

Penggunaan Material *Mycelium* dalam Perancangan Kembali *Microlibrary* Warak Kayu

Mycelium-based Material as the Basis for the Re-design of the Warak Kayu Microlibrary

Farhah Amira Fonna*, Diva Iryanti Irsyad, Kaylila Fathia Adriansyah, Labitta Qonitah, Mochamad Donny Koerniawan

Program Studi Magister Arsitektur, Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan (SAPPK), Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

*Corresponding author amira.farhah16@gmail.com

Article history

Received: 26 May 2023

Accepted: 27 Sep 2023

Published: 31 Oct 2023

Abstract

Mycelium composites are emerging as a new sustainable. Mycelium is a fungi that is produced from the remains organisms and can be used as a natural adhesive to unite and grow in a biomass. By responding to a critical evaluation of SHAU Indonesia's Warak Kayu Microlibrary, this paper aims to explore and develop bio-design in the use of mycelium as a sustainable alternative to architectural elements. In this paper, agricultural waste such as coffee grounds and wood will be used as substrates in the formation of mycelium composites. The method used in this research is descriptive qualitative methods with data collection derived from literature studies and followed by data analysis. From this paper, it is found that mycelium can be used as an architectural element in the form of facade panels that pay attention to audial comfort by utilizing agricultural waste as nutrients for mycelium to be processed into a material.

Keywords: *mycelium; material; sustainable; environmentally friendly.*

Abstrak

Komposit *mycelium* muncul sebagai bahan berkelanjutan baru pada material bangunan. *Mycelium* merupakan salah satu fungi yang dihasilkan dari sisa-sisa organisme serta dapat digunakan sebagai perekat alami untuk menyatukan dan bertumbuh dalam suatu biomassa. Dengan merespons evaluasi kritik terhadap *Microlibrary* Warak Kayu karya SHAU Indonesia, tulisan ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengembangkan bio-desain dalam penggunaan *mycelium* jamur sebagai alternatif yang berkelanjutan pada elemen arsitektural pada bangunan tersebut. Pada tulisan ini limbah pertanian seperti ampas kopi dan juga kayu akan dimanfaatkan sebagai substrat dalam pembentukan komposit *mycelium*. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif kualitatif dengan pengumpulan data yang berasal melalui studi literatur dan dilanjutkan dengan analisis data. Dari tulisan ini ditemukan bahwa *mycelium* dapat digunakan sebagai elemen arsitektural berupa panel fasad yang memperhatikan kenyamanan audial dengan memanfaatkan limbah pertanian menjadi makanan bagi *mycelium* untuk diproses menjadi suatu material baru.

Kata kunci: *mycelium; material; berkelanjutan; ramah lingkungan.*

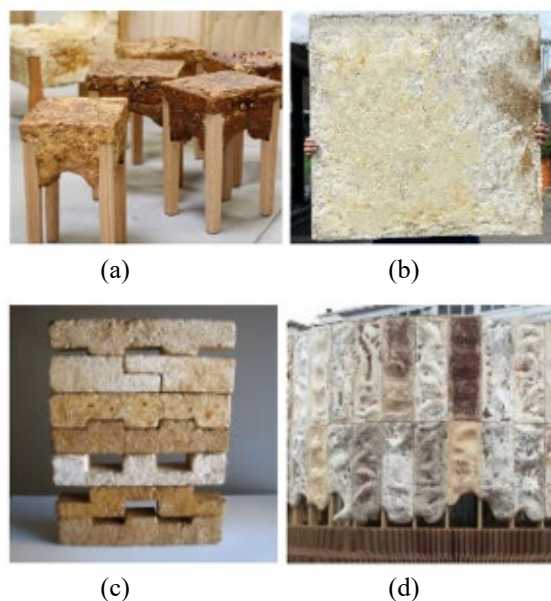
1. PENDAHULUAN

Dalam mengatasi krisis perubahan iklim, para perancang mulai menggunakan material ramah lingkungan yang berkelanjutan. Banyak material baru ditemukan hampir setiap harinya oleh para peneliti maupun perancang. Hal ini mendorong banyak desainer mempelajari dan mengeksplorasi material alami yang memiliki potensi untuk berinovasi. Material alami yang sering ditemui di antaranya adalah kayu dan bambu. Namun, ternyata peneliti telah menemukan komposit berbasis *mycelium* sejak tahun 2007.

Komposit berbasis *mycelium* merupakan salah satu jenis fungi yang dapat menggunakan produk tambahan (*root network*) sebagai substrat atau molekul yang menjadi sasaran aksi enzim dalam proses pertumbuhannya. Komposit berbasis *mycelium* dapat menembus substrat sebagai perekat alami dan tumbuh dalam suatu biomassa yang menciptakan komposit padat dengan cara mengisi volume pada jaringan.

Pertumbuhan *mycelium* sangat bergantung pada lingkungan sekitarnya, seperti ketersediaan sumber makanan dan air. Pertumbuhan *mycelium* di alam bebas berasal dari sisa-sisa organisme tumbuhan dan hewan serta metabolisemenya. Di lingkungan industri berbagai jenis limbah dan produk sampingan seperti kayu, ampas tebu, sedotan dan lain-lain digunakan sebagai substrat untuk *mycelium* tumbuh. Komposit berbasis *mycelium* digunakan dalam konstruksi, pengemasan, dan dalam produksi berbagai jenis produk (Sydor, dkk. 2021).

Mycelium merupakan suatu "*root network*" pada jamur/fungi, yang berperan sebagai perekat alami untuk menyatukan dan bertumbuh dalam suatu biomassa. *Mycelium* dapat digunakan sebagai perekat pada berbagai material natural, khususnya limbah pertanian, seperti ampas kopi, daun, potongan bambu, ataupun sisa makanan. *Mycelium* juga dapat digunakan sebagai bahan konstruksi material, seperti furnitur, panel insulasi, batu bata, dan fasad. Pada gambar 1 terdapat beberapa contoh penggunaan *mycelium*.



Gambar 1. Hasil Pemanfaatan Material *Mycelium*.
(a) furniture; (b) panel insulasi;
(c) batu bata; (d) fasad.

Sumber: (a) blogs.scientificamerican.com, 2015;
(b) [bbc.com](https://www.bbc.com), 2020; (c) [forbes.com](https://www.forbes.com), 2013; (d)
calendar.aiany.org, 2020.

Kelebihan material berbahan dasar *Mycelium* adalah sebagai berikut.

1. Biaya rendah
2. Energi produksi rendah
3. Kepadatan rendah
4. Jejak karbon dan dampak terhadap lingkungan rendah
5. Mudah terurai
6. Isolasi akustik dan termal
7. Tidak menyebabkan asap yang beracun apabila terbakar
8. Ringan

Dibalik kelebihan yang dimiliki, terdapat kekurangan berupa kekuatan struktur yang rendah. Sebagai contohnya, batu bata *mycelium* tidak sekuat batu bata konvensional. Batu bata memiliki kuat tekan minimal 28 MPa sementara batu bata *mycelium* hanya mampu menahan 0,2 MPa. Namun, batu bata *mycelium* enam puluh kali lebih ringan daripada bata konvensional, yaitu 43 kg/m³ berbanding 2.400 kg/m³.

Pemanfaatan material *mycelium* membuka peluang untuk berkreasi bersama dengan alam, berekspresi, dan menata kembali paradigma produksi menuju solusi yang lebih berkelanjutan (Myers & Antonelli, 2012). Pemanfaatan material *mycelium* sebagai inovasi

material berkelanjutan menjadi penting karena dapat mengurangi limbah. Hal ini terjadi karena *mycelium* mampu mengikat bahan tambahan, yang biasanya berupa limbah, untuk dapat menjadi material komposit yang dapat dimanfaatkan (Vandelook, dkk., 2021). Sejalan dengan kondisi limbah saat ini yang tidak terkendali jumlahnya.

Penulisan artikel ini bertujuan untuk menerapkan material *mycelium* sebagai material ramah lingkungan dan berkelanjutan pada desain arsitektur. Selain itu, artikel ini bermaksud untuk mengetahui manfaat *mycelium* sebagai bahan konstruksi material sehingga dapat membuka peluang eksplorasi dan pengembangan *mycelium* jamur sebagai alternatif yang berkelanjutan dalam aplikasi arsitektural. Namun, artikel ini tidak membahas secara detail terkait kekuatan struktural material *mycelium*.

Berdasarkan tersebut, dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas dalam tulisan ini:

1. Apa manfaat penggunaan material *mycelium*?
2. Bagaimana penerapan penggunaan *mycelium* sebagai bahan konstruksi material?

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kualitatif. Data dikumpulkan melalui studi literatur dari berbagai media seperti buku, jurnal, dokumen, artikel pada situs internet. Pengumpulan data dimulai dari data terkait *mycelium* secara umum, lalu penggunaan *mycelium* dalam ranah konstruksi bangunan. Selanjutnya, dilakukan analisis terkait kemungkinan pemanfaatan material ini pada salah satu elemen bangunan sebagai respons dari kritik bangunan tersebut, dalam hal ini adalah Microlibrary Warak Kayu Semarang. Kemudian, peneliti melakukan analisis terkait limbah yang tepat untuk dijadikan substrat *mycelium* dengan mempertimbangkan konteks lokal tapak pada perancangan. Penelitian yang dilakukan merupakan bagian dari tahapan dalam proses merancang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembentukan *Mycelium*

Pembentukan material menggunakan *mycelium* harus menggunakan bahan lain sebagai medianya. Limbah pertanian atau limbah dari kayu dapat menjadi makanan bagi *mycelium* untuk diproses menjadi suatu material baru. *Mycelium* akan mengisi kekosongan ruang di antara limbah yang digunakan sehingga menghasilkan bentuk yang padat. Prinsipnya sama seperti peran ragi pada pembuatan tempe. *Mycelium* memiliki sifat “fluida” yang akan membentuk geometri berdasarkan cetakan yang digunakan. Beberapa faktor yang memengaruhi pertumbuhan *mycelium* adalah pemilihan limbah pertanian, temperatur, kelembapan, jumlah cahaya dan air, serta jenis fungi yang digunakan. Pembentukan material dari limbah agrikultur akan membutuhkan waktu 3-4 minggu untuk menyatukan seluruh bahan yang digunakan.

Tabel 1. Tahapan Pembuatan Material *Mycelium*

No	Jenis Tahapan	Keterangan
1	Pengumpulan dan pasteurisasi	Pengumpulan substrat dan memastikan substrat tersebut dipasteurisasi untuk menghindari terkontaminasi jamur dan bakteri yang tidak diinginkan.
2	Inokulasi	Menambahkan mycelium yang sudah teraktivasi ke substrat. Jumlah mycelium yang ditambahkan tergantung dengan jenis substrat dan miselium yang digunakan.
3	Pertumbuhan	Biarkan miselium berkembang di sekitar substrat. Tahap ini dapat berlangsung selama 5 hari hingga 2 minggu. Durasi pertumbuhan dapat disebabkan oleh berbagai faktor dan kondisi, seperti jenis substrat, tipe jamur, tingkat kelembaban, dan lainnya.
4	Pembentukan	Setelah miselium telah mempengaruhi sebagian besar substrat, keluarkan massa jamur dari kontainer. Kemudian cetak ke cetakan yang diinginkan dan tinggalkan selama 1 sampai 3 hari untuk mengisi cetakan.
5	Pengeringan	Lepaskan dari cetakan dan biarkan mengembang serta mengering. Proses pengeringan membutuhkan waktu sekitar 1 minggu.
6	Sterilisasi dan stabilisasi	Pada langkah terakhir, material dipanaskan untuk membunuh organisme dan memastikan tidak ada pertumbuhan jamur.

Preseden Bangunan *Mycelium*



Gambar 2. The Growing Pavilion
Sumber: Dezeen, 2019.

The Growing Pavilion (gambar 2) adalah *event space temporer* yang dibangun menggunakan

bio-based material dengan material utama kayu dan jamur *mycelium*. Kayu digunakan sebagai struktur rangka utama sementara *mycelium* menjadi panel yang mendukung rangka timber. Bangunan ini dibangun dalam acara *Dutch Design Week 2019 di Eindhoven*, Belanda oleh Pascal Lebouch/Erik Klarenbeeks. Panel *mycelium* ditumbuhkan pada sebuah cetakan panel dan selanjutnya dilapisi menggunakan pelapis berbahan *bio-based material* dari Meksiko. Karakteristik dari material *mycelium* yang mudah dibentuk menciptakan fasad bangunan yang *fluid* dan ekspresif. Selain itu, *mycelium* berfungsi sebagai insulator suhu dan akustik. Hal ini sejalan dengan fungsi bangunan yang berfungsi sebagai *event/performance space*. Selain itu, bagian kursi pada interior dan eksterior bangunan berasal dari material olahan sampah agrikultur dan kotoran kuda.

Proses Perancangan

Lokasi

Indonesia menduduki peringkat ke-4 sebagai negara penghasil kopi terbesar di dunia. Jumlah produksi kopi di Indonesia mencapai 540.000 ton pada tahun 2014. Sebanyak 67% dari hasil tersebut diekspor dan sisanya digunakan untuk kebutuhan produksi di Indonesia. Seiring perkembangan zaman, budaya minum kopi menjadi suatu kebiasaan baru dan digemari oleh kalangan anak muda. Dalam pembuatan kopi, dilakukan proses penyeduhan pada bubuk kopi dengan air panas sehingga menyisakan ampas yang akan dibuang. Namun, ternyata limbah ampas kopi tersebut memberikan dampak negatif terhadap lingkungan karena memiliki kandungan kafein, tanin, dan polifenol. Proses degradasi limbah ampas tersebut akan memerlukan jumlah oksigen yang cukup besar.

Menurut Dinas Pertanian Kota Bandung, profil perkebunan di Kabupaten Bandung menunjukkan bahwa 66% lahan ditanami oleh komoditas kopi arabika, menjadikan kopi sebagai komoditas terbanyak. Hal ini menjadikan Kabupaten Bandung sebagai lokasi potensial dalam pengembangan bangunan berbahan dasar ampas kopi. Lokasi tapak berada di perkebunan kopi Malabar (gambar 3), Pangalengan, Bandung. Pemilihan Lokasi disesuaikan dengan keberadaan potensi ampas kopi dan agrikultur.



Gambar 3. Perkebunan Kopi Malabar
Sumber: Wisata Kopi Indonesia, 2018.

Berdasarkan kelimpahan limbah ampas kopi pada daerah tersebut, terdapat potensi pemanfaatan dan pengolahan kembali limbah sehingga menghasilkan bentuk baru sebagai material bangunan. Dengan menggunakan cetakan dengan desain yang diinginkan, ampas kopi dengan *mycelium* akan menjadi panel fasad yang digunakan pada bangunan *microlibrary*, yaitu bangunan yang berfungsi sebagai tempat belajar dan berkumpul.

Material

Substrat tempat komposit berbasis *mycelium* adalah salah satu faktor yang memengaruhi hasil akhir, baik dari tampilan, kepadatan, maupun kekuatan. Kopi terbuat dari *lignocellulosic biomass*. Fungi atau jamur dapat menurunkan *lignin* dan juga *cellulose* sehingga ampas kopi dapat menjadi substrat dalam pembentukan komposit *mycelium*.

Substrat lainnya yang dapat digunakan dalam desain ini adalah limbah kayu. Material kayu dapat digunakan sebagai substrat dikarenakan jamur dapat tumbuh di sana. Proses pembentukan dilakukan dengan memotong bagian kayu menjadi pulp/ampas dan menambahkan jamur *mycelium*. Setelah itu, direkomendasikan pula untuk menambahkan suplemen *nitrogen* sebagai nutrisi tambahan terhadap substrat.

Konsep Bangunan

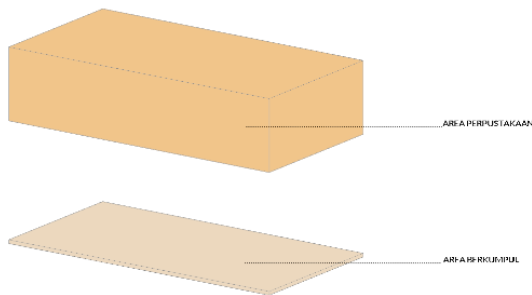
Proyek ini merupakan respons solusi terhadap evaluasi kritik *Microlibrary* Warak Kayu (gambar 4), Semarang, karya SHAU Indonesia, mengenai konsep, fungsi, dan konteks. Penerapan arsitektur tropis dengan penggunaan fasad yang cukup terbuka berimplikasi pada kenyamanan audial dan juga distraksi visual. Hal ini bertentangan dengan fungsi bangunan sebagai sebuah perpustakaan

yang mementingkan kenyamanan audial dan visual.



Gambar 4. Microlibrary SHAU
Sumber: Archdaily, 2016.

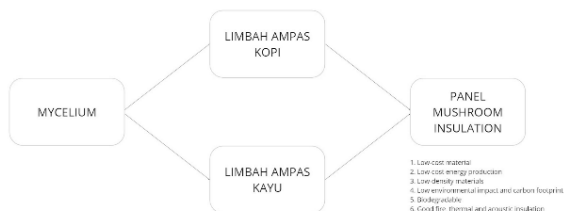
Dengan menggunakan bentuk dasar balok (gambar 5), bangunan didesain dua lantai. Lantai dasar ditujukan sebagai *open space* untuk area berkumpul. Sementara itu, lantai dua dibuat tertutup sebagai area perpustakaan yang membutuhkan suasana lebih tenang dan privat (gambar 11 dan 12).



Gambar 5. Konsep massa bentuk

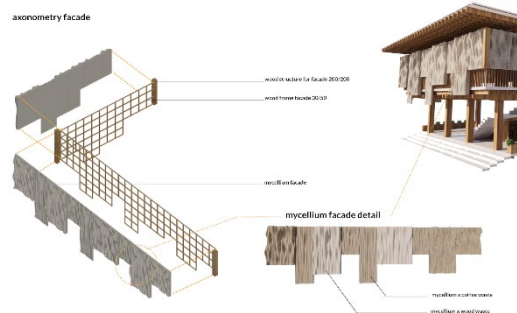
Lantai dasar dibuat panggung dan difungsikan sebagai area kumpul bagi petani kopi maupun anak-anak petani kopi (gambar 8). Adapun lantai dua (gambar 9) berfungsi sebagai area perpustakaan mini. Fungsi perpustakaan diambil untuk memanfaatkan keunggulan panel *mycelium* yang berguna sebagai peredam suara dan suhu. Dari segi konteks tapak fungsi perpustakaan mini diambil untuk meningkatkan literasi bagi masyarakat, khususnya bagi anak petani kopi.

Konsep Fasad



Gambar 6. Konsep Material Fasad

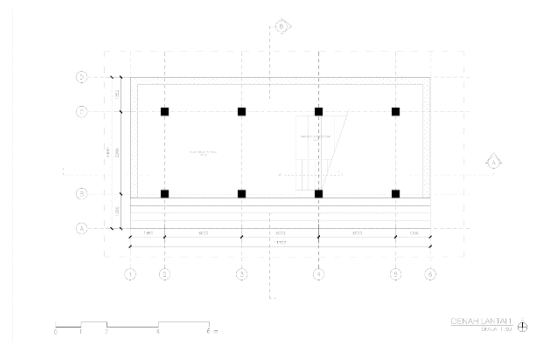
Konsep material fasad (gambar 6) pada bangunan ini menggunakan panel *mycelium* yang dicampur dengan ampas kopi. Panel ini tidak hanya memberikan estetika, tetapi juga berfungsi sebagai insulasi suara dan udara (gambar 13 dan 1). Fasad dibentuk dengan menumbuhkan campuran *mycelium* dan ampas kopi pada cetakan. *Mycelium* akan membentuk tekstur tiga dimensi sehingga memberikan keunikan pada fasad bangunan.



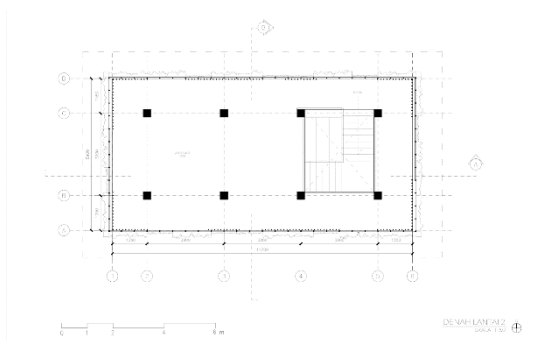
Gambar 7. Detail Fasad

Panel-panel fasad disusun dengan ukuran panjang berbeda sehingga menghasilkan sisi yang mampu mendukung pencahayaan dan penghawaan alami masuk ke dalam bangunan (gambar 7 dan 10).

Denah, Tampak, dan Potongan



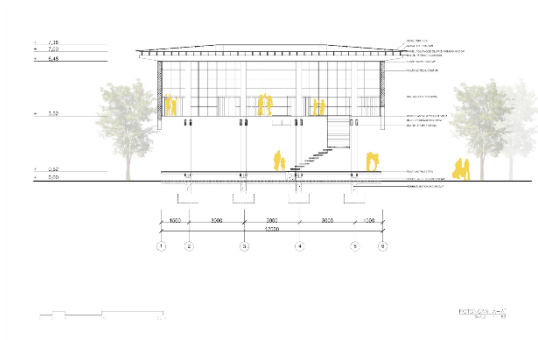
Gambar 8. Denah Lantai 1



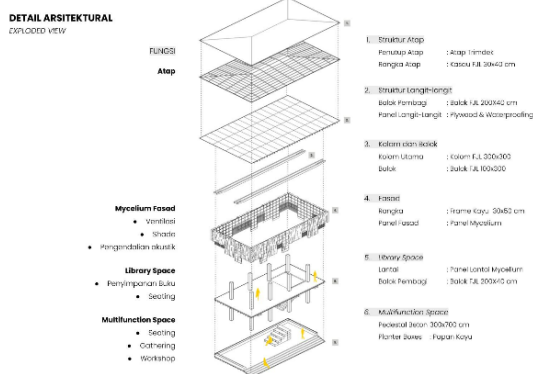
Gambar 9. Denah Lantai 2



Gambar 10. Tampak Bangunan



Gambar 11. Potongan Bangunan



Gambar 12. Exploded Axonometry Bangunan



Gambar 13. Perspektif Exterior Bangunan



Gambar 14. Perspektif Interior Bangunan

Perancangan ini memanfaatkan limbah kopi sebagai material substrat. Hal ini belum banyak dilakukan pada pemanfaat *mycelium*. Selain itu, ditemukan bahwa penggunaan material *mycelium* ini cocok digunakan sebagai fasad karena ringan dan memiliki ekspresi yang unik karena dapat di bentuk sesuai keinginan. Penggunaan material *mycelium* ini dapat dieksplorasi lebih jauh untuk elemen lain pada bangunan seperti dinding atau atap, namun perlu dilakukan pengujian dan perhitungan terkait kekuatan material ini.

4. KESIMPULAN

Material *mycelium* dapat memberikan manfaat terhadap bangunan maupun lingkungan sekitarnya. *Mycelium* memiliki kekhasan pada bentuk, warna, maupun tekstur sehingga mudah dimodifikasi sesuai keinginan dan memberi kesan unik pada bangunan. Selain itu, *mycelium* dapat berfungsi sebagai insulator termal maupun audial untuk memberi kenyamanan pada penggunaannya. Penggunaan material berbahan ringan tersebut juga meminimalisasi dampak terhadap lingkungan sekitar dengan cara memanfaatkan limbah perkebunan, seperti kopi sehingga dapat menghasilkan material yang berguna. *Mycelium* juga merupakan bahan yang mudah terurai sehingga tidak

menimbulkan limbah material bangunan. Oleh karena itu, *Mycelium* dapat dijadikan alternatif sebagai material bangunan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

KONTRIBUSI PENULIS

Keempat penulis bersama-sama berperan dalam melakukan analisis, perumusan ide, pembuatan 3D dan penulisan jurnal. Penulis pertama (FAF) berperan dalam membuat potongan. Penulis kedua (DII) berperan dalam membuat *rendering* perspektif. Penulis ketiga (KFA) berperan dalam membuat detail panel fasad. Penulis keempat (LQ) berperan dalam membuat denah dan pemodelan tiga dimensi. Penulis keempat (MDK) berperan dalam melakukan validasi data, analisis, dan menarik kesimpulan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Institut Teknologi Bandung berupa material dan non-material terhadap penelitian ini, dan juga kepada dosen serta semua mahasiswa yang terlibat dan saling bekerja sama dalam penyusunan artikel penelitian ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

REFERENSI

Bastolli, Rebecca. 2019. Waste & *Mycelium*. Waste Streams. https://issuu.com/id.designstudies/docs/rebecca_bastoli_s3814809_t3_waste_mycelium_book . [Diakses pada: 2 Desember 2022]

Bianca, I.I, dkk. 2019. What if new building and interior design materials would come from fungi growing on waste streams?. Available from : <https://www.materialincubator.com/building-on-mycelium>. [Diakses pada 1 Desember 2022].

BIOHM : *Mycelium*. <https://www.biohm.co.uk/mycelium> . [Diakses pada: 2 Desember 2022]

Sustainable Fabric Series : All about *Mycelium* Fabric. <https://www.kleiderly.com/our-blog/sustainable-fabric-series-all-about-mycelium-fabric> . [Diakses pada: 2 Desember 2022]

Building with Mushrooms. <https://criticalconcrete.com/building-with-mushrooms/> . [Diakses pada: 2 Desember 2022]

Company New Hero. 2019. The Growing Pavilion Documentary Dutch. https://www.youtube.com/watch?v=cMfh_srxp76c . [Diakses pada: 1 Desember 2022]

Dinas Pertanian Perkebunan dan Kehutanan Kabupaten Bandung. 2015. Profil Perkebunan Kabupaten Bandung. LPPM Universitas Padjajaran.

Ecovative : We Grow Better Materials, Made from *Mycelium*. <https://www.ecovative.com/> . [Diakses pada: 1 Desember 2022]

Frearson, A. 2014. Tower of “grown” bio-bricks by The Living opens at Moma PS1. <https://www.dezeen.com/2014/07/01/tower-of-grown-bio-bricks-by-the-living-opens-at-moma-ps1-gallery/> . [Diakses pada: 1 Desember 2022]

Javadian, A, dkk. Change Lab : *Mycelium*-bound building material. <https://changelab.exchange/portfolio/mycelium-bound-building-materials/> . [Diakses pada: 1 Desember 2022]

Jones, Mitchell, Tanmay Bhat, Everson Kandare, Ananya Thomas, Paul Joseph, Chaitali Dekiwadia, Richard Yuen, Sabu John, Jun Ma, and Chun-Hui Wang. "Thermal degradation and fire properties of fungal *mycelium* and *mycelium*-biomass composite materials." Scientific reports 8, no. 1 (2018): 1-10.

Kalin, R. 2020. ResArch Lab : *Mycelium* Architecture - Building with Fungi. <https://calendar.aiany.org/2020/08/05/resarch-lab-mycelium-architecture-building-with-fungi/> . [Diakses pada: 2 Desember 2022]

Ilmuwan menciptakan bahan bangun baru dari campuran jamur, beras, dan kaca. <https://theconversation.com/ilmuwan-menciptakan-bahan-bangunan-baru-dari-campuran-jamur-beras-dan-kaca-98821> . [Diakses pada: 2 Desember 2022]

- Marchant, N. 2020. Climate Change : Why mushroom *mycelium* could be your next house, handbag, or 'hamburger'. <https://www.weforum.org/agenda/2020/12/mycelium-mushroom-sustainable-packaging-fashion-meat/> . [Diakses pada: 2 Desember 2022]
- Myers, W., & Antonelli, P. (2012). Bio Design: Nature. *Science, Creativity*. https://www.moma.org/docs/publication/pdf/3167/BioDesign_PREVIEW.pdf?1349967238 . [Diakses pada: 23 Agustus 2023]
- Pownall, A. 2019. Pavilion grown from *mycelium* acts as pop-up performance space at Dutch Design Week. <https://www.dezeen.com/2019/10/29/growing-pavilion-mycelium-dutch-design-week/> . [Diakses pada: 1 Desember 2022]
- Saxton, M., dkk. 2020. *Mycelium* Fungi as a Building Material. <https://www.buildwithrise.com/stories/mycelium-fungi-as-a-building-material> . [Diakses pada: 2 Desember 2022]
- Sydor, Maciej, Agata Bonenberg, Beata Doczekalska, and Grzegorz Cofta. "Mycelium-based composites in art, architecture, and interior design: a review." *Polymers* 14, no. 1 (2022): 145.
- The Growing Pavilion: Material Atlas <https://thegrowingpavilion.com/material-atlas/> . [Diakses pada: 2 Desember 2022]
- Van Der Hoeven, D. 2020.. Bio Based Press : *Mycelium* as a construction material. <https://www.biobasedpress.eu/2020/04/mycelium-as-a-construction-material/> . [Diakses pada: 2 Desember 2022]
- Vandelook, S., Elsacker, E., Van Wylick, A., De Laet, L., & Peeters, E. (2021). Current state and future prospects of pure *mycelium* materials. *Fungal biology and biotechnology*, 8(1), 1-10. <https://fungalbiolbiotech.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40694-021-00128-1>. [Diakses pada: 23 Agustus 2023]
- Wilson, M. 2019. This Mushroom building cleans our air as it grows. <https://www.fastcompany.com/90423161/this-mushroom-building-cleans-our-air->