

## Pengaruh Ketebalan *Skin* dan *Core* terhadap Sifat Mekanik Komposit *Sandwich* dengan *Core Polyurethane*

Hendri Hestiawan<sup>1\*</sup>, Yuzuar Afrizal<sup>2</sup>, A. Sofwan FA<sup>1</sup>, Heryanto Sitinjak<sup>1</sup>,  
M. Hafidz Fadilah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

<sup>2</sup>Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Kota Bengkulu, Indonesia, 38112

\*Corresponding author: [hestiawan@unib.ac.id](mailto:hestiawan@unib.ac.id)

### Abstract

Indonesia is an earthquake-prone country related to its geological position located in the Pacific ring of fire. Therefore, it is necessary to mitigate earthquake disasters so as not to cause much loss, both property and life. One of them is by introducing the walls of earthquake resistant composite house (RKTG) made from sandwich composites. The purpose of this study was to investigate the effect of matrix and skin thickness on the mechanical strength of sandwich composites with polyurethane cores. Sandwich composites use variations of glassfiber reinforced polymer (GRP) and glassfiber reinforced concrete (GRC) skins and variations in skin thickness of 6 mm and 10 mm. The adhesive used is polyester resin with methyl ethyl ketone peroxide catalyst. The manufacturing process of making sandwich composites uses the hand lay-up technique with a sandwich composite thickness of 10 cm. The results showed that GRP skins have better mechanical properties than GRC skins. Skin thickness can also improve the mechanical properties of sandwich composites. The best mechanical strength was obtained in the GRP skin type with a skin thickness of 10 mm, namely a flexure strength of 1.63 MPa, a compressive strength of 10.7 MPa, and a tensile strength of 0.08 MPa.

**Keywords:** Glassfiber reinforced polymer, Glassfiber reinforced concrete, Sandwich composite, Polyurethane, RKTG.

### Abstrak

Indonesia merupakan negara rawan gempa yang berkaitan dengan posisi geologisnya yang terletak di kawasan cincin api Pasifik. Oleh karena itu, perlu dilakukan mitigasi terhadap bencana gempa bumi agar tidak menimbulkan banyak kerugian, baik harta benda maupun nyawa. Salah satu diantaranya dengan memperkenalkan dinding rumah komposit tahan gempa (RKTG) yang berbahan baku komposit *sandwich*. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan investigasi pengaruh matriks dan ketebalan *skin* terhadap kekuatan mekanik komposit *sandwich* dengan *core polyurethane*. Komposit *sandwich* menggunakan variasi *skin glassfiber reinforced polimer* (GRP) dan *glassfiber reinforced concrete* (GRC) dan variasi ketebalan *skin* 6 mm dan 10 mm. Perikat yang digunakan adalah resin *polyester* dengan katalis *methyl ethyl keton peroxide*. Proses manufacturing pembuatan komposit *sandwich* menggunakan teknik *hand lay-up* dengan ketebalan komposit *sandwich* 10 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *skin* GRP memiliki sifat mekanik lebih baik dibandingkan *skin* GRC. Ketebalan *skin* juga mampu meningkatkan sifat mekanik komposit *sandwich*. Kekuatan mekanik terbaik diperoleh pada jenis *skin* GRP dengan ketebalan *skin* 10 mm, yaitu kekuatan bending 1,63 MPa, kekuatan tekan 10,7 MPa, dan kekuatan tarik 0,08 MPa.

**Kata kunci:** *Glassfiber reinforced polimer, Glassfiber reinforced concrete, Komposit sandwich, Polyurethane, RKTG.*

## 1. Pendahuluan

Indonesia memang salah satu negara yang rawan terhadap gempa bumi, dan hal ini berkaitan langsung dengan posisi geologisnya yang terletak di kawasan *cincin api Pasifik (Pacific ring of fire)*. Cincin api Pasifik adalah jalur yang mengelilingi Samudra Pasifik dan terkenal karena banyaknya gunung berapi serta potensi gempa bumi yang terjadi di wilayah

tersebut. Terdapat sekitar 127 gunung berapi aktif yang berada di atas tiga tumbukan lempeng benua, yakni, Indo-Australia dari selatan, Eurasia dari utara, dan Pasifik dari timur menjadikan Indonesia berada di jalur gempa teraktif di dunia [1]

Sejalan dengan program pemerintah Indonesia yang mendukung pengembangan infrastruktur terutama di wilayah rawan bencana seperti gempa bumi, penelitian dan

pengembangan material maju, khususnya beton terbaru dan berkelanjutan menjadi sangat penting. Penggunaan serat penguat seperti serat kaca, serat baja, atau serat karbon dalam beton dapat meningkatkan ketahanan terhadap gempa. Serat-serat ini membantu meningkatkan fleksibilitas dan kekuatan tarik beton, serta mengurangi potensi keretakan akibat gaya-gaya seismik yang terjadi selama gempa. Ini membuat beton lebih tahan terhadap deformasi dan lebih fleksibel, sehingga struktur bangunan bisa lebih tahan gempa [2].

*Sandwich* struktural adalah konstruksi berlapis yang dibentuk dengan menempelkan dua lapisan luar tipis tetapi kaku ke inti yang ringan tetapi tebal. Lapisan luar yang disebut *skin* dan satu lapisan tengah yang disebut *core* [3]. *Skin* biasanya terbuat dari material komposit yang kuat dan tahan lama, seperti serat karbon, *fiberglass*, aluminium, atau material polimer karena kinerja mekanisnya yang tinggi dan kepadatannya yang rendah. *Skin* berfungsi memberikan kekuatan dan ketahanan terhadap tegangan, serta melindungi inti dari kerusakan [4]. Sementara *core* biasanya terbuat dari bahan ringan dan berpori yang memiliki daya tahan terhadap kompresi dan sangat efisien dalam mendistribusikan beban, seperti *polyurethane*, *PVC foam*, dan *honeycomb*. *Core* berfungsi mengisi ruang antara dua lapisan *skin* dan memberikan kekakuan struktural yang diperlukan dengan bobot yang sangat ringan [5]. Struktur komposit *sandwich* dirancang untuk menggabungkan sifat-sifat terbaik dari bahan yang berbeda dan menghasilkan bahan yang ringan namun kuat, kekakuan lenturnya yang tinggi dan rasio kekuatan terhadap beratnya yang tinggi [6]. Komposit *sandwich* sering digunakan dalam berbagai industri, antara lain industri penerbangan [7], otomotif [8], dan konstruksi [9].

Beberapa kelebihan komposit *sandwich* yang diaplikasikan pada bidang konstruksi, antara lain pemasangan yang dibutuhkan untuk penempatan dinding bisa dilakukan lebih cepat karena tidak diperlukan proses finishing, bobot yang

ringan, tahan terhadap api, dan resistensi Isolasi [10]. Dudukan *polyurethane foam* yang sangat ulet dan fleksibel, panel insulasi busa yang kaku, roda dan ban elastomer yang tahan lama, bushing suspensi otomotif, gasket, seal, dan komponen plastik keras adalah beberapa contoh aplikasi *polyurethane* dalam industri. Sebagian besar konsumsi global produk *polyurethane* dalam bentuk busa. Produk *polyurethane* kuat dan tahan lama, namun ringan dan mudah dipasang, sehingga menjadikannya pilihan yang sangat baik untuk rumah dan gedung [11].

Polimer yang diperkuat *fiberglass* (FRP) telah menunjukkan harapan besar dalam menghilangkan masalah korosi sekaligus mencapai masa pakai yang lebih lama dengan perawatan minimal [12]. Komposit *sandwich* dengan *skin* FRP telah banyak digunakan untuk kolom, balok, dan panel [13,14]. Panel *sandwich* dengan *skin* FRP memiliki banyak keunggulan, seperti kekakuan lentur yang tinggi, kekuatan, dan ketahanan terhadap lingkungan, serta pengurangan bobot dan biaya siklus hidup [15].

Salah satu aplikasi panel sandwich digunakan pada komponen rumah komposit tahan gempa (RKTG). BRIN mengajukan RKTG berupa rumah berukuran 6x6 meter atau tipe 36, yang tersusun dari panel atau papan dengan material komposit polimer. Material dibuat sedemikian rupa sehingga tinggal dipasang (*knockdown*) seperti permainan lego. Beberapa kelebihan RKTG, antara lain ringan, kuat, tahan gempa, desain fleksibel, dan efisiensi energy. Dengan perpaduan tersebut, rumah akan tahan terhadap guncangan besar. [16]. Apabila diilustrasikan pada kondisi gempa dengan skala yang besar maka kerusakan pada bangunan rumah dapat meminimalkan terjadinya korban jiwa akibat tertimpa benda atau bagian bangunan yang berat.

Dengan mempertimbangkan upaya dalam melakukan mitigasi bencana maka diperlukan material yang tepat untuk komponen RKTG, yaitu ringan dan kuat. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan

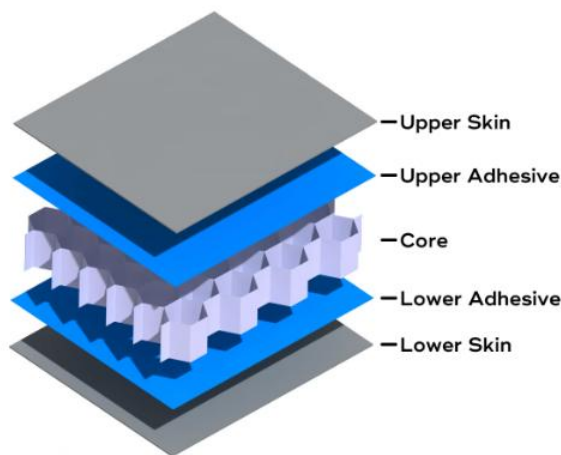
investigasi pengaruh ketebalan *skin* dan *core* terhadap sifat mekanik komposit *sandwich skin glassfiber reinforced polimer (GRP)* dan *glassfiber reinforced concrete (GRC)* dengan *core polyurethane*.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Material

Bahan yang digunakan antara lain *glassfiber reinforced polimer (GRP)*, *glassfiber reinforced concrete (GRC)*, *polyurethane*, resin polyester dan katalis *methyl ethyl keton peroxide*. GRP adalah material komposit yang terdiri dari *glassfiber* dan resin *polyester*, sementara *GRC* adalah material beton bertulang yang terdiri dari pasir halus, semen, polimer akrilik, air, serta *glassfiber*.

### 2.2 Manufaktur Komposit Sandwich



Gambar 1. Komponen komposit *sandwich* [17]

Pembuatan komposit *sandwich* dimulai dengan mempersiapkan *skin* terlebih dahulu yang terdiri dari *glassfiber reinforced polimer (GRP)*, *glassfiber reinforced concrete (GRC)*. Baik GRP maupun GRC menggunakan *fiberglass* sebagai bahan penguat. GRP menggunakan polimer resin sebagai matriks, sementara GRC menggunakan semen sebagai matrik. Proses pencetakan *skin* dan komposit *sandwich* menggunakan teknik *hand lay up*. Komposit *sandwich* dibuat menjadi beberapa bagian dengan memvariasikan ketebalan *skin*, yaitu 6 mm GRP (P6) dan GRC (C6) dan 10 mm GRP (P10) dan GRC (C10) dengan ketebalan specimen komposit

*sandwich* 10 cm. Susunan komposit *sandwich* terdiri dari 3 lapisan yang terdiri dari *upper skin*, *core* dan *lower skin* serta tiap lapisan antara *upper skin* dengan *core* dan antara *lower skin* dan *core* dilaminasi menggunakan campuran resin dan hardener, seperti terlihat pada Gambar 1.

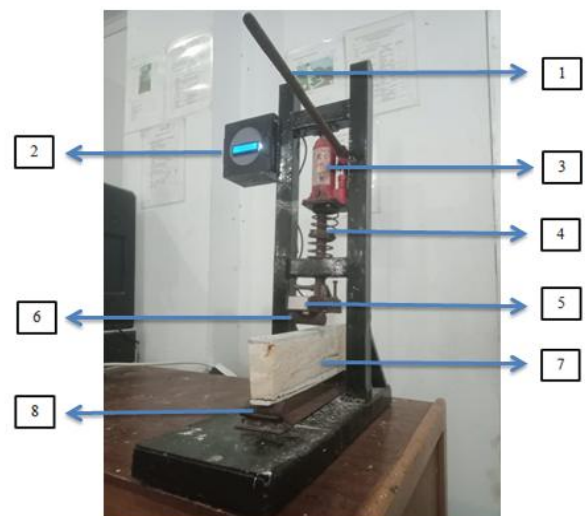
### 2.3 Uji densitas

Uji *density* dilakukan dengan cara membandingkan massa terhadap volume specimen. Volume specimen diperoleh menggunakan metode Archimedes dengan menghitung penambahan volume dari specimen yang dimasukkan ke dalam gelas ukur yang berisi air. Sementara untuk massa specimen diperoleh dengan melakukan penimbangan specimen seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penimbangan specimen uji densitas

### 2.4 Uji Bending



Gambar 3. Uji bending

Keterangan gambar

- |            |             |
|------------|-------------|
| 1 Tuas     | 5 Load cell |
| 2 LCD      | 6 Beban     |
| 3 Dongkrak | 7 Spesimen  |
| 4 Pegas    | 8 Tumpuan   |

Uji bending menggunakan standar ASTM C-393 dengan kapasitas (*load cell*) 300 kg, seperti terlihat pada Gambar 3. Dimensi spesimen uji bending adalah 36 x 40 x 10 cm.

## 2.5 Uji kuat tekan

Uji kuat tekan menggunakan standar ASTM C-365 dengan dimensi spesimen 10 x 10 x 10 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Spesimen uji kuat tekan

## 2.6 Uji tarik



Gambar 5. Uji tarik

Keterangan gambar

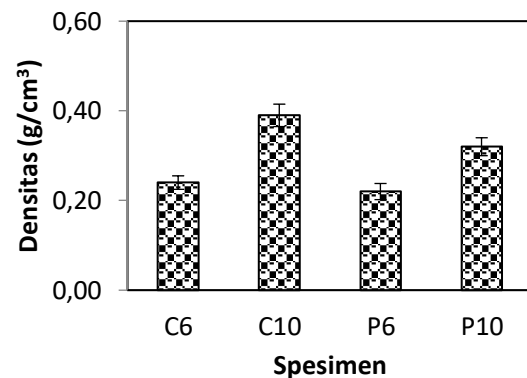
- |                     |              |
|---------------------|--------------|
| 1 Upper head        | 5 Laptop     |
| 2 Load cell         | 6 Arduino    |
| 3 Kabel load cell   | 7 Spesimen   |
| 4 Pencekam spesimen | 8 Lower head |

Uji tarik menggunakan standar ASTM C-297 dengan kapasitas (*load cell*) 500 kg, seperti terlihat pada Gambar 5. Pengujian ini bertujuan mengetahui kekuatan pengikat lem pada komposit *sandwich* dengan dimensi spesimen adalah 7,5 x 7,5 x 10 cm.

## 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 3.1 Hasil uji densitas

Hasil uji densitas dapat dilihat pada Gambar 6. Hasil uji densitas menunjukkan bahwa nilai densitas komposit *sandwich* dengan *skin* GRC lebih tinggi dibandingkan *skin* GRP. Semakin tebal *skin* yang digunakan cenderung meningkatkan nilai densitas komposit *sandwich*.



Gambar 6. Hasil uji densitas

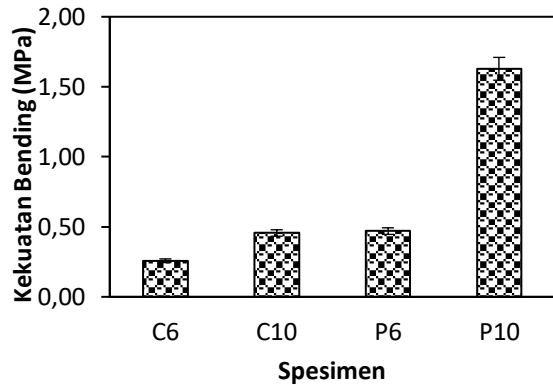
Nilai densitas terbaik diperoleh pada komposit *sandwich* dengan *skin* GRP dengan ketebalan *skin* 6 mm, yaitu sebesar 0,22 g/cm<sup>3</sup>. Penelitian menggunakan *skin* serat rami dan *core* sekam padi menyatakan bahwa semakin tebal *skin* yang digunakan maka nilai densitas komposit *sandwich* semakin tinggi [18]

### 3.2 Hasil uji bending

Hasil uji bending dapat dilihat pada Gambar 7. Gambar 7 menunjukkan bahwa komposit *sandwich* dengan *skin* GRP memiliki kekuatan bending lebih tinggi dibandingkan dengan komposit *sandwich* dengan *skin* GRC. Semakin tebal *skin* maka kekuatan bending juga semakin meningkat.

Kekuatan bending tertinggi diperoleh pada *skin* GRP pada ketebalan *skin* 10 mm, yaitu 1,63 MPa. Sementara

kekuatan bending terendah didapatkan pada *skin* GRC dengan ketebalan *skin* 6 mm, yaitu 0,26 MPa. Kekuatan bending komposit *sandwich* cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya ketebalan *skin* [19,20].



Gambar 8. Hasil uji bending

Hasil pengamatan makro terhadap patahan hasil uji bending menunjukkan bahwa terjadi delaminasi antara *skin* dan *core* baik pada komposit *sandwich* dengan *skin* GRP maupun GRC, seperti terlihat pada Gambar 8.

### 3.3 Hasil uji kuat tekan

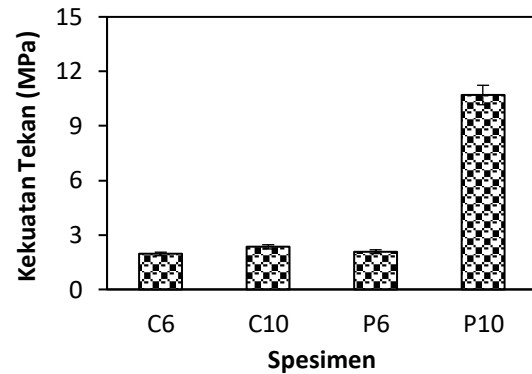
Hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 9. Gambar 9 menunjukkan bahwa komposit *sandwich* dengan *skin* GRP memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan *skin* GRC. Semakin tebal *skin* yang digunakan maka kekuatan tekan cenderung semakin tinggi.



Gambar 8. Kegagalan uji bending

Kekuatan tekan tertinggi diperoleh pada komposit *sandwich* dengan *skin* GRP

pada ketebalan *skin* 10 mm sebesar 10,7 MPa, sedangkan kekuatan tekan terendah diperoleh pada *skin* GRC dengan ketebalan *skin* 6 mm sebesar 1,95 MPa. Ayrilmis, N. et al. [21] menyatakan bahwa semakin tebal *skin* yang digunakan maka kekuatan tekan komposit *sandwich* semakin besar.



Gambar 9. Hasil uji kuat tekan

Hasil pengamatan secara visual terhadap hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa kegagalan akibat uji kuat tekan pada komposit, baik *skin* GRC maupun GRP disebabkan oleh kerusakan dan patahnya *skin* akibat menahan beban tekan, seperti terlihat pada Gambar 10.



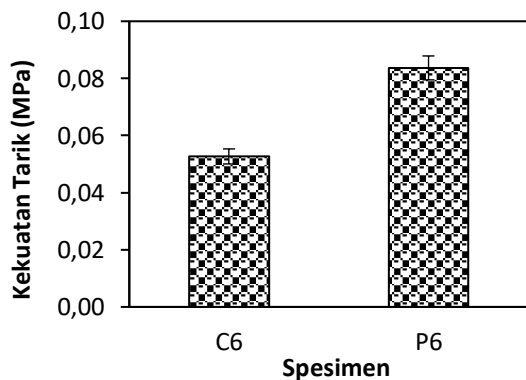
Gambar 10. Kegagalan uji kuat tekan

### 3.4 Hasil uji tarik

Hasil uji tarik dapat dilihat pada Gambar 11. Dikarenakan uji tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan perekat antara *skin* dan *core*, maka perbedaan ketebalan *skin* tidak akan berpengaruh terhadap

kekuatan tarik. Oleh karena itu, dalam penelitian ini uji tarik hanya dilakukan pada *skin* GRP dan GRC.

Gambar 11 menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit *sandwich* dengan *skin* GRP memiliki nilai kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan *skin* GRC, yaitu sebesar 0,08 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan perekat antara *skin* GRP dengan *polyurethane* memiliki ikatan yang lebih baik dibandingkan *skin* GRC. Prayoga, et al. [22] dan Prawira [23] menemukan bahwa *skin* dengan ketebalan 4 lapis memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan dengan ketebalan *skin* 3 dan 2 lapis.



Gambar 11. Hasil uji tarik

Hasil pengamatan secara visual menunjukkan bahwa kegagalan yang terjadi pada uji tarik terjadi pada perekat antara *skin* dan *core*, seperti terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Kegagalan uji tarik

#### 4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan *skin* berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit *sandwich* dengan kekuatan mekanik tertinggi diperoleh pada komposit *sandwich skin* GRP dengan ketebalan *skin* 10 mm, masing-masing memiliki kekuatan bending 1,63 MPa, kekuatan tekan 10,7 MPa, dan kekuatan tarik 0,08 MPa.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Bengkulu yang telah memberikan dukungan finansial dalam pelaksanaan penelitian ini melalui skema Penelitian Unggulan Fakultas Teknik Universitas Bengkulu dengan kontrak nomor 3041/UN30.13/PG/2024. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada UPTD Laboratorium Pengujian Konstruksi dan Bangunan DPUPR Provinsi Bengkulu yang telah memberikan izin dalam pengambilan data penelitian.

#### Referensi

- [1]. Informasi dari <https://unsia.ac.id/ring-of-fire-indonesia> (Diakses 4 Juli 2024)
- [2]. Lumingkewas RH, 2018. Beton nano komposit serat alam sebagai bahan konstruksi infrastruktur tahan gempa. Seminar Nasional Technopex, Institut Teknologi Indonesia, Jakarta.
- [3]. Kollmann, F.F.P. et al., 1975. *Sandwich Composites, Principles of Wood Science and Technology*, Springer Berlin, Heidelberg.
- [4]. Shenhar, Y. et al., 1996. Stresses and failure patterns in the bending of *sandwich* beams with transversely flexible *cores* and laminated composite *skins*. *Composite Structures* 35, 143–152.
- [5]. Feichtinger, K. et al., 2006. Properties of structural *sandwich core* materials: hand lay-up vs vacuum-infusion processing.

- American Composites Manufacturers Association, USA
- [6]. Belouettar, S. et al., 2009. Experimental investigation of static and fatigue behaviour of composite honeycomb materials using four point bending tests. *Composite Structures*. 87(3), 265–273.
- [7]. Castabie, B. et al., 2020. Review of composite *sandwich* structure in aeronautic applications. *Composites Part C: Open Access* 1, 1-23.
- [8]. Khan, F. et al., 2024. Advances of composite materials in automobile applications – A review. *Journal of Engineering Research*, In Press, Corrected Proof.
- [9]. Keller, T., 2007. Material tailored use of FRP composites in bridge and building construction. CIAS International Seminar, Cyprus.
- [10]. Informasi dari <https://sanwaprefab.co.id/composite-sandwich-panel-dan-keunggulannya-dalam-bidang-konstruksi> (Diakses 4 Juli 2024)
- [11]. Cousins, K., 2002, *Polymers in building and construction*; Rapra technology limited: Shropshire, UK.
- [12]. Dawood, H. and El Gawady M.A. 2013. Performance-based seismic design of unbonded precast post-tensioned concrete filled GFRP tube piers. *Composites Part B: Engineering* 44(1), 357-67.
- [13]. Camata, G. and Shing, P.B., 2005. Evaluation of GFRP honeycomb beams for the O'Fallon park bridge. *Journal of Composite Constructions ASCE* 8(6), 545-555.
- [14]. Zhu, D. et al., 2018. Fiber reinforced composites *sandwich* panels with web reinforced wood *core* for building floor applications. *Composites Part B: Engineering* 150, 196-211.
- [15]. Correia, J.R., et al., 2012, GFRP *sandwich* panels with PU foam and PP honeycomb *cores* for civil engineering structural applications: effects of introducing strengthening ribs. *International Journal of Structural Integrity* 2(3), 127-147.
- [16]. Informasi dari <https://brin.go.id/dfri/posts/kabar/ru-mah-komposit-tahan-gempa-sebagai-inovasi-brin-di-bidang-kebencanaan> (Diakses 4 Juli 2024)
- [17]. Informasi dari <https://bondedcomponents.co.uk/sandwich-panels> (Diakses 4 Juli 2024)
- [18]. Nugroho, A.T.P., 2011. Pengaruh tebal *skin* dan *core* terhadap kekuatan bending komposit *sandwich* serat rami – polyester dengan *core* sekam padi – urea formaldehyde. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- [19]. Sugiman dan Setyawan, P.D., 2004. Pengaruh arah serat dan ketebalan inti terhadap kekuatan tekan dan bending pada komposit *sandwich*. *Jurnal Teknologi* 2, 86-95.
- [20]. Ardiyanto, P. et al., 2015. Thickness Effect of *Polyurethane Foam Core* on The Flexural Behaviour of Composite *Sandwich* Materials. *Applied Mechanics and Materials* Vol. 758, 1-6.
- [21]. Ayrilmis, N. et al., 2020. Effects of the face/*core* layer ratio on the mechanical properties of 3D printed wood/poly(lactic acid) (PLA) green biocomposite panels with a gyroid *core*. *Polymers* 12, 2929, 1-8.
- [22]. Prayoga, A. et al., 2018. Pengaruh ketebalan *skin* terhadap kekuatan bending dan tarik komposit *sandwich* dengan honeycomb polypropylene sebagai *core*. *Jurnal Rekayasa Mesin* 18, 23-28.
- [23]. Prawira, G.P., 2022. Pengaruh ketebalan *skin* GFRP pada komposit *sandwich* terhadap uji tarik menggunakan metode vacuum infusion. Skripsi. Departemen Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.