

# Analisa Pengolahan Limbah Alat Pelindung Diri Covid-19 sebagai Substitusi dalam Pembuatan *Sandwich Panel*

**Imroatus Sholikhah, Almira Davina Nastiti, Dinda Sekarsari, Nova Ulhasanah,  
I Wayan Koko Suryawan<sup>#</sup>**

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina,  
Jl. Teuku Nyak Arief, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12220, Indonesia  
<sup>#</sup>i.suryawan@universitaspertamina.ac.id

---

---

## Abstrak

Selama pandemi Covid-19 diperlukan ruang isolasi untuk menekan penyebaran virus. Di samping itu, penggunaan alat pelindung diri (APD) sekali pakai menjadi hal yang berpotensi merusak lingkungan. Salah satu cara untuk mengurangi dampak tersebut adalah melakukan *recycle* limbah APD menjadi *sandwich panel*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa hasil proses solidifikasi limbah APD menjadi *sandwich panel*. Variasi penelitian ini terdiri dari 4 variasi dimana memiliki waktu pengerasan 4 hari dengan beban 81 kg, 9 hari dengan beban 53 kg, 12 hari dengan beban 75,9 kg, dan 5 hari dengan beban 206 kg. Hasil uji kuat lentur terbesar terjadi pada sampel 5 hari dengan beban 206 kg menghasilkan nilai sekitar 0,003 Mpa. Uji ketahanan panas dan uji porositas air sampel tersebut juga baik dibandingkan dengan sampel lain.

**Kata kunci:** APD, Covid-19, limbah, *sandwich panel*

## Abstract

*During the COVID-19 pandemic, isolation rooms are needed to suppress the spread of the virus. In addition, the use of single-use personal protective equipment (PPE) is damaging to the environment. One way to reduce this impact is to recycle PPE waste into sandwich panels. The purpose of this study was to analyze the results of the solidification process of PPE waste into sandwich panels. The variation of this study consisted of 4 variations which had a hardening time of 4 days with a load of 81 kg, 9 days with a load of 53 kg, 12 days with a load of 75.9 kg, and 5 days with a load of 206 kg. The results of the greatest flexural strength test occurred in the 5-day sample with a load of 206 kg resulting in a value of about 0.003 Mpa. The heat resistance test and the porosity test of the air sample were also good compared to other samples.*

**Keywords:** PPE, Covid-19, waste, *sandwich panel*

---

---

## I. PENDAHULUAN

Meningkatnya kasus positif Covid-19 di Indonesia menyebabkan kebutuhan ruang isolasi yang semakin tinggi [1]. Kebutuhan ini cukup mendesak, sehingga diperlukan upaya untuk mempercepat pembangunan bangunan isolasi yang layak dengan komponen bangunan yang bernilai ekonomis. Salah satu yang dapat digunakan adalah *sandwich panel*. *Sandwich panel* memiliki struktur tiga lapis yang terdiri dari dua lembar bahan keras dan lapisan inti. Untuk mengurangi berat dari

*sandwich panel*, dapat dilakukan beberapa cara seperti dengan menggunakan agregat ringan pada campuran isi *sandwich panel* [2].

Pandemi Covid-19 juga menyebabkan perubahan komposisi limbah di beberapa kota di Indonesia [3], [4]. Limbah infeksius yang terbentuk dapat dihasilkan dari beberapa kegiatan domestik yang dilakukan sehari-hari, seperti limbah masker, *face shield*, sarung tangan, maupun alat pelindung diri (APD) lainnya [5]. Sampai saat ini, limbah tersebut belum diolah dengan baik dan hanya berakhir di *landfill* karena termasuk sebagai limbah

bahan berbahaya beracun (B3). Bahkan saat ini limbah APD menjadi limbah jenis baru yang masuk kedalam kategori *marine debris* [6], [7]. Padahal, limbah-limbah tersebut mengandung plastik jenis *polypropylene* (PP) dan *polyethylene* (PE) [8]–[10] yang berpotensi untuk dimanfaatkan kembali. Salah satu pemanfaatannya adalah dengan menggunakannya sebagai pengganti agregat dalam pembuatan inti *sandwich panel*.

Pemanfaatan plastik sebagai bahan pengganti agregat dalam pembuatan lapisan inti *sandwich panel* sudah banyak dilakukan sebelumnya. Akan tetapi pemanfaatan plastik berupa limbah B3 terutama limbah masker masih baru untuk dilakukan. Hal ini dilakukan dengan harapan untuk meningkatkan nilai kuat tekan dan agar mengurangi dampak negatif dari limbah tersebut yang termasuk limbah B3 melalui teknik solidifikasi. Solidifikasi yang dilakukan dapat mengurangi kadar infeksius yang terkandung dalam limbah medis [11]. Jenis plastik PP merupakan salah satu substitusi agregat yang menghasilkan hasil solidifikasi yang meningkatkan nilai kuat tekan [12]. Sehingga B3 masker yang mengandung PP dimungkinkan dapat meningkatkan kualitas lapisan inti *sandwich panel*.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan lapisan inti *sandwich panel* berbasis plastik dari limbah B3 domestik untuk mendapatkan komponen bangunan isolasi Covid-19. Pemanfaatan limbah B3 domestik berupa sampah masker merupakan suatu ide baru yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak lingkungan oleh pandemi Covid-19. Sehingga, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa kualitas APD untuk digunakan dalam *sandwich panel*.

## II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dengan melakukan solidifikasi limbah infeksius menjadi lapisan inti *sandwich panel*. Solidifikasi merupakan proses pepadatan suatu bahan berbahaya dengan penambahan zat aditif yang berfungsi untuk menurunkan laju migrasi dari solidifikasi dipilih karena prosesnya cepat dan bahan yang digunakan mudah didapat. Lapisan inti *sandwich panel* yang terbentuk merupakan salah satu beton ringan karena berat yang dihasilkan cukup ringan. Oleh karena itu, menurut standar yang telah ditetapkan bahwa pengujian kekuatan inti *sandwich panel* menggunakan standar pengujian beton ringan yang sudah tercantum dalam SNI 03-3449-2002. Namun, dikarenakan kondisi pandemi Covid-19 dan terbatasnya info mengenai laboratorium untuk menguji kuat lentur dari inti *sandwich panel*

tersebut, kami melakukan pengujian secara mandiri. Pengujian mandiri dilakukan dengan uji ketahanan terhadap panas, uji porositas air, serta uji kuat lentur. Untuk uji ketahanan panas dan uji porositas air, kami memanfaatkan kondisi alami dari faktor cuaca yaitu ketahanan terhadap sinar matahari dan hujan selama 15 hari. Pemilihan metode uji ini dipilih karena dalam pengaplikasian lapisan inti *sandwich panel* digunakan sebagai dinding modular bangunan isolasi Covid-19 yang nantinya akan lebih sering terpapar sinar matahari dan hujan. Selanjutnya, uji kuat lentur dilakukan uji *trial and error* dengan memberikan beban maksimum kepada lapisan inti *sandwich panel* hingga lapisan inti tersebut mencapai titik maksimum dalam menahan beban (retak) kemudian akan dihitung nilai uji kuat lentur atau nilai R (*modulus of rupture*) [13].

Penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimen, yaitu membuat produk lapisan inti *sandwich panel*. Alat dan bahan yang kami gunakan dalam penelitian ini adalah limbah plastik, pemanas uap, semen *portland*, pasir, air, cetakan beton, dan beberapa alat tambahan lainnya seperti gunting, penggaris, tempat mengaduk adonan semen, sekop, dan timbangan. Limbah plastik yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah infeksius yang dihasilkan dari beberapa kegiatan selama pandemi Covid-19, diantaranya merupakan limbah domestik seperti limbah masker dan *face shield*. Limbah-limbah ini mengandung bahan PP dan PE. Penggunaan bahan ini karena merupakan bahan yang paling banyak ditemukan dalam pencemaran lingkungan selama pandemi Covid-19 terutama di Indonesia [6], [7]. Proses solidifikasi pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Limbah-limbah tersebut pastinya mengandung bakteri dan virus di dalamnya. Oleh karena itu, langkah pertama yang dilakukan adalah mensterilkan limbah infeksius yang akan digunakan. Pensterilan dilakukan dengan menyemprotkan desinfektan dan memanaskan limbah tersebut dengan suhu diatas 100°C. Tujuan dipanaskan dengan suhu tinggi adalah untuk mematikan bakteri dan virus yang menempel pada limbah. Kemudian, limbah yang telah dipanaskan tersebut dikeringkan. Setelah kering, limbah masker dicacah hingga serat-seratnya dapat terlihat dan untuk limbah plastik lainnya bisa dipotong kecil-kecil. Potongan memanjang pada masker dipilih karena agar serat PP lebih kuat dalam mengikat adonan semen sedangkan untuk plastik PE dipotong kecil-kecil agar dapat menempel secara merata dan berbentuk seperti agregat [14]. Kemudian, adonan semen dibuat dengan perbandingan semen dan pasirnya adalah 1:2. Di sini, kami menggunakan semen sebesar 175 gram, pasir 250 gram, dan air



**Gambar 1. Proses solidifikasi limbah B3 rumah tangga**

secukupnya. Setelah adonan siap, kemudian dicetak pada wadah dengan ukuran yang telah ditentukan dan dikeringkan. Adonan yang sudah mulai mengeras direndam dalam air selama beberapa menit agar partikel air dapat masuk ke dalam pori-pori untuk mengikat adonan agar struktur yang ada di dalamnya tidak gampang pecah saat terkena guncangan. Setelah itu dikeringkan kembali sampai benar-benar mengeras. Adonan beton dapat mengeras minimal umur beton 3 hari bergantung dengan suhu lingkungan. Lapisan inti *sandwich panel* yang telah kering selanjutnya bisa dilakukan pengujian.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat ketentuan dalam menyatakan limbah rumah tangga (domestik), umumnya berdasarkan komposisi dan asal limbah tersebut dihasilkan. Limbah rumah tangga memiliki pengertian khusus yaitu sesuatu yang telah digunakan yang berasal dari kegiatan rumah tangga atau pemukiman, perdagangan, instansi, dan daerah rekreasi. Pada situasi pandemi saat ini, terjadi penambahan jenis limbah domestik yaitu limbah infeksius [6], [7]. Limbah infeksius tersebut dihasilkan dari urgensi penggunaan APD dalam mencegah penyebaran Covid-19. APD yang ditemukan dalam lingkup rumah tangga umumnya adalah masker, *face shield*, dan sarung tangan plastik. Limbah infeksius





tersebut tidak lagi dinyatakan sebagai limbah domestik melainkan tergolong limbah B3.

Limbah B3 atau disebut dengan *toxic and hazardous waste* merupakan limbah yang berpotensi tinggi mengancam kesehatan manusia dan juga merusak lingkungan. Menurut Undang-Undang RI No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menyatakan bahwa B3 adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi dan/atau jumlahnya baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, membahayakan lingkungan hidup, kesehatan serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk lain [15].

Data pada Tabel 1 merupakan data dimensi dari lapisan inti *sandwich panel* yang telah dibuat dengan 4 kali percobaan. Keempat lapisan inti *sandwich panel* tersebut menggunakan komposisi yang sama dalam proses pembuatannya. Namun, seperti yang tertera pada tabel bahwa massa dari masing-masing lapisan inti memiliki nilai yang berbeda. Hal tersebut dipengaruhi oleh penambahan air yang tidak konsisten sehingga mempengaruhi daya ikat adonan semen dengan limbah yang digunakan. Akibat komposisi air yang tidak sama mengakibatkan umur mengeringnya lapisan inti *sandwich panel* menjadi lebih lama seperti pada percobaan 3. Faktor lain yang memengaruhi cepat lambatnya proses pengeringan lapisan inti *sandwich panel* adalah suhu dan kelembaban lingkungan [16], [17]. Pada percobaan 1, lapisan inti dikeringkan di bawah sinar matahari sehingga pada hari ke-3 telah mengeras dengan baik. Pada percobaan 2, lapisan inti dikeringkan di suhu ruang dan pada hari ke-3 telah mengeras tetapi tidak sekeras lapisan inti pada percobaan 1. Pada percobaan 3 dikeringkan di suhu ruang dengan kondisi ruangan lembap sehingga sampai hari ke-12 pun belum mengering dengan sempurna. Pada percobaan 4, lapisan inti dikeringkan pada suhu luar ruangan yang kering dan tidak terkena sinar matahari langsung sehingga pada hari ke-4 telah mengeras dengan baik. Oleh karena itu, faktor komposisi air dan kondisi kelembaban lingkungan mempengaruhi proses pengerasan lapisan inti *sandwich panel*.

Pada Tabel 2 merupakan hasil uji kuat lentur dari lapisan inti *sandwich panel* dengan pemberian beban maksimum. Pada percobaan 1, lapisan inti *sandwich panel* diberi beban sebesar 81 kg dan hasilnya retak. Pada percobaan 2 diberi beban sebesar 53 kg dan hasilnya retak. Pada percobaan 3 diberi beban 75,9 kg dan hasilnya retak. Pada percobaan 4 diberi beban 206 kg dan hasilnya tidak retak. Percobaan 1 hingga 3 telah mendapatkan nilai beban maksimum lapisan inti *sandwich panel*

**Tabel 1. Dimensi dan berat lapisan inti sandwich panel**

Percobaan	Gambar	Massa	Berat isi	Keterangan
1	 <p>Lapisan inti <i>sandwich panel</i> 1</p>	575 g	1587,30 kg/m <sup>3</sup>	Dimensi: Panjang 115 mm Lebar 90 mm Tebal 35 mm Mengeras pada saat lapisan inti berumur 3 hari Dikeringkan di bawah sinar matahari
2	 <p>Lapisan inti <i>sandwich panel</i> 2</p>	407 g	1123,53 kg/m <sup>3</sup>	Dimensi: Panjang 115 mm Lebar 90 mm Tebal 35 mm Mengeras pada saat lapisan inti berumur 3 hari Dikeringkan di suhu ruang
3	 <p>Lapisan inti <i>sandwich panel</i> 3</p>	520 g	1435,47 kg/m <sup>3</sup>	Dimensi: Panjang 115 mm Lebar 90 mm Tebal 35 mm Belum mengeras secara keseluruhan pada saat lapisan inti berumur 12 hari Dikeringkan di suhu ruang dengan keadaan ruangan lembap
4	 <p>Lapisan inti <i>sandwich panel</i> 4</p>	650 g	1794,34 kg/m <sup>3</sup>	Dimensi: Panjang 115 mm Lebar 90 mm Tebal 35 mm Mengeras pada saat lapisan inti berumur 4 hari Dikeringkan di luar ruangan tetapi tidak di bawah sinar matahari

yang telah dibuat. Untuk percobaan 4, nilai beban maksimum belum didapatkan karena terbatasnya alat yang digunakan untuk memberi beban terhadap lapisan inti *sandwich panel* sehingga nilai beban maksimumnya masih bisa melebihi 206 kg. Salah satu produk dinding modular memiliki *sandwich panel* dinding yang mampu menahan beban 150 kg [18]. Data tersebut membuktikan bahwa lapisan inti *sandwich panel* yang kami buat pada percobaan 4 bisa memenuhi kategori *sandwich panel* untuk dinding modular dari segi menahan beban. Namun, untuk nilai R yang dihasilkan tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan. Hal tersebut dikarenakan komposisi yang kami gunakan lebih

kecil daripada standar yang ditetapkan. Namun, jika dilihat dari hasil tersebut dan diasumsikan bahwa pada percobaan 4 beban maksimumnya adalah 206 kg, maka didapatkan pola bahwa besar nilai beban maksimum berbanding lurus dengan nilai R. Oleh karena itu, untuk memenuhi nilai R yang sesuai dengan SNI 03-3449-2002, maka perlu ditambah komposisi adonan pada saat membuat lapisan inti *sandwich panel* agar pada saat diberi tekanan tidak mudah retak dan dapat menerima beban maksimum dengan nilai yang besar.

Tabel 2. Uji kuat lentur lapisan inti *sandwich panel*

Percobaan	Nama	Umur pengerasan	Pengujian	Nilai R	Hasil
1	Lapisan inti <i>sandwich panel</i> 1	4 hari	Diuji dengan beban 81 kg	$1,242 \times 10^{-3}$ MPa	Retak
2	Lapisan inti <i>sandwich panel</i> 2	9 hari	Diuji dengan beban 53 kg	$8,126 \times 10^{-4}$ MPa	Retak
3	Lapisan inti <i>sandwich panel</i> 3	12 hari	Diuji dengan beban 75,9 kg	$1,1638 \times 10^{-3}$ MPa	Retak
4	Lapisan inti <i>sandwich panel</i> 4	5 hari	Diuji dengan beban 206 kg	$3,158 \times 10^{-3}$ MPa	Tidak Retak

Tabel 3. Uji ketahanan panas dan uji porositas air

Percobaan	Nama	Hasil	Durasi
1	Lapisan inti <i>sandwich panel</i> 1	√	15 hari
2	Lapisan inti <i>sandwich panel</i> 2	X	0 hari
3	Lapisan inti <i>sandwich panel</i> 3	X	0 hari
4	Lapisan inti <i>sandwich panel</i> 4	√	2 hari

Tabel 3 menunjukkan hasil uji ketahanan panas dan porositas air yang memanfaatkan kondisi cuaca dari sinar matahari dan hujan. Hasil yang didapatkan adalah lapisan inti *sandwich panel* yang dapat tahan pada kondisi cuaca panas dan hujan adalah lapisan inti *sandwich panel* pada percobaan 1 dan 4. Untuk percobaan 2 dan 3 masih belum memenuhi. Hal tersebut dikarenakan proses pembuatan dari lapisan inti *sandwich panel* tersebut tidak dilakukan secara bersamaan sehingga uji yang dilakukan juga tidak bersamaan. Untuk percobaan 2 dan 3 didapatkan nol hari karena proses pengeringan dan pengerasan dari lapisan inti yang terbentuk belum merata sehingga uji ketahanan panas dan porositas airnya tidak bisa dilakukan.

Terkait unsur sifat B3 dalam limbah yang kami bentuk sebagai lapisan inti *sandwich panel* dengan solidifikasi, kami tidak melakukan uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) karena limbah yang kami gunakan adalah limbah infeksius domestik yang tidak bercampur dengan kandungan logam sehingga tidak menghasilkan *leachate*. Seperti yang telah disebutkan dalam pengolahan data bahwa limbah yang kami gunakan sangat berpotensi terdapat bakteri dan virus. Adanya bakteri dan virus itu yang menjadikan limbah infeksius ini menjadi limbah B3. Untuk itu, penting bagi kami untuk mensterilkan limbah infeksius domestik yang akan digunakan terlebih dahulu agar bakteri dan virus tidak menyebar atau berpindah ke media lain. Adanya peran solidifikasi menjadikan limbah yang telah dicacah dan dicampur dengan

adonan semen menjadikan limbah tersebut tidak mudah untuk terkontaminasi oleh zat lain [11].

#### IV. KESIMPULAN

Pengaruh penggunaan limbah plastik sebagai pengganti agregat lapisan inti *sandwich panel* setelah dilakukan pengujian adalah lapisan inti pada percobaan keempat telah memenuhi kategori *sandwich panel* untuk dinding modular dari segi menahan beban. Dari hasil pengujian kuat tekan, diperoleh hasil tertinggi dengan umur beton 5 hari adalah pada percobaan keempat dengan pengujian oleh beban sebesar 206 kg tidak terjadi keretakan. Pada percobaan tersebut lapisan inti *sandwich panel* belum mendapatkan nilai beban maksimum, sehingga masih dapat diuji dengan beban lebih dari 260 kg. Pada uji ketahanan panas dan porositas air, diperoleh lapisan inti *sandwich panel* pada percobaan 1 dan percobaan 4 yang tahan terhadap kondisi cuaca panas dan hujan. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat dijadikan salah satu alternatif pengolahan sampah APD rumah tangga terutama yang berbahan plastik agar tidak meningkatkan beban pencemar lingkungan sekitar.

#### REFERENSI

- [1] S. D. Lazuardi, A. M. Muaz, D. F. Zahroh, A. P. Y. Airlangga, and A. R. D. Saputri, "Pemanfaatan Container Menjadi Ruang Isolasi Apung Sebagai Alternatif Bagi Pasien Covid-19," *Syntax Idea*, vol. 3, no. 2, pp. 383–395, 2021.
- [2] R. B. Anugraha and S. Mustaza, "Beton Ringan dari Campuran Styrofoam dan Serbuk Gergaji dengan Semen Portland 250, 300 dan 350 kg/m<sup>3</sup>," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 2, p. 57, 2010.
- [3] I. W. K. Suryawan, A. Rahman, I. Y. Septiariva, S. Suhardono, and I. M. W. Wijaya, "Life Cycle Assessment of Solid Waste Generation During and Before Pandemic of Covid-19 in Bali Province," *J. Sustain. Sci. Manag.*, vol. 16, no. 1, pp. 11–21, 2021.
- [4] Y. Ruslinda, R. Aziz, and F. F. Putri, "Analysis of

- Household Solid Waste Generation and Composition During The,” *Indones. J. Environ. Manag. Sustain.*, p. 9, 2020.
- [5] N. Ardiana, I. W. K. Suryawan, and B. Ridhosari, “Challenges for hazardous waste management related to covid-19 pandemic at train station,” *Int. J. Adv. Trends Comput. Sci. Eng.*, vol. 9, no. 5, pp. 8364–8370, 2020.
- [6] M. R. Cordova, I. S. Nurhati, E. Riani, Nurhasanah, and M. Y. Iswari, “Unprecedented plastic-made personal protective equipment (PPE) debris in river outlets into Jakarta Bay during COVID-19 pandemic,” *Chemosphere*, vol. 268, p. 129360, Apr. 2021.
- [7] I. W. K. Suryawan, A. Sarwono, I. Y. Septiariva, and C.-H. Lee, “Evaluating Marine Debris Trends and the Potential of Incineration in the Context of the COVID-19 Pandemic in Southern Bali, Indonesia,” *J. Ilm. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 13, no. 1, 2021.
- [8] S. Kilmartin-Lynch, M. Saberian, J. Li, R. Roychand, and G. Zhang, “Preliminary evaluation of the feasibility of using polypropylene fibres from COVID-19 single-use face masks to improve the mechanical properties of concrete,” *J. Clean. Prod.*, vol. 296, p. 126460, 2021..
- [9] O. O. Fadare and E. D. Okoffo, “Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment,” *Sci. Total Environ.*, vol. 737, p. 140279, Oct. 2020.
- [10] S. Jung, S. Lee, X. Dou, and E. E. Kwon, “Valorization of disposable COVID-19 mask through the thermo-chemical process,” *Chem. Eng. J.*, vol. 405, p. 126658, 2021.
- [11] I. W. K. Suryawan, G. Prajati, and A. S. Afifah, “Bottom and fly ash treatment of medical waste incinerator from community health centres with solidification/stabilization,” *Explor. Resour. Process Des. Sustain. URBAN Dev. Proc. 5th Int. Conf. Eng. Technol. Ind. Appl. 2018*, vol. 2114, no. June, p. 050023, 2019.
- [12] G. A. Kusuma, “Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis PP ( Poly Propylene ) sebagai Substitusi Agregat pada Bata Beton ( Paving Block ),” *Univ. Islam Indones.*, pp. 1–12, 2019.
- [13] S. Puro, “Kajian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Ringan Memanfaatkan Sekam Padi dan Fly Ash dengan Kandungan Semen 350 kg/m<sup>3</sup>,” *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 4, no. 2, 2014.
- [14] W. Kartini, “Penggunaan serat polypropylene untuk meningkatkan kuat tarik belah beton,” *Rekayasa Perenc.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–13, 2017.
- [15] B. Kurniawan, “Pengawasan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Di Indonesia Dan Tantangannya,” *Din. Gov. J. Ilmu Adm. Negara*, vol. 9, no. 1, 2019.
- [16] E. Utomo, A. Zubaydi, and A. Budipriyanto, “Sandwich Panel Manufacturing Method In Form of Test Specimens For Ship Construction,” *Wave J. Ilm. Teknol. Marit.*, vol. 11, pp. 7–14, 2017.
- [17] I. Maria Sulastiningsih, D. Anggraini Indrawan, and J. Balfas, “Karakteristik Papan Sandwich Dengan Inti Papan Partikel,” *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 38, no. 3, pp. 161–172, 2020..
- [18] BTN, “Bangun Rumah Lebih Cepat dan Murah,” 2018.