

# STRUKTUR MATERIAL FIBREALUM SEBAGAI PENGGANTI MATERIAL ALUMINIUM 3003 UNTUK BAHAN PENUTUP ATAP DAN DINDING UNTUK DIKAWASAN PABRIK PUPUK DAN PANTAI

**Samdi Yarsono**

Civil Engineer, Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Desain – BPPT  
Jl. Puspiptek Serpong, Gedung 480 BTBRD-BPPT, Tangerang Selatan-Banten, 15314  
\*Email : Samdi.yarsono@bppt.go.id atau abi.dzaky@yahoo.com

## ABSTRAK

Kondisi operasional pabrik yang merupakan kawasan pabrik pupuk yang dapat diperkirakan akan terdapat bahan-bahan kimia, seperti bahan-bahan yang berbasis amonia dan bahan kimia lainnya yang dapat bersifat korosif, ditambah juga didaerah pantai terbuka, menghadap langsung ke laut merupakan kawasan pantai (coastal area) yang relatif mempunyai potensi tingkat korosi yang tinggi, menjadi masalah yang sering ditemui. Mencari alternatif material yang dipakai sebagai bahan penutup atap dan dinding pada bangunan fasilitas industri pupuk merupakan komponen yang penting pada bangunan tersebut, mengingat pemilihannya harus memenuhi kriteria kekuatan bahan, ketahanan bahan terhadap kondisi cuaca lokal, ketahanan bahan terhadap berbagai kondisi operasional pabrik di industri yang bersangkutan. Dengan melakukan perbandingan karakteristik sifat fisik dan mekanik antara material atap dan dinding aluminium 3003 dan Fibrealum. Material bangunan yang digunakan material komposit yang ditinjau sebagai material alternatif Aluminium 3003 untuk bahan penutup atap dan dinding adalah Glass Fibre Reinforced Polymer (GFRP) FIBREALUM yang mempunyai sistem laminasi : lapisan paling atas dan bawah adalah plastic film (tebal 25  $\mu\text{m}$ ) dari material PET (polyethylene terephthalate) yang mengandung bahan additif Ultraviolet (UV) inhibitor dan didesain rekat dengan Glass Fibre Reinforced Polymer (GFRP), lapisan di bawah plastic film bagian atas adalah lamina gel-coat dari polimer unsaturated polyester resin (UPR) tipe isophthalic dari polimer/ resin Norsodyne Polycor Topcoat, lapisan struktur GFRP (structural lamination layers) di bawah lapisan gelcoat dan di atas plastic film bagian bawah terdiri dari dua lapis structural layers dari serat penguat E-glass chopped strand mat dan matriks dari resin UPR tipe orthophthalic. Sifat fisik dan mekanik sebagai bahan penutup atap, material komposit GFRP FIBREALUM dengan ketebalan 1,25 mm dan 1,50 mm dapat dikatakan mempunyai kesetaraan dengan bahan material logam paduan Aluminium. Kekuatan mekanik (kuat tarik) bahan logam Aluminium 3003 dengan tebal 0,70 mm atau 1,02 mm relatif lebih besar dari material FIBREALUM.

**Kata kunci:** material atap dan dinding, fibrealum, aluminium 3003, pabrik pupuk, pantai

## ABSTRACT

*Operational condition of the plant which is an area of fertilizer plants can be expected to be contained chemicals, such as materials based ammonia and other chemicals that can be corrosive, plus also the area of the open coast, facing directly into the sea is the coastal area (coastal area), which has relatively high corrosion potential, is a common problem. Finding alternatives to a material used as a cover material roof and walls of the building facilities fertilizer industry is an important component in the building, considering the election must meet the criteria of material strength, durability of materials to local weather conditions, resistance of materials to various conditions operational factories in the industry concerned. By performing a characteristic comparison of physical and mechanical properties between roof materials and aluminum walls 3003 and Fibrealum. Building materials used composite materials are reviewed as an alternative material Aluminum 3003 for materials roofing and walls are Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) FIBREALUM which has a laminate system: top layer and the bottom is a plastic film (thickness 25  $\mu\text{m}$ ) of the material PET (polyethylene terephthalate) containing a denaturant additive Ultraviolet (UV) inhibitors and designed sticking with Glass Fiber Reinforced polymer (GFRP), the layer below the plastic film upper part is lamina gel-coat of polymer unsaturated polyester resin (UPR) type Isophthalic of polymer / resin Norsodyne Polycor Topcoat, GFRP layer structure (structural lamination layers) under a layer of gelcoat and plastic film over the bottom two layers of structural layers of reinforcing E-glass fiber chopped strand mat and the matrix of the UPR resin orthophthalic type. Physical and mechanical properties as roofing material, composite material GFRP FIBREALUM with a thickness of 1.25 mm and 1.50 mm can be said to have equality with Aluminum alloy material. Mechanical*

*strength (tensile strength) of Aluminum 3003 metal with 0.70 mm or 1.02 mm thick is relatively larger than FIBERALUM material.*

**Keywords :** *roof and wall materials, fibrealum, aluminum 3003, fertilizer factory, beach*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Perkembangan teknologi material khususnya material komposit berpenguat serat atau yang dikenal sebagai material Glass Fibre Reinforced Polymer (GFRP) telah memungkinkan digunakan sebagai bahan alternatif dari material yang berbasis metal/logam untuk diterapkan pada berbagai aplikasi. Penggunaan bahan komposit polimer berpenguat serat gelas untuk bahan konstruksi bangunan pabrik dapat digunakan sebagai bahan penutup atap dan dinding. Material GFRP merupakan material komposit polimer berpenguat serat gelas. Pada dasarnya, material ini disusun dari bahan matriks yang berbasis resin polimer yang diperkuat oleh serat gelas (glass fibre). Bahan lainnya dapat ditambahkan, seperti bahan pengisi (filler), fire retardant, untuk mendapatkan sifat fisik atau mekanik tertentu yang diinginkan. Pada terapan tertentu bahan komposit dapat dipertimbangkan sebagai bahan alternatif yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan yang berbasis metalik.

### Tujuan dan Keluaran

Tujuan dari studi ini adalah:

- a. Melakukan kajian teknis bahan komposit polimer berpenguat serat gelas atau Glass Fibre Reinforced Polymer (GFRP) sebagai bahan penutup atap dan dinding.
- b. Melakukan studi banding aplikasi bahan komposit polimer berpenguat serat gelas atau Glass Fibre Reinforced Polymer (GFRP) dengan bahan aluminium industrial Al 3003 untuk penggunaan pada bahan penutup atap dan dinding.

### Keluaran yang ditargetkan:

- c. Melakukan review dan analisa data teknis material yang diperoleh, meliputi analisa karakteristik fisik, karakteristik mekanik, ketahanan terhadap korosi dan bahan kimia.

- a. Kajian teknis perbandingan aplikasi bahan komposit polimer berpenguat serat gelas dengan bahan aluminium paduan industrial sebagai bahan penutup atap dan dinding pada bangunan industri pabrik pupuk. Khususnya untuk bahan komposit FIBREALUM yang diproduksi di dalam negeri dengan bahan berbasis metalik/logam paduan Aluminium 3003 (UNSA 93003) atau bahan Aluminium paduan lainnya yang setara. Bahan penutup atap dari bahan komposit FIBREALUM dengan ketebalan 1,25 mm dan 1,50 mm dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk bahan logam paduan Aluminium 3003 dengan ketebalan 0,70 mm dan 1,02 mm.
- b. Kajian perbandingan biaya penggunaan bahan komposit polimer FIBREALUM dan bahan logam paduan Aluminium 3003 (UNSA 93003) yang biasa digunakan di fasilitas bangunan di PABRIK PUPUK, sebagai bahan penutup atap dan dinding.

## METODOLOGI DAN TAHAPAN KEGIATAN:

Metodologi dan Tahapan Kegiatan yang dilakukan dalam studi kajian ini, meliputi:

- a. Melakukan Studi Literatur Teknologi Material Komposit Berpenguat Serat dan sheet metal cladding.
- b. Pengumpulan data primer dan sekunder, yaitu berupa data spesifikasi teknis, hasil pengujian material, harga material dan data lainnya yang relevan dari produk yang dikaji.
- d. Menyusun rekomendasi penggunaan bahan bangunan sebagai penutup atap dan dinding bangunan pabrik pupuk.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan data klimatologi tahun 2002 – 2011, kondisi tipikal iklim / cuaca lokal pada kawasan industri PABRIK PUPUK adalah sebagai berikut:

- Rata rata bulan basah adalah 110 sedangkan rata rata bulan kering 4 dalam periode curah hujan 10 tahun (2002 – 2011), sehingga diperoleh nilai Q adalah 3,63%. termasuk tipe iklim A atau daerah beriklim sangat basah
- Temperatur udara maksimum di daerah studi berkisar antara 32,2 – 33,9 °C dan temperatur minimum berkisar antara 21,2 – 22,2 °C.
- Curah hujan minimum terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 47,5 mm dan curah

hujan maksimum terjadi pada bulan November yang mencapai 548,1 mm

Berdasarkan butir (b) diatas, kondisi temperatur udara maximum sebesar 33,9 °C dan minimum sebesar 21,2 °C, jelas masih dalam batas temperatur operasi material FIBREALUM, yaitu -20 °C s.d. 65 °C. Dalam hal ini, sebagaimana butir (b) diatas, perbedaan temperatur maximum dan minimum yang dapat terjadi di kawasan industri PABRIK PUPUK adalah sebesar 33,9 °C - 21,2 °C = 12,7 °C, dengan laju kenaikan ataupun penurunan yang bersifat alamiah (natural) tidak akan menyebabkan terjadinya defleksi panas yang tinggi dan tiba-tiba pada material. Dengan demikian, diharapkan tidak akan terjadi perubahan sifat kekuatan dan kekakuan

dari material FIBREALUM akibat adanya perubahan temperatur sebesar 12,7 °C yang terjadi secara alamiah.

Kondisi Iklim/Cuaca Lokal Kawasan Industri Pupuk:

- Rata rata bulan basah adalah 110 sedangkan rata rata bulan kering 4 dalam periode curah hujan 10 tahun (2002 – 2011), sehingga diperoleh nilai Q adalah 3,63%. termasuk tipe iklim A atau daerah beriklim sangat basah.
  - Temperatur udara maksimum di daerah studi berkisar antara 32,2 – 33,9 oC dan temperatur minimum berkisar antara 21,2 oC – 22,2 oC, dengan perbedaan temperatur maximum = 33,9 oC - 21,2 oC = 12,7 oC.
  - Curah hujan minimum terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 47,5 mm dan curah hujan maksimum terjadi pada bulan November yang mencapai 548,1 mm
  - Tekanan udara menunjukkan kisaran antara 1022 – 1024 mb
  - Kecepatan angin rata – rata 4,12 m/s, arah angin dominan terjadi dari tenggara mencapai 40 % dan dari barat mencapai 10 %
- Kondisi Lingkungan Penggunaan Bahan
- Lingkungan daerah pantai (coastal area) : uap air laut, air laut dan unsur garam yang korosif
- Industri bahan kimia pabrik pupuk: emisi UREA, NPK dan bahan kimia yang korosif.

Dari hasil evaluasi bahan penutup atap/dinding bisa dilihat pada tabel 1 dan table 2

Tabel 1. Matriks Evaluasi Bahan Penutup Atap / Dinding

Aspek Kajian	Material Komposit FIBREALUM Tebal t =1,25 mm	Material Komposit FIBREALUM Tebal t= 1.50 mm	Material Metalik Aluminium GTR 960 Tebal t=0,70 mm	Material Metalik Aluminium GTR 960 Tebal t= 1,02 mm
<b>Karakteristik Fisik</b>				
Jenis Material	Komposit Matriks Polimer Berserat Gelas – GFRP ( <i>Glass Fibre Reinforced Polymer</i> )	Komposit Matriks Polimer Berserat Gelas – GFRP ( <i>Glass Fibre Reinforced Polymer</i> )	Paduan Aluminium 3003 (UNSA 93003)	Paduan Aluminium 3003 (UNSA 93003)

Massa (berat) atap per meter persegi	2,44 kg/m <sup>2</sup>	2,93 kg/m <sup>2</sup>	2,50 kg/m <sup>2</sup>	3,65 kg/m <sup>2</sup>
Massa jenis	1420 - 1500 kg/m <sup>3</sup>	1420 – 1500 kg/m <sup>3</sup>	2700 – 2750 kg/m <sup>3</sup>	2700 – 2750 kg/m <sup>3</sup>
Heat distortion temperature (°C)	> 260	> 260		
Operating temperature (°C)	-20 s.d. 65	-20 s.d. 65		
Karakteristik sebagai isolator panas	Baik	Baik	Tidak Sebaik Bahan GFRP	Tidak Sebaik Bahan GFRP
Karakteristik sebagai Peredam Suara (terutama terhadap curah air hujan)	Baik	Baik	Tidak Sebaik Bahan GFRP	Tidak Sebaik Bahan GRFP
<b>Karakteristik Mekanik</b>				
Kuat Tarik	104 – 129 MPa	104 – 129 MPa.	72 – 135 MPa.	72 – 135 MPa.
Kuat Lentur	140 – 245 MPa	N/A	N/A	N/A
Kuat Geser Punch	52,3 MPa	N/A	90 MPa	90 MPa

Tabel 2. Matriks Evaluasi Bahan Penutup Atap / Dinding

Aspek Kajian	Material Komposit FIBREALUM Tebal, t=1,25 mm	Material Komposit FIBREALUM Tebal t= 1.50 mm	Material Metalik Aluminium GTR 960 Tebal t=0,70 mm	Material Metalik Aluminium GTR 960 Tebal t= 1,02 mm
Momen Inersia Penampang Atap Twin Rib (c=26,8 mm)	277.566,0 mm <sup>4</sup>	394.099,00 mm <sup>4</sup>	154.831,0 mm <sup>4</sup>	261.644,0 mm <sup>4</sup>
<b>Pemasangan Gording</b>				
Jarak pemasangan antar <i>gording maximum</i>	1,20 m	1,40 m	1,10 m	1,50 m
Ketahanan terhadap ekspose iradiasi sinar ultraviolet ( <i>UV attact</i> )	Lapisan teratas merupakan plastic film anti UV & dibawahnya lapisan gel-coat anti UV dari <i>unsaturated polyester resin</i> tipe <i>isophthalic</i> (double UV protection)	Lapisan teratas merupakan plastic film anti UV & dibawahnya lapisan gel-coat anti UV dari <i>unsaturated polyester resin</i>	Tidak ada UV protection, Kurang tahan terhadap irradiasi UV	Tidak ada UV protection, Kurang tahan terhadap irradiasi UV

		tipe <i>isophthalic</i> (double UV protection)		
Ketahanan terhadap cuaca / iklim panas	Lapisan teratas merupakan plastic film anti UV & dibawahnya lapisan gel-coat anti UV dari <i>unsaturated polyester resin</i> tipe <i>isophthalic</i> (double UV protection) & bahan tidak menghantarkan panas.	Lapisan teratas merupakan plastic film anti UV & dibawahnya lapisan gel-coat anti UV dari <i>unsaturated polyester resin</i> tipe <i>isophthalic</i> (double UV protection) & bahan tidak menghantarkan panas.	Mempunyai ketahanan panas terhadap kondisi iklim/cuaca setempat, akan tetapi merupakan bahan penghantar panas yang lebih baik dibandingkan dengan bahan berbasis polymer	Mempunyai ketahanan panas terhadap kondisi iklim/cuaca setempat, akan tetapi merupakan bahan penghantar panas yang lebih baik dibandingkan dengan bahan berbasis polymer
Ketahanan dengan Kondisi Lingkungan Pantai (coastal area) yang Korosif	Bahan polimer dan bahan serat gelas tidak dapat mengalami korosi alam	Bahan polimer dan bahan serat gelas tidak dapat mengalami korosi alam	Bahan metalik dapat mengalami korosi	Bahan metalik dapat mengalami korosi
Ketahanan terhadap bahan kimia yang diproses oleh pabrik pupuk (Urea/Amonia dan NPK)	Lapisan bawah dilindungi plastic & <i>unsaturated polyester resin</i> , sehingga tahan terhadap bahan pupuk Urea & NPK	Lapisan bawah dilindungi plastic & <i>unsaturated polyester resin</i> , sehingga tahan terhadap bahan pupuk Urea & NPK	Adanya SO <sub>2</sub> dapat mempengaruhi tingkat korosi bahan paduan Aluminium	Adanya SO <sub>2</sub> dapat mempengaruhi tingkat korosi bahan paduan Aluminium
Prediksi perioda umur pakai di kawasan industri pupuk	15 tahun	15 tahun	4 – 6 tahun	4-8 tahun
Ketahanan terhadap Nyala Api	Sulit terbakar (menggunakan zat <i>fire retardant</i> ), Uji ASTM D- 635 sertifikat uji <i>flammability test</i> : kelas HB, laju rambat arah horizontal nol)	Sulit terbakar (menggunakan zat <i>fire retardant</i> ), Uji ASTM D- 635 sertifikat uji <i>flammability test</i> : kelas HB, laju rambat arah horizontal nol)	Sulit terbakar, bahan mempunyai sifat konduktor panas yang baik	Sulit terbakar, bahan merupakan konduktor panas yang baik.
Estimasi harga satuan bahan dan ongkos pemasangan atap per	N/A	Rp. 242.800,- /m <sup>2</sup>	N/A	Rp. 240.800,- /m <sup>2</sup>

satuan luas				
Estimasi harga satuan bahan dan ongkos pemasangan atap per satuan luas untuk jangka waktu pemakaian 10 tahun.	N/A	Rp. 242.800,- / m <sup>2</sup>	N/A	Rp. 481.600,- / m <sup>2</sup>
Masa Garansi	Masa Garansi Pemakaian 10 tahun	Masa Garansi Pemakaian 15 tahun	Masa Garansi Pemakaian 15 – 20 tahun	Masa Garansi Pemakaian 15 - 20 tahun

### Karakteristik Fisik & Mekanik

Bahan penutup FIBREALUM mempunyai masa jenis yang lebih rendah dari bahan logam paduan Aluminium 3003, maka dengan demikian bahan FIBREALUM akan mempunyai berat bahan per meter persegi juga mempunyai nilai yang lebih rendah dari bahan logam paduan Aluminium, seperti dapat dilihat pada Tabel 5.1. Dampaknya secara keseluruhan, beban mati (*dead load*) komponen struktur penutup atap ataupun dinding yang akan bekerja pada struktur rangka bangunan akan menjadi lebih kecil.

Kuat tarik bahan penutup atap dari Aluminium, umumnya mempunyai nilai yang lebih besar dari bahan FIBREALUM. Namun demikian, perbedaannya tidak terlalu besar. Sebagai contoh, kuat tarik bahan logam paduan aluminium dengan tebal 0,7 mm dapat mencapai 135 MPa, sedangkan FIBREALUM dengan tebal 1,25 mm mempunyai nilai kuat tarik dibawahnya sebesar 129 MPa. Lebih lanjut perbedaan dalam sifat dasar mekanik (*basic engineering properties*), dalam aplikasi struktur akan digunakan sebagai parameter desain, sehingga dapat menghasilkan desain struktur yang sama-sama kuat dan kaku.

Struktur penutup atap pada umumnya merupakan struktur pelat yang ditumpu pada beberapa tumpuan, dimana tumpuannya adalah gording yang dipasang pada jarak tertentu. Seperti dapat dilihat pada Tabel 5.1, nilai momen inersia penampang (*moment of inertia*) dari bahan FIBREALUM mempunyai nilai yang jauh lebih besar dari nilai yang dimiliki oleh penampang yang setara dari bahan Aluminium. Hal ini sangat menguntungkan

bagi penggunaan FIBREALUM sebagai bahan penutup atap mengingat tegangan maximum pada bahan berbanding terbalik dengan momen inersia penampang, dimana untuk beban lentur yang sama, maka tegangan maximum yang bekerja pada penampang bahan FIBREALUM dapat lebih kecil.

Demikian pula untuk kekakuan dari struktur penutup atap, nilai lendutan / deformasi vertikal akan berbanding terbalik dengan nilai momen inersia penampang.

Dengan demikian, untuk pembebanan dan bentang yang sama, lendutan vertikal pada bahan FIBREALUM dapat mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai serupa untuk bahan Aluminium.

Besaran karakteristik fisik lainnya yang penting adalah secara kualitatif relatif rendahnya koefisien muai panjang untuk Bahan FIBREALUM dibandingkan dengan bahan logam paduan Aluminium. Hal ini, menyebabkan rendahnya deformasi muai panjang dari bahan penutup atap FIBREALUM dibandingkan dengan bahan logam paduan Aluminium. Dengan demikian deformasi pada dimensi panjang menjadi relatif rendah, maka tambahan tegangan sekunder akibat adanya perbedaan temperatur pada bahan FIBREALUM dapat mejadi relatif

lebih rendah dibandingkan bahan penutup atap berdasarkan logam paduan Aluminium.

Ketahanan terhadap Kondisi Cuaca/Iklim Lokal, Panas/Api dan Bahan Kimia

Temperatur lokal pada kawasan Pabrik Pupuk, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 5(a) dan (b), mempunyai rentang temperatur

dari 21,2 °C sampai dengan 33,9 °C, dengan demikian perbedaan temperatur maksimum yang dapat terjadi adalah sebesar (33,9 °C - 21,2 °C) = 12,7 °C. Nilai temperatur dan nilai perbedaan sebesar ini masih dalam batas izin penggunaan baik bahan penutup atap menggunakan bahan FIBREALUM maupun bahan berbasis Logam paduan Aluminium. Dengan demikian, kondisi temperatur lokal yang ada tidak berdampak atau berpengaruh pada penggunaan baik bahan FIBREALUM

dan bahan berbasis Aluminium paduan. Hal yang perlu diperhatikan adalah ketahanan atau durabilitas bahan terhadap kondisi terjadinya akumulasi panas, misalnya karena ada bahan didalam bangunan yang terbakar. Bahan FIBREALUM mempunyai operating temperatur -20° C s.d. 65° C.

Pengaruh proses weathering bahan FIBREALUM terhadap sifat mekanisnya dapat dilihat pada Tabel 3. berikut.

Tabel 3. Pengaruh accelerated weathering pada sifat mekanik Bahan FIBREALUM

Karakteristik Mekanik	Nilai	Metoda Pengujian
Tensile strength (MPa)		
a) initial	113 ÷ 129	ASTM D882-2002
b) 1000 h accelerated weathering	104 ÷ 128	
Tensile modulus (MPa)		
a) initial	2271 ÷ 3059	ASTM D882-2002
b) 1000 h accelerated weathering	2386 ÷ 2601	
Flexural strength (MPa)		
a) initial	241 ÷ 245	ASTM D790-2003
b) 1000 h accelerated weathering	210 ÷ 230	
Flexural modulus (MPa)		
a) initial	6408 ÷ 6567	ASTM D790-2003
b) 1000 h accelerated weathering	6611 ÷ 7547	

Seperti dapat dilihat pada Tabel 3 hasil pengujian *accelerated weathering* selama 1000 jam memperlihatkan terjadinya penurunan sifat mekanis (kuat tarik, kuat lentur) dari bahan FIBREALUM. Seperti dapat dilihat pada Tabel 3 penurunan kuat tarik dapat mencapai 1,00% s.d 7,96% , sedangkan kuat lentur dapat mengalami penurunan 6,12% s.d 12,86% untuk accelerated weathering selama 1000 jam. Penurunan sifat mekanik akibat weathering ini perlu diantisipasi dalam desain kekuatan dan kekakuan untuk panjang bentang bersih pemasangan bahan penutup atap FIBREALUM, sehingga setelah mengalami weathering jangka panjang kriteria kekuatan dan kekakuan desain masih dapat dipenuhi. Hal serupa perlu diperhitungkan juga apabila terjadi penurunan sifat mekanis karena proses weathering dari bahan Aluminium.

Ketahanan terhadap iradiasi Ultraviolet (UV) dan Kelembaban

Untuk melakukan kajian ketahanan bahan FIBREALUM dapat dilihat konfigurasi laminasi komposit FIBREALUM, seperti dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Laminasi Bahan Komposit FIBREALUM

Lapisan paling atas dan bawah adalah *plastic film* (tebal 25 µm) dari material PET (*polyethyleneterephthalate*) yang mengandung bahan additif Ultraviolet (UV) inhibitor dan didesain rekat dengan Glass Fibre Reinforced Polymer (GFRP). Lapisan di bawah *plastic film* bagian atas adalah lamina *gel-coat* dari polimer *unsaturated polyester resin* (UPR) tipe *isophthalic* dari polimer/ resin *Norsodyne Polycor Topcoat*. Dari sistem laminasi FIBREALUM terlihat bahwa lapisan film plastik atas dan bawah melindungi komposit

Serat Gelas – Resin Polyester dari kelembaban dan secara khusus lapisan film plastik atas yang dibuat dari material PET yang mengandung UV inhibitor dan lapisan dibawahnya gel-coat yang dibuat dari UPR tipe *isophthalic*. Kedua lapisan teratas ini mempunyai kemampuan efektifitas untuk memblokir irradiasi UV yang dapat merusak struktur komposit polyester – serat gelas.

Ketahanan terhadap Lingkungan yang Korosif dan Bahan Kimia  
Bahan FIBREALUM merupakan bahan komposit polimer berpenguat serat gelas yang disusun dari unsaturated polyester resin , serat

gelas *chopped strand mat*, *unsaturated polyester resin* bahan tambahan lainnya, seperti *fire retardant* dan jenis *resin polyester isophthalic* yang mempunyai ketahanan yang lebih baik terhadap bahan yang korosif dan bahan-bahan kimia lainnya, seperti bahan kimia yang dijumpai pada industri pupuk, seperti bahan-bahan yang mempunyai kandungan atau yang berbasis bahan Amonia. Merujuk referensi no. 3, resin *polyester isophthalic* dapat digunakan pada kondisi temperatur sampai dengan 50 °C dan mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia, yaitu bahan senyawa garam dan senyawa asam seperti pada Tabel 4.

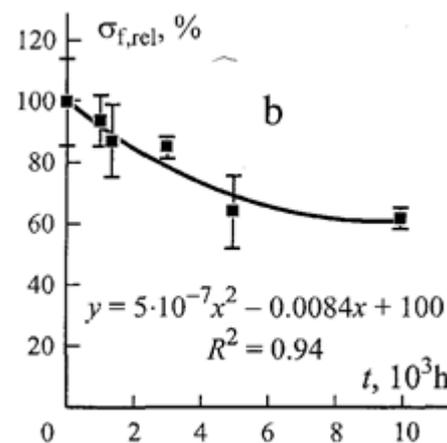
Tabel 4. Bahan Kimia

Garam	Asam
Aluminium Sulfat	10% acetic acid
10% Ammonium Carbonate	Benzoic acid
Ammonium Chloride	Boric
Ammonium Nitrat	Citric
Ammonium Sulfate	Fatty
Iron Salts	Oleic acid
5% Hidrogen Peroxida	25% Phosporic acid
Magnesium Salts	Tartaric acid
Nickel Salts	10% Sulfuric acid
	25% Sulfuric acid

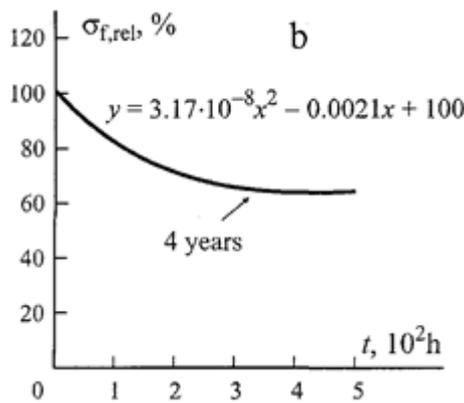
Berdasarkan referensi oleh Ribeiro, MCS et. al., "Effect of Natural and Artificial Weathering on the long term flexural performance of Polymer Mortars", yang dipublikasikan pada *Mechanics of Composite Materials*, Volume 45 no. 5, 2009, pengaruh pelapukan cuaca buatan (*artificial weathering*) dan pelapukan alamiah (*natural weathering*)

terhadap kekuatan lentur bahan resin polyester dapat dilihat pada Gambar 1(a), akibat ekspos benda uji dari bahan resin polyester pada *salt fog spray* (simulasi pelapukan buatan), material mengalami penurunan kuat lentur terhadap waktu. Secara indikatif, pengurangan sifat mekanik maksimum akibat uji pelapukan buatan (ekspos terhadap *salt fog spray*) terjadi sebesar 40%. Prediksi penurunan sifat mekanik (kuat lentur) menuju suatu nilai yang stabil untuk resin polyester terjadi pada waktu selama 4 tahun akibat ekspos terhadap cuaca alamiah, yaitu berkisar pada nilai 35%, seperti dapat dilihat pada Gambar 1(b). Prediksi

perubahan sifat mekanik untuk jangka waktu yang lebih panjang hanya dapat bersifat indikatif dan untuk resin polyester mempunyai nilai penurunan kuat lentur indikatif sebesar 35% (*final set*).



1(a) Penurunan kuat lentur akibat Pelapukan Cuaca Buatan (*salt fog spray*)



1(b) Prediksi Kuat Lentur akibat pelapukan cuaca alamiah (*outdoor exposure*)

**Aspek Ekonomi / Komersial**

Aspek ekonomis / komersial dilakukan dengan mengkaji perbandingan biaya pemakaian bahan atap/dinding FIBREALUM dibandingkan dengan pemakaian bahan penutup atap/dinding Aluminium 3003 tipe gelombang Twin Rib 960, bisa dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Biaya Satuan Bahan dan Pemasangan Atap

No.	Komponen Biaya	Atap / Dinding	
		FIBREALUM 1,5 mm	ALUMINIUM 1,02 mm
1	Estimasi harga bahan atap per meter persegi tipe gelombang Twin Rib 960	Rp. 151.200,-/ m1 lari. Overlapping pemasangan = 2 x 0,076 = 0,152 m Lebar efektif panel = 0,960 – 0,152 = 0,808 m Harga per m2 panel : Rp. 187.000,-/m2	Rp. 150.000,-/ m1 lari Overlapping pemasangan = 2 x 0,076 = 0,152 m Lebar efektif panel = 0,960 – 0,152 = 0,808 m Harga per m2 panel : Rp. 185.000,-/m2
2	Ongkos pasang atap per meter persegi (m2) lokasi di Bontang	Rp. 45.000,- /m2	Rp. 45.000,- /m2
3	Harga fastener SS410 + washer weatherlock @ Rp 3200,- x 3,4 unit/ m2 = Rp 10.880,-/ m2	Rp. 10.800,- /m2	Rp. 10.800,- /m2
	Estimasi biaya bahan dan pemasangan per satuan luas	Rp. 242.800,- /m2	Rp. 240.800,- /m2

Selanjutnya akan dikaji biaya satuan bahan dan pemasangan untuk pemakaian bahan FIBREALUM dan bahan Aluminium 3003 sebagai bahan penutup atap selama 10 tahun, dapat dilihat pada table 6, dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

- (a) Berdasarkan pengalaman Pabrik Pupuk, bahan penutup atap Aluminium 3003 yang digunakan di kawasan industri di Kalimantan Timur, Bontang, Kaltim memerlukan penggantian setelah pemakaian selama 5 s.d. 8 tahun.

- (b) Biaya bongkar-pasang dan fastener pada atap bahan Aluminium adalah 2 x karena masa pakai atap Aluminium diperkirakan 8 tahun, yaitu tahun ke-8 dilakukan penggantian.
- (c) Bahan penutup atap FIBREALUM dapat bertahan minimum 10 tahun.
- (d) Terjadinya kondisi atap bocor dan proses penggantian atap dapat menimbulkan potensi kerugian lainnya, misalnya berhentinya proses produksi atau berhentinya mesin produksi.

Tabel 6. Aspek Nilai Komersial untuk masa Pemakaian 10 Tahun

No.	Komponen Biaya	Atap / Dinding
-----	----------------	----------------

	FIBREALUM 1,5 mm	ALUMINIUM 1,02 mm	
1	Harga investasi atap per meter persegi tipe gelombang Twin Rib 960 (10 tahun)	Rp. 151.200,-/ m <sup>1</sup> lari atau Rp. 187.000,-/ m <sup>2</sup>	Rp. 150.000,-/ m <sup>1</sup> lari atau Rp. 185.000,- /m <sup>2</sup> 2x Rp. 185.000,- / m <sup>2</sup> = Rp. 370.000,-/ m <sup>2</sup>
2	Biaya bongkar pasang atap per meter persegi lokasi di Bontang (10 tahun)	1xRp 45.000,- = Rp. 45.000,-/ m <sup>2</sup>	2xRp45.000,-= Rp. 90.000,-/ m <sup>2</sup>
3	Harga fastener SS410 + washer weatherlock @ Rp 3200,- x 3,4 unit/ m <sup>2</sup> = Rp 10.880,-/ m <sup>2</sup>	1xRp 10.800,- = Rp 10.800/ m <sup>2</sup>	2xRp 10.800 = Rp 21.600/ m <sup>2</sup>
	Estimasi biaya bahan dan pemasangan pada masa pakai bahan atap selama 10 tahun	Rp. 242.800,- / m <sup>2</sup>	Rp. 481.600,- / m <sup>2</sup>

## SIMPULAN DAN SARAN

### SIMPULAN

Dari kajian yang dilakukan terhadap karakteristik fisik dan mekanik serta ketahanan terhadap korosi dan bahan kimia lainnya dari bahan penutup atap dan dinding dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Tinjauan dari sifat fisik dan mekanik sebagai bahan penutup atap, material komposit GFRP FIBREALUM dengan ketebalan 1,25 mm dan 1,50 mm dapat dikatakan mempunyai kesetaraan dengan bahan material logam paduan Aluminium. Kekuatan mekanik (kuat tarik) bahan logam Aluminium 3003 dengan tebal 0,70 mm atau 1,02 mm relatif lebih besar dari material FIBREALUM. Namun demikian perbedaan ini tidak terlalu signifikan dan aplikasi FIBREALUM sebagai komponen struktur atap, perlu didesain sesuai dengan sifat mekanik yang dimilikinya.
- Bahan komposit polimer polyester – serat gelas FIBREALUM mempunyai massa jenis yang lebih kecil dari bahan logam paduan Aluminium, sehingga dapat diperoleh struktur penutup atap yang ringan tapi kuat.
- Karakteristik unggulan dari bahan penutup atap / dinding komposit GFRP FIBREALUM:

- Tahan korosi, tahan bahan kimia dan tahan cuaca (UV matahari dan kelembaban).
  - Ringan, kuat, dan kaku.
  - Tidak mudah terbakar (menggunakan bahan *fire retardant*).
  - Isolator panas dan listrik.
  - Kebisingan relatif rendah.
  - Pemasangan dan perawatan mudah.
  - Aman dan ramah lingkungan.
- Apabila ditinjau dari sisi kekuatan mekanik, bahan penutup atap yang dibuat dari logam Aluminium 3003 masih lebih kuat dibanding bahan FIBREALUM namun kendala korosi yang dapat menyerang bahan-bahan berbasis logam merupakan batasan dalam aplikasi untuk penutup atap.
  - Pengamatan yang dilakukan secara visual pada bahan FIBREALUM yang telah dan sedang digunakan sebagai bahan penutup atap yang telah berumur 7 (tujuh) tahun di suatu industri petrokimia di Kawasan Industri Cilegon, dimana kawasan pabrik petrokimia tersebut terletak kurang lebih 100 - 150 meter dari daerah pantai (*coastal area*), diamati bahwa bahan FIBREALUM masih dalam keadaan baik dan tidak terlihat terjadinya '*fibre pull out*' dari struktur resin polyester.

**SARAN**

Bahan penutup atap dari bahan komposit FIBREALUM dengan ketebalan 1,25 mm dan 1,50 mm dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk bahan logam paduan Aluminium 3003 dengan ketebalan 0,70 mm dan 1,02 mm dengan catatan untuk pemakaian jangka panjang pihak vendor material FIBREALUM, harus mempertimbangkan terjadinya terjadinya penurunan kekuatan mekanik bahan (misalnya kuat tarik, modulus tarik) yang menurut Ribeiro et. al. dapat mencapai nilai indikatif 30% s.d 35 % untuk jangka waktu yang panjang (lebih dari 4 tahun). Penanganan adanya penurunan sifat kekuatan mekanik dapat dilakukan dengan melakukan analisa struktur dalam desain dan perhitungan jarak pemasangan gording, sedemikian rupa sehingga apabila telah terjadi penurunan sifat kekuatan mekanik bahan, struktur penutup atap atau dinding masih memenuhi kriteria desain kekuatan dan kekakuan struktur.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Terima kasih kepada **Dr. Ir. Agus Hadi Santosa Wargadipura, MSc, Perekayasa Utama PTM-BPPT**, yang telah menjadi leader dalam penyusunan evaluasi struktur bahan atap/dinding ini dan kepada perusahaan pupuk yang sudah berbagi data kepada kami dan memberikan kepercayaan kepada kami dalam menyusun evaluasi ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- SP System. 2002. *Guide to Composites*. Systems Head Office, St Cross Business Park, Newport, Isle of Wight, England PO30 5WU
- , "FIBREALUM. 2014. *Roofing and Cladding*. PT. Intec Persada
- Nicholas P. Cheremisinoff and Paul N, 1995 Cheremisinoff. 1995. *Fibre Reinforced Plastics (FRP)*. Noyes Publication, USA
- Ribeiro, MCS et. al.2009. *Effect of Natural and Artificial Weathering on the long term flexural performance of Polymer Mortars*. Mechanics of Composite Materials. Volume 45 no. 5
- Davis, J.R.(editor). 1999. *Corrosion of Aluminum and Aluminum Alloys*. ASM International
- [www.bangunsaranaperkasa.blogspot.com](http://www.bangunsaranaperkasa.blogspot.com). 20 Oktober 2014. *Atap GTR 960 Zincalume/ Aluminium*
- [www.ardra.biz/sain-teknologi](http://www.ardra.biz/sain-teknologi). 20 Oktober 2014. *Karakteristik Sifat Material Bahan Logam*
- [www.atapbaja.wordpress.com](http://www.atapbaja.wordpress.com). 20 Oktober 2014. *Zincalume*
- [www.tatabluescopesteel.com](http://www.tatabluescopesteel.com). 20 Oktober 2014. *Technical Data Sheet Zincalume Steel*
- [www.bluescopesteelasia.com](http://www.bluescopesteelasia.com). 20 Oktober 2014. *Roofing and Walling*