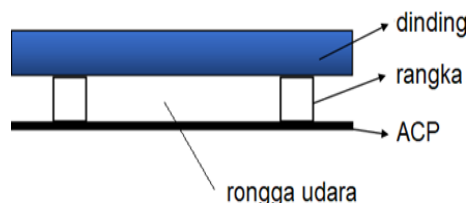
**Gambar 17** Pengukuran Temperatur pada Pengujian Konfigurasi 3

Berdasarkan pengukuran *heat flux* menggunakan acuan standar uji ISO 13085 2012, hasil pengukuran *heat flux* menunjukkan terjadi fluktuasi nilai antara, seperti ditunjukkan pada Gambar 17.



**Gambar 18** Perambatan Api pada Uji ACP Inti PE Skala Medium

Eksperimen menggunakan uji model skala intermediate ISO13785-1 terhadap tiga buah konstruksi selubung bangunan gedung ACP dengan inti PE menunjukkan fenomena perambatan api yang unik. Terlihat secara visual bahwa api merambat dari bawah, yang merupakan asal api,



**Gambar 19** Rongga Udara yang Terbentuk antara Dinding dan ACP

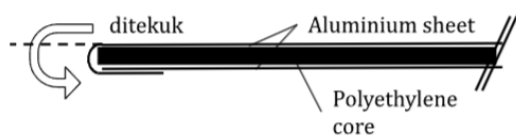
langsung ke bagian atas sampel di sisi belakang (Gambar 18). Bagian tengah sampel sisi depan secara visual tidak terlihat mengalami pembakaran.

Pada ketiga pengujian tersebut terlihat melalui kamera termal bahwa udara panas mengalir ke atas melalui celah yang terbentuk antara lembaran ACP dengan dinding tempat sampel. Celah yang terbentuk minimum adalah setebal rangka metal yang digunakan (Gambar 19).

Udara bagian atas yang sudah tercampur gas hasil pembakaran PE yang terbakar menjadi lebih panas dan lebih mudah terbakar. Rongga udara antara ACP dan dinding berperan sebagai cerobong yang menjadi jalan penyebaran udara panas secara konveksi ke bagian atas.

Pergerakan udara panas ini tidak terlihat secara visual, namun akibat yang ditimbulkan dapat diamati secara visual dengan kemunculan api di bagian atas yang membakar sisi bagian belakang ACP. Pergerakan udara panas juga tidak terdeteksi melalui sensor temperatur maupun sensor radiasi panas yang terpasang karena terjadi agak jauh dari *sensing area*-nya. Aliran udara panas terjadi di pinggir dinding ACP sedangkan sensor dipasang di bagian tengah sehingga sensor temperatur tidak dapat mendeteksi dengan baik; adapun sensor radiasi dipasang menghadap ke depan sedangkan aliran udara panas terjadi di belakang sensor. Efek cerobong inilah yang memungkinkan api merambat dengan cepat dari sumber api di bawah ke bagian atas.

Mekanisme perambatan api antar panel ACP adalah dampak lanjutan yang terjadi akibat pelemahan ikatan komposit yaitu terlepasnya bagian inti ACP berupa *polyethylene* (PE) yang mudah terbakar dari konstruksi sehingga dapat terekspos langsung terhadap api. Bagian PE yang meleleh dan terekspos inilah yang akan memberikan kontribusi terhadap penyebaran api antar panel ACP. Pelemahan ikatan antara aluminium dan inti ACP terjadi ketika sudah ada paparan panas api dengan temperatur yang cukup tinggi di sekitar panel ACP. Hal ini yang perlu diwaspadai terkait penggunaan ACP yang dikhawatirkan berkontribusi terhadap penyebaran api pada insiden kebakaran bangunan gedung.



**Gambar 20** Metode Pemotongan dan Pelipatan Bentuk U Modul Panel ACP untuk Meminimalisir Ekspos Material Inti PE

Salah satu alternatif untuk meminimalisir penetrasi api terhadap tereksposnya material inti PE adalah dengan menyesuaikan metode pemotongan panel ACP yang dilaksanakan dengan tekukan berbentuk U seperti ilustrasi pada Gambar 20 berikut.

Alternatif lainnya adalah dengan melapisi material inti PE yang terekspos dengan penerapan material *Fire Retardant*.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian skala intermediet pada ACP maka dapat disimpulkan bahwa hasil uji reaksi terhadap api skala menengah (ISO 13785-1 "*Reaction to fire tests for facades - Intermediate-scale test*"), penyebaran api pada sistem selubung bangunan ACP dapat terjadi saat *polyethylene* mulai terbakar dan menyebar antar panel. Penyebaran antar panel terjadi akibat efek cerobong pada celah yang terbentuk pada sistem selubung bangunan gedung terhadap dinding di mana selubung menempel.

Berdasarkan hal tersebut, maka penggunaannya sebagai material bangunan gedung terkait keselamatan kebakaran disarankan dengan [1] menggunakan ACP dengan material inti yang bersifat *non-combustible*; [2] menyediakan sistem proteksi kebakaran pasif berupa komponen *firestop* antar lantai untuk mencegah jatuhnya lelehan ACP terutama pada jalur *exit* dan menghambat penyebaran api antar lantai; [3] meminimalisir penyebaran api dengan kompartemenisasi menggunakan material *noncombustible* dengan menerapkan kombinasi sistem pemasangan ACP dan panel aluminium secara vertikal dan horizontal; [4] kompartemenisasi (proteksi pasif) potensi sumber api terhadap sistem selubung bangunan ACP, serta mengoptimalkan sistem proteksi aktif di lokasi tersebut (misalnya kompartemenisasi dapur, penyediaan APAR, menempatkan sprinkler); [5] menggunakan material insulator tahan api di dalam sistem selubung bangunan ACP (misalnya dengan *coating fire retardant* (FR)); [6] menambahkan proteksi pada ujung ACP seperti menggunakan profil siku pada sudut sistem selubung bangunan; [7] menggunakan sistem tekukan berbentuk U pada bagian sudut ACP dan sambungan antar ACP.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Dr. Wahyu Sudjatkiko, S.T., M.T., Bapak Ir. Nugraha Budi Raharja, dan Bapak Fefen Suhedi, S.T. M.S.P., selaku Penyelia, Bapak Dr. Adrianus Pangaribuan, M.T., CFEI, selaku Narasumber, serta Bapak

Ramadhan Pratama Gumilar, S.T., dan Muhammad Ridlo Haqiqi, S.T. sebagai Engineer penguji yang telah menjadi bagian dalam penelitian serta memberikan masukan pada jurnal ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03-6765-2002 Tentang Spesifikasi Bahan Bangunan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah Dan Gedung. Jakarta.
- International Organization for Standardization. 2014. ISO 13085:2014 Petroleum and natural gas industries – Aluminium alloy pipe for use as tubing for wells.
- Chen, Timothy Bo Yuan, Anthony Chun Yin Yuen, Guan Heng Yeoh, Wei Yang, and Qing Nian Chan. 2019. "Fire Risk Assessment of Combustible Exterior Cladding Using a Collective Numerical Database." *Fire* 2 (1): 1–14. <https://doi.org/10.3390/fire2010011>.
- Guillaume, Eric, Talal Fateh, Renaud Schillinger, Roman Chiva, and Sebastian Ukleja. 2018. "Study of Fire Behaviour of Facade Mock-Ups Equipped with Aluminium Composite Material-Based Claddings, Using Intermediate-Scale Test Method." In *Fire and Materials*, 42:561–77. John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/fam.2635>.
- International Organization for Standardization. 2002. "ISO 13785-1:2002. Reaction-to-fire Tests for Façades—Part 1: Intermediate-scale."
- Lahoz, E, and F Hernández de Olivares. 2014. "Preliminar Assessment of Durability for Aluminium Composite Panels." In *Construction and Building Research*, 453–61. Springer.
- Lane, B. 2018. "Dr Barbara Lane Report of Specialist Field on Behalf Of: Fire Safety Engineering Grenfell Tower Inquiry." Ove Arup & Partners Limited
- McKenna, Sean T., Nicola Jones, Gabrielle Peck, Kathryn Dickens, Weronika Pawelec, Stefano Oradei, Stephen Harris, Anna A. Stec, and T. Richard Hull. 2019. "Fire Behaviour of Modern Façade Materials – Understanding the Grenfell Tower Fire." *Journal of Hazardous Materials* 368 (April): 115–23. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.12.077>.
- Mohaney, Priyanka, and Er Gaurav Soni. 2018. "Aluminium Composite Panel as a Facade Material." *International Journal of Engineering Trends and Technology* 55 (2). <http://www.ijettjournal.org>.
- White, Nathan. 2020. "Fire Performance and Test Methods for ACP External Wall Cladding Technical Report." CSIRO, Australian Government